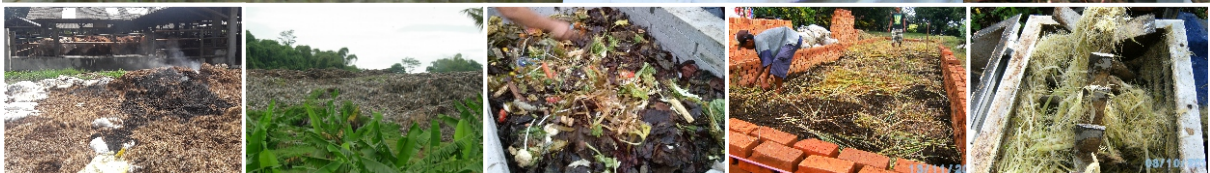


# Pengolahan dan Pemanfaatan LIMBAH PERTANIAN

Arief Sabdo Yuwono  
Yoga Armando



Published by  
SEAMEO BIOTROP  
Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology  
Bogor, Indonesia  
[www.biotrop.org](http://www.biotrop.org)



# Pengolahan dan Pemanfaatan **LIMBAH PERTANIAN**

**Arief Sabdo Yuwono  
Yoga Armando**



Published by  
SEAMEO BIOTROP  
Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology  
Bogor, Indonesia  
[www.biotrop.org](http://www.biotrop.org)

## **Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Pertanian**

Copyright © SEAMEO BIOTROP

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa ijin tertulis dari penerbit.

Diterbitkan pertama kali oleh:

SEAMEO BIOTROP

Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology

Bogor, Indonesia

Cetakan Pertama: November 2016

ISBN: 978-979-8275-51-7

## **KATA PENGANTAR**

Setelah hampir selama sepuluh tahun mengampu mata kuliah Teknologi Pengolahan Limbah Pertanian di Fakultas Teknologi Pertanian (Fateta) Institut Pertanian Bogor (IPB), kami merasa bahwa potensi limbah pertanian di Indonesia memang sangat besar karena Indonesia masih dapat dipandang sebagai negara agraris. Hasil survei yang dilaksanakan oleh Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (PUSDA-TIN), Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian Republik Indonesia menunjukkan bahwa pada tahun 2013 sekitar 35,5 juta penduduk Indonesia (34,36% tenaga kerja) bekerja di sektor pertanian dalam arti luas (pertanian, perkebunan, perikanan, peternakan dan kehutanan). Potensi yang besar dalam kegiatan pertanian, tentu saja akan membawa implikasi logis yang besar pula dalam menghasilkan limbah pertanian.

Dengan demikian, pengetahuan tentang pengelolaan limbah pertanian yang baik tentu diperlukan agar penduduk mampu mengelolanya dengan cara yang tepat dan tidak menimbulkan masalah serius di masyarakat. Masalah serius bisa muncul karena limbah pertanian yang tidak dikelola dengan benar dipandang menjadi sumber pencemaran lingkungan. Berbagai contoh yang pernah dialami antara lain adalah protes yang terjadi di banyak tempat di Indonesia perihal gangguan kebauan yang muncul akibat penanganan sampah padat yang tidak memperhatikan kaidah yang sesuai dengan hierarki penanganan yang benar. Kurang lebih sekitar tiga per empat sampah padat tersebut adalah sampah organik yang berasal dari kegiatan pertanian. Inilah sebuah contoh ironis yang menunjukkan bahwa limbah organik dalam sampah padat perkotaan yang sejatinya bisa bermanfaat, dalam kenyataannya justru menjadi sumber masalah lingkungan dalam kehidupan masyarakat sehari-hari.

Buku ini merangkum berbagai hasil penelitian yang dilakukan oleh banyak ilmuwan, akademisi dan mahasiswa Indonesia agar limbah pertanian bisa mendatangkan manfaat serta tidak menimbulkan masalah bagi masyarakat.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Jennie Yuwono atas jerih payahnya merapikan tulisan ini. Kepada SEAMEO BIOTROP diucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya atas dukungan dana yang diberikan sehingga buku ini bisa terbit.

November 2016

Salam Penulis dari Bogor,

**Arief Sabdo Yuwono dan Yoga Armando**



## **SAMBUTAN DIREKTUR SEAMEO BIOTROP**

Limbah merupakan produk sampingan dari kegiatan manusia sehari-hari. Pertambahan jumlah penduduk berbanding lurus dengan pertambahan volume limbah yang dihasilkan. Dengan demikian, pengelolaan limbah merupakan hal yang natural dan krusial dalam kehidupan manusia.

SEAMEO BIOTROP (Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology under Southeast Asian Ministers of Education Organization) adalah lembaga regional yang bergerak dalam bidang penelitian, seminar, pelatihan dan diseminasi hasil penelitian biologi tropika. Sesuai dengan mandatnya, SEAMEO BIOTROP berkepentingan dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Pengolahan limbah yang terintegrasi merupakan salah satu prioritas SEAMEO BIOTROP.

Buku ini merupakan rangkuman berbagai hasil penelitian yang bertujuan untuk mengedukasi masyarakat dalam hal pengelolaan limbah yang terintegrasi, sehingga hasil pengolahannya dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

Saya ucapkan terima kasih atas jerih payah penulis dalam menyiapkan buku ini.

**Dr Irdika Mansur M.For.Sc.**  
Direktur BIOTROP





## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
SAMBUTAN DIREKTUR SEAMEO BIOTROP .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xix
I. PENDAHULUAN .....	1
II. LIMBAH IKAN .....	3
2.1. Pemanfaatan Limbah Ikan menjadi Silase .....	3
2.1.1. Proses Pembuatan Silase Ikan .....	4
2.1.2. Karakteristik Silase Ikan .....	7
2.1.3. Pemanfaatan Silase Ikan .....	8
2.2. Pemanfaatan Limbah Jeroan dan Isi Perut Ikan .....	13
2.2.1. Pemanfaatan Limbah Jeroan menjadi Pepton ..	13
2.2.2. Proses Pembuatan Pepton Ikan .....	14
2.2.3. Karakteristik Pepton Ikan .....	17
2.3. Pemanfaatan Jeroan Ikan menjadi Kecap Ikan .....	21
2.3.1. Proses Pembuatan Kecap Ikan .....	22
2.3.2. Karakteristik Kecap Jeroan Ikan .....	23
2.4. Pemanfaatan Tulang Ikan menjadi Tepung Tulang Ikan .....	26
2.4.1. Proses Pembuatan Tepung Tulang Ikan .....	27
2.4.2. Karakteristik Tepung Tulang Ikan .....	30
2.4.3. Pemanfaatan Tepung Tulang Ikan .....	32
2.5. Pemanfaatan Tulang Ikan sebagai Sumber Gelatin ...	44
2.5.1. Proses Pembuatan Gelatin dari Tulang Ikan ..	45
2.5.2. Karakteristik Gelatin dari Tulang Ikan .....	45
2.5.3. Pemanfaatan Gelatin Tulang Ikan .....	52
2.6. Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan sebagai Pupuk Cair .....	55
2.6.1. Proses Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Pengolahan Ikan .....	56

2.6.2.	Karakteristik Pupuk Cair Limbah Perikanan ..	58
2.6.3.	Penggunaan Pupuk Cair Limbah Cair Perikanan .....	62
2.7.	Biolistrik dari Limbah Cair Perikanan .....	66
2.7.1.	Proses Pembuatan Biolistrik Limbah Cair Perikanan .....	68
2.7.2.	Karakteristik Biolistrik Limbah Cair Perikanan .....	70
III.	LIMBAH JAGUNG .....	75
3.1.	Pengolahan Limbah Tanaman Jagung untuk Pakan Ternak Sapi Potong .....	75
3.2.	Pengolahan Limbah Jagung .....	76
3.3.	Komposisi dan Nilai Nutrisi Limbah Tanaman Jagung .....	80
3.4.	Jagung sebagai Pakan Alternatif .....	84
3.5.	Pengaruh Pemberian Limbah Jagung terhadap Performans Ternak .....	86
IV.	LIMBAH PADI .....	89
4.1.	Pemanfaatan Sekam Padi menjadi Arang dan Briket	89
4.2.	Proses Pembuatan Arang dan Briket Sekam Padi .....	89
4.3.	Karakteristik Briket Arang Sekam Padi .....	93
V.	LIMBAH SAWIT .....	96
5.1.	Pemanfaatan Limbah Sawit sebagai Pakan .....	96
5.2.	Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit .....	99
5.3.	Pemanfaatan Bungkil Sawit sebagai Pakan Unggas ...	103
5.4.	Proses Pemanfaatan Bungkil Inti Sawit menjadi Pakan .....	104
5.4.1.	Fermentasi menggunakan Isolat Selulotik Belalang .....	104
5.4.2.	Fermentasi menggunakan Fungi <i>Marasmius</i> sp. .....	105
5.4.3.	Fermentasi menggunakan <i>Aspergillus niger</i> .....	106
5.5.	Pengaruh Fermentasi terhadap Kandungan Nutrisi Bungkil Inti Sawit .....	107
5.6.	Pengaruh Pemberian Ransum Bungkil Inti Sawit kepada Unggas .....	108

VI.	LIMBAH SINGKONG .....	114
6.1.	Kulit Singkong .....	114
6.2.	Pemanfaatan Kulit Singkong menjadi Bioetanol .....	115
6.2.1.	Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Singkong .....	116
6.2.2.	Karakteristik Bioetanol Kulit Singkong .....	118
6.3.	Fermentasi Kulit Singkong sebagai Pakan Ternak ....	123
6.3.1.	Teknologi Fermentasi Kulit Singkong .....	124
6.3.2.	Karakteristik Kulit Singkong Fermentasi .....	125
6.3.3.	Pemanfaatan Kulit Singkong Fermentasi sebagai Pakan Unggas .....	128
6.4.	Pemanfaatan Limbah Cair Tepung Tapioka untuk Pembuatan <i>Nata de cassava</i> dan Membran Selulosa Asetat .....	131
6.4.1.	Proses Pembuatan <i>Nata de Cassava</i> .....	132
6.5.	Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat dari Limbah Cair Tepung Tapioka .....	139
6.5.1.	Proses Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat <i>Nata de cassava</i> .....	140
6.6.	Pemanfaatan Limbah Cair Tapioka sebagai Biogas ...	152
6.6.1.	Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Tapioka .....	154
VII.	LIMBAH TAHU .....	164
7.1.	Pendahuluan .....	164
7.2.	Ampas Tahu .....	165
7.3.	Pengolahan Ampas Tahu menjadi Tepung .....	166
7.3.1.	Proses Pembuatan Tepung Ampas Tahu .....	166
7.3.2.	Kandungan Nutrisi dan Karakteristik Tepung Ampas Tahu .....	170
7.3.3.	Potensi Tepung Ampas Tahu dalam Industri Makanan .....	171
7.4.	Pemanfaatan Ampas Tahu menjadi Kecap Manis ....	173
7.4.1.	Pembuatan Kecap Manis Ampas Tahu .....	174
7.4.2.	Perbandingan Mutu Fisik, Kimia dan Mikrobiologi Kecap Ampas Tahu dengan Kecap Komersial dan SNI 01-3543-1999 .....	177

7.5.	Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu sebagai Pakan Ternak Ruminansia .....	181
7.5.1.	Cara Penggunaan Ampas Tahu sebagai Pakan Ternak Ruminansia .....	181
7.5.2.	Pengaruh Pemberian Ampas Tahu pada Ternak .....	183
7.6.	Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Pakan Unggas ....	188
7.6.1.	Peningkatan Kualitas Ampas Tahu melalui Proses Fermentasi .....	188
7.6.2.	Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Pakan Unggas dalam Ransum .....	190
7.6.3.	Pengaruh Pemberian Ampas Tahu Fermentasi dan Ransum Ampas Tahu .....	194
7.7.	Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Bahan Pakan Ikan .....	197
7.7.1.	Fermentasi Ampas Tahu menggunakan <i>Aspergillus niger</i> .....	197
7.7.2.	Penelitian Penggunaan Ampas Tahu sebagai Pakan Ikan .....	200
7.7.3.	Karakteristik Pakan Ikan dari Ampas Tahu ....	202
7.8.	Limbah Cair Tahu ( <i>Whey</i> ) .....	204
7.8.1.	Pemanfaatan Limbah Cair Tahu menjadi <i>Nata de Soya</i> .....	205
7.9.	Produksi Biogas dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Biokatalis <i>Effective Microorganisms 4</i> (EM-4) .....	213
7.9.1.	Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Tahu .	213
7.9.2.	Karakteristik Biogas dari Limbah Cair Tahu ..	215
VIII.	LIMBAH TERNAK .....	218
8.1.	Pemanfaatan Limbah Padat Ternak menjadi Biogas .	218
8.1.1.	Potensi Pengembangan Biogas di Indonesia ..	220
8.1.2.	Teknologi Pencernaan Anaerobik .....	221
8.1.3.	Kandungan Gas dari Kotoran Ternak .....	223
8.1.4.	Hal yang Perlu Diperhatikan pada Proses Fermentasi .....	224
8.1.5.	Proses Pembuatan Biogas .....	226
8.1.6.	Teknologi Pembuatan Biogas	228

8.1.7. Implikasi Pengembangan Biogas terhadap Lingkungan .....	232
8.2. Pemanfaatan Urine Sapi menjadi Pupuk Organik Cair .....	235
8.2.1. Proses Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Urine Ternak .....	237
8.2.2. Karakteristik Pupuk Cair Urine Fermentasi ...	242
8.2.3. Pemanfaatan Pupuk Cair dari Urine Ternak ..	244
IX. LIMBAH UDANG .....	250
9.1. Pemanfaatan Limbah Udang .....	250
9.2. Pemanfaatan Limbah Udang menjadi Kitin dan Kitosan .....	251
9.2.1. Ekstraksi Kitin dari Limbah Udang .....	251
9.2.2. Proses Pembuatan Kitin dari Limbah Udang .	253
9.2.3. Pemanfaatan Limbah Udang menjadi Kitosan	256
9.2.4. Proses Isolasi Kitosan dari Limbah Udang .....	257
9.2.5. Pemanfaatan Kitin dan Kitosan .....	259
9.3. Pemanfaatan Limbah Udang menjadi Tepung Udang	263
9.3.1. Proses Pembuatan Tepung Limbah Udang ....	265
9.3.2. Karakteristik Tepung Limbah Udang .....	267
9.3.3. Penggunaan Tepung Limbah Udang .....	269
TENTANG PENULIS .....	275



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Limbah ikan rucah dari pengolahan ikan .....	3
Gambar 2	Proses pembuatan silase ikan secara kimiawi .....	5
Gambar 3	Proses pembuatan silase ikan secara biologis .....	6
Gambar 4	Limbah jeroan ikan .....	13
Gambar 5	Diagram alir proses pembuatan pepton ikan menggunakan isi perut ikan .....	16
Gambar 6	Kemasan pepton komersial .....	17
Gambar 7	Kecepatan pertumbuhan spesifik maksimum ( $\mu_{maks}$ ) bakteri <i>Escherichia coli</i> selama waktu pengamatan; (- - -) pepton komersial; (—) pepton jeroan tongkol 1%; (.....) pepton jeroan tongkol 2% .....	18
Gambar 8	Kecepatan pertumbuhan spesifik maksimum ( $\mu_{maks}$ ) bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> selama waktu pengamatan; (- - -) pepton komersial; (—) pepton jeroan tongkol 1%; (.....) pepton jeroan tongkol 2% .....	19
Gambar 9	Produk kecap ikan komersial .....	21
Gambar 10	Tepung tulang ikan .....	26
Gambar 11	Alur proses pembuatan tepung tulang ikan .....	29
Gambar 12	Histogram lama waktu proses <i>presto</i> dan frekuensi perebusan terhadap rendemen tepung tulang ikan belida .....	33
Gambar 13	Proses pembuatan <i>cone</i> es krim dengan penambahan tepung tulang ikan .....	34
Gambar 14	<i>Cone</i> es krim komersial .....	35
Gambar 15	Proses pembuatan biskuit dengan penambahan tepung tulang ikan .....	38
Gambar 16	Proses pembuatan kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan .....	41
Gambar 17	Grafik hubungan konsentrasi tepung tulang ikan terhadap persentase pengembangan kerupuk .....	42
Gambar 18	Grafik hubungan konsentrasi tepung tulang ikan terhadap tingkat kekerasan kerupuk .....	42
Gambar 19	Skema alur proses pembuatan gelatin dari tulang ikan .....	46
Gambar 20	Limbah tulang ikan .....	47

Gambar 21	Hubungan jenis larutan asam dan konsentrasi asam terhadap hasil rendemen gelatin dari ikan kakap .....	50
Gambar 22	Pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan C-organik .....	60
Gambar 23	Pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan N-total .....	61
Gambar 24	Grafik pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan fosfor .....	61
Gambar 25	Pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan kalium .....	62
Gambar 26	Pengaruh nitrogen terhadap pertumbuhan tinggi bayam .....	63
Gambar 27	Rataan pengaruh nitrogen terhadap pertumbuhan jumlah daun bayam .....	64
Gambar 28	Rataan laju pertumbuhan tanaman bayam ( <i>A. tricolor</i> ) dengan perlakuan pemupukan limbah cair perikanan yang berbeda .....	64
Gambar 29	(a) Desain sistem MFC satu bejana; (b) Desain MFC dengan rangkaian seri .....	67
Gambar 30	Desain rangkaian alat MFC, (a) satu bejana, (b) rangkaian seri MFC satu bejana .....	69
Gambar 31	Nilai listrik limbah cair perikanan .....	71
Gambar 32	Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 1 pasang .....	72
Gambar 33	Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 2 pasang .....	72
Gambar 34	Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 3 pasang .....	73
Gambar 35	Sistem MFC dengan 2 pasang elektroda .....	73
Gambar 36	Beberapa teknologi pengolahan limbah tanaman jagung setelah biji jagung dipanen dan kemudian dipipil .....	77
Gambar 37	Pemanfaatan jagung sebagai pakan ternak dengan teknik <i>hay</i> .....	78
Gambar 38	Pemanfaatan jagung dengan teknik silase .....	79
Gambar 39	Pemanfaatan limbah jagung sebagai pakan ternak ..	87
Gambar 40	Proses pembuatan arang sekam padi: (a) limbah sekam padi, (b) proses pembakaran sekam padi .....	91



Gambar 41	Proses pembuatan briket sekam padi: (a) alat pencetak briket, (b) pembuatan briket sekam, (c) pengeringan briket sekam .....	92
Gambar 42	Bagan proses pengolahan kelapa sawit dan perkiraan proporsi terhadap tandan buah segar .....	97
Gambar 43	Limbah pabrik pengolahan kelapa sawit .....	97
Gambar 44	Pelepah kelapa sawit .....	98
Gambar 45	Populasi ternak sapi di Kalimantan Selatan .....	99
Gambar 46	Limbah tandan kosong kelapa sawit .....	101
Gambar 47	Limbah lumpur pabrik pengolahan kelapa sawit .....	102
Gambar 48	Bungkil inti sawit .....	104
Gambar 49	Limbah kulit singkong .....	114
Gambar 50	Kurva pengaruh lama fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan .....	120
Gambar 51	Kurva pengaruh waktu fermentasi terhadap pengurangan kadar glukosa .....	121
Gambar 52	Rataan pencernaan bahan kering (KBK) pada perlakuan pakan tanpa kulit singkong fermentasi (P1), pakan dengan ensilase kulit singkong 10% (P2), 20% (P3), dan 3% (P4) .....	127
Gambar 53	Rataan pencernaan bahan kering pada perlakuan pakan tanpa kulit singkong fermentasi (P1), pakan dengan ensilase kulit singkong 10% (P2), 20% (P3), dan 30% (P4) .....	127
Gambar 54	<i>Nata de cassava</i> .....	131
Gambar 55	Rendemen <i>Nata de cassava</i> berdasarkan lama fermentasi .....	135
Gambar 56	Ketebalan <i>Nata de cassava</i> berdasarkan lama waktu fermentasi .....	136
Gambar 57	Kandungan kadar serat <i>Nata de cassava</i> dengan variasi lama fermentasi .....	136
Gambar 58	Pengaruh perlakuan variasi penambahan konsentrasi sukrosa dan ekstrak kecambah terhadap rendemen kering <i>Nata de cassava</i> yang dihasilkan .....	137
Gambar 59	Pengaruh perlakuan variasi penambahan konsentrasi sukrosa dan ekstrak kecambah terhadap ketebalan <i>Nata de cassava</i> yang dihasilkan ..	137

Gambar 60	Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap rendemen selulosa asetat .....	142
Gambar 61	Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap kadar air selulosa asetat .....	143
Gambar 62	Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap kadar asetil selulosa asetat .....	144
Gambar 63	Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap kuat tarik biofilm .....	144
Gambar 64	Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap elongasi biofilm .....	145
Gambar 65	Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap laju transmisi uap (WVTR) biofilm .....	145
Gambar 66	Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap daya serap air biofilm .....	146
Gambar 67	Penampakan visual biofilm dengan penambahan sorbitol .....	147
Gambar 68	Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap kuat tarik biofilm dari <i>Nata de cassava</i> .....	148
Gambar 69	Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap persen perpanjangan biofilm dari <i>Nata de cassava</i> .....	148
Gambar 70	Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap kelarutan biofilm dari <i>Nata de cassava</i> .....	149
Gambar 71	Pengamatan degradasi biofilm dengan sorbitol .....	150
Gambar 72	Proses produksi tapioka .....	152
Gambar 73	Rangkaian alat percobaan .....	155
Gambar 74	Contoh desain bioreaktor yang dapat digunakan dalam pembuatan biogas limbah cair tapioka skala laboratorium .....	158
Gambar 75	Hubungan waktu fermentasi terhadap produksi biogas .....	160
Gambar 76	Hubungan antara COD masuk terhadap kadar biogas yang dihasilkan .....	161
Gambar 77	Total volume biogas yang diperoleh dari masing-masing kelompok substrat pada kondisi suhu ruang (31 °C) dan suhu tinggi (50 °C) dengan lama fermentasi 45 hari .....	162
Gambar 78	Proses pembuatan kedelai menjadi tahu dan limbah yang dihasilkan .....	164

Gambar 79	Limbah ampas tahu hasil pengolahan kedelai .....	165
Gambar 80	Proses pembuatan tepung ampas tahu .....	169
Gambar 81	Proses pembuatan tepung ampas tahu .....	169
Gambar 82	Proses pembuatan kecap manis ampas tahu .....	174
Gambar 83	Produk kemasan kecap manis ampas tahu .....	177
Gambar 84	Pemberian ampas tahu pada ternak sapi .....	184
Gambar 85	Bagian-bagian karkas daging domba local .....	186
Gambar 86	Hubungan lama waktu fermentasi dan kandungan protein kasar .....	191
Gambar 87	Hubungan antara lama fermentasi dan kandungan serat kasar .....	192
Gambar 88	Hubungan lama fermentasi dan kandungan kadar air .....	192
Gambar 89	Perlakuan terbaik bahan baku pakan ternak .....	194
Gambar 90	Pemberian pakan ampas tahun pada ikan .....	200
Gambar 91	Limbah cair tahu ( <i>whey</i> ) pada pengolahan kedelai .....	204
Gambar 92	Diagram alir proses fermentasi <i>Nata de soya</i> .....	207
Gambar 93	Diagram alir proses panen dan pencucian <i>Nata de soya</i> .....	208
Gambar 94	Produk kemasan <i>Nata de soya</i> .....	209
Gambar 95	Tebal dan berat <i>nata</i> sebagai pengaruh waktu inkubasi .....	210
Gambar 96	Grafik hubungan penambahan EM-4 terhadap pembentukan biogas .....	216
Gambar 97	Kotoran pada peternakan sapi .....	218
Gambar 98	Populasi ternak di Indonesia tahun 2000 – 2008 (dalam ribu ekor) .....	220
Gambar 99	Diagram alur proses fermentasi anaerobik .....	222
Gambar 100	Skema proses produksi biogas .....	227
Gambar 101	Proses produksi biogas dan pemanfaatannya .....	227
Gambar 102	Macam-macam konstruksi <i>digester</i> : a) <i>digester</i> kubah tetap, b) <i>digester</i> kubah terapung, c) penampung biogas yang terbuat dari plastik .....	229
Gambar 103	<i>Digester</i> biogas yang dibuat dari fiber, plastik dan semen .....	230
Gambar 104	(a) Residu pengolahan biogas dan (b) pupuk organik hasil pengolahan residu .....	231

Gambar 105	Konsep <i>zero waste</i> dengan mengintegrasikan peternakan, pertanian dan energi .....	223
Gambar 106	Produk pupuk cair organik dari urine ternak .....	235
Gambar 107	Proses pembuatan pupuk cair organik dari urine sapi .....	238
Gambar 108	Bak pengendapan dan fermentasi urine sapi Bali ....	240
Gambar 109	Proses pengumpulan urine hewan ternak sebagai pupuk organik cair .....	242
Gambar 110	Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tinggi vertikal tanaman pakan Legum <i>Indigofera</i> sp. ....	245
Gambar 111	Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan jumlah daun tanaman pakan Legum <i>Indigofera</i> sp. ....	246
Gambar 112	Terbakarnya daun pada perlakuan urine kambing PE 100% .....	247
Gambar 113	Limbah hasil pengolahan udang .....	250
Gambar 114	Potensi pemanfaatan limbah udang .....	252
Gambar 115	Diagram alir proses pembuatan kitin dan kitosan ...	258
Gambar 116	Kitosan dari limbah udang .....	260
Gambar 117	Tepung limbah udang hasil pengolahan .....	264

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Penggunaan berbagai jenis asam organik dan bakteri asam laktat terhadap kandungan nutrisi silase ikan .....	8
Tabel 2	Hubungan antara konsentrasi dan cara pembuatan terhadap kandungan protein dan lemak silase ikan .....	9
Tabel 3	Kandungan energi silase ikan berdasarkan proses pembuatan .....	9
Tabel 4	Pengaruh konsentrasi silase jeroan ikan terhadap konsumsi pakan (FC), laju pertumbuhan harian (DGR), efisiensi pakan (FE), pencernaan protein, pencernaan total dan kelangsungan hidup (SR) pada setiap perlakuan selama penelitian .....	10
Tabel 5	Konsumsi ransum, penambahan bobot badan, konversi ransum dan bobot badan akhir ayam AKSAS selama 6 minggu (umur 5 - 10 minggu) .....	11
Tabel 6	Rataan bobot badan (kg) dan FCR ( <i>Feed Conversion Ratio</i> ) ayam pedaging pada umur 5 minggu dengan penambahan silase ikan .....	11
Tabel 7	Rataan bobot badan, protein daging dan lemak daging ayam pedaging pada umur 5 minggu dengan penambahan silase ikan .....	11
Tabel 8	Komposisi kimia jeroan ikan tongkol dan <i>sturgeon</i> .....	14
Tabel 9	Karakteristik pepton jeroan ikan tongkol dibanding dengan <i>bactopectone</i> .....	18
Tabel 10	Perbandingan karakteristik pepton isi perut ikan cunang terhadap pepton komersial dan pepton jeroan ikan tongkol .....	19
Tabel 11	Karakteristik kecap jeroan ikan dengan penambahan enzim papain .....	24
Tabel 12	Komposisi gizi tepung tulang ikan produksi <i>International Seafood of Alaska</i> (ISA) dan tepung tulang ikan patin .....	27
Tabel 13	Hubungan antara lama proses <i>presto</i> dan frekuensi perebusan terhadap mutu tepung tulang .....	31
Tabel 14	Ketahanan <i>cone</i> terhadap es krim modern dan tradisional .....	35

Tabel 15	Karakteristik fisika-kimia <i>cone</i> es krim dengan penambahan tepung tulang ikan .....	36
Tabel 16	Hasil uji organoleptik biskuit ikan .....	37
Tabel 17	Karakteristik biskuit ikan dengan penyimpanan 7 hari dan 28 hari .....	37
Tabel 18	Pengaruh konsentrasi tepung tulang lele terhadap kekerasan dan kadar kalsium biskuit .....	39
Tabel 19	Hasil analisis kimia kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan 30% dan 0% .....	41
Tabel 20	Daftar penelitian mengenai gelatin dari tulang ikan ....	48
Tabel 21	Data hasil rendemen gelatin pada variabel waktu perendaman tulang ikan nila merah dalam HCl 5% ...	50
Tabel 22	Perbandingan sifat fisika-kimia gelatin tulang ikan nila, gelatin komersial, gelatin tulang ikan kakap merah dan gelatin tulang ikan patin .....	51
Tabel 23	Komposisi asam amino gelatin tulang ikan nila, gelatin komersial, gelatin tulang ikan kakap merah dan gelatin tulang ikan patin (g/100g protein) .....	52
Tabel 24	Penggunaan gelatin dalam industri pangan dan non pangan di dunia pada tahun 1999 .....	53
Tabel 25	Beban limbah cair dari beberapa jenis operasi pengolahan ikan .....	56
Tabel 26	Komposisi bahan pupuk cair pada penelitian Fitria (2008) .....	57
Tabel 27	Kandungan unsur kimia pada limbah cair buatan .....	58
Tabel 28	Kualitas pupuk organik cair yang dihasilkan pada penelitian Fitria (2008) dengan SNI 19-7030-2004 .....	59
Tabel 29	Karakteristik limbah cair perikanan buatan .....	69
Tabel 30	Karakteristik beban limbah cair yang diberikan dan tidak diberikan lumpur aktif dengan lama waktu penguraian .....	70
Tabel 31	Hasil elektrisitas rangkaian seri .....	71
Tabel 32	Proporsi limbah tanaman jagung, kadar protein kasar dan nilai pencernaan bahan keringnya .....	81
Tabel 33	Komposisi kimia dan nutrisi limbah tanaman jagung	82
Tabel 34	Komposisi mineral limbah tanaman jagung (ppm) .....	82
Tabel 35	Perubahan kadar nutrisi limbah jagung lokal setelah 1 bulan fermentasi .....	83

Tabel 36	Kandungan nutrisi jagung bagian dipanen, penyimpanan dan pemrosesan yang berbeda .....	84
Tabel 37	Kandungan nutrisi jagung yang dipanen pada berbagai tingkat kematangan biji .....	85
Tabel 38	Pakan alternatif berserat dibandingkan <i>hay</i> untuk ternak sapi .....	86
Tabel 39	Kategori varietas jagung bahan silase untuk pakan berdasarkan energi metabolik (ME) yang dihasilkan ..	86
Tabel 40	Kualitas briket arang sekam padi dengan variasi konsentrasi bahan perekat .....	93
Tabel 41	Kualitas briket arang sekam padi dengan variasi komposisi briket .....	94
Tabel 42	Kandungan gizi limbah kelapa sawit .....	100
Tabel 43	Kandungan gizi limbah sawit di Kalimantan Selatan	103
Tabel 44	Kandungan nutrisi bungkil inti sawit sebelum dan sesudah fermentasi .....	108
Tabel 45	Kadar protein kasar, protein sejati dan serat deterjen netral (SDN) BIS sebelum dan setelah fermentasi (%BK) .....	109
Tabel 46	Peningkatan nutrisi bungkil inti sawit menggunakan fungsi <i>Marasmius</i> sp. ....	109
Tabel 47	Pengaruh pemberian bungkil inti kelapa sawit fermentasi (F) dan non-fermentasi (NF) terhadap penampilan produksi puyuh jantan .....	110
Tabel 48	Pengaruh pemberian BIS dan FBIS terhadap konsumsi pakan, bobot badan dan FCR ayam pedaging (0 - 6 minggu) .....	110
Tabel 49	Rataan konsumsi ransum, efisiensi ransum dan pertambahan bobot badan pada ayam pedaging .....	111
Tabel 50	Komposisi kimia dalam kulit singkong/100 g .....	116
Tabel 51	Konsentrasi glukosa dari proses hidrolisis asam menggunakan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi dan lama hidrolisis .....	119
Tabel 52	Konsentrasi glukosa dari hidrolisis biologis pada variasi konsentrasi dan lama hidrolisis menggunakan <i>T. viride</i> .....	119
Tabel 53	Komposisi kimia kulit umbi singkong .....	123

Tabel 54	Komposisi kimia kulit singkong tanpa fermentasi dan setelah fermentasi menggunakan <i>Aspergillus niger</i> .....	126
Tabel 55	Data rata-rata konsumsi pakan, penambahan bobot badan, konversi pakan dan umur pertama bertelur dari puyuh yang diberikan kulit singkong fermentasi	129
Tabel 56	Berbagai perlakuan kulit singkong terhadap konversi pakan .....	129
Tabel 57	Karakteristik limbah cair industri tapioka .....	153
Tabel 58	Perubahan komposisi kimia limbah cair tapioka dengan variasi penggunaan urea .....	159
Tabel 59	<i>Load</i> , % COD <i>Removal</i> , dan Produksi Gas/kg COD <i>Removal</i> .....	160
Tabel 60	Produksi biogas total dari limbah cair tapioka pada skala laboratorium .....	161
Tabel 61	Pengaruh produksi biogas pada interaksi penambahan urea dan suhu lingkungan pada limbah cair tapioka 80% .....	162
Tabel 62	Komposisi kandungan nutrisi/kimia ampas tahu .....	167
Tabel 63	Karakteristik kimia dari ampas tahu dan tepung ampas tahu .....	170
Tabel 64	Perbandingan karakteristik kimia dan fisika kecap ampas tahu terhadap kecap komersial dan SNI 01-3543-1999 .....	178
Tabel 65	Komposisi nutrisi rumput gajah dan ampas tahu kering yang diberikan kepada domba percobaan (Bulu <i>et al.</i> 2004) .....	182
Tabel 66	Komposisi zat makanan rumput lapangan dan ampas tahu .....	183
Tabel 67	Konsumsi pakan, pencernaan pakan, produksi protein mikroba, konsentrasi amonia cairan rumen, kandungan urea darah, retensi protein dan penambahan bobot badan harian pada domba percobaan .....	183
Tabel 68	Rataan konsumsi rumput, bahan kering, protein kasar dan TDN .....	185
Tabel 69	Rata-rata bobot potongan komersial karkas domba lokal jantan .....	185
Tabel 70	Komposisi bahan ransum dan ampas tahu (Arianto 1983; Sinurat 1999; Wawan 2004; Dharmawati 2004) ..	191



Tabel 71	Perbandingan kandungan perlakuan terbaik dengan SNI bungkil kedelai, SNI bungkil jagung dan SNI dedak jagung .....	193
Tabel 72	Hasil pemberian ampas tahu fermentasi laru oncom pada ayam ras pedaging .....	195
Tabel 73	Pengaruh pemberian ransum ampas tahu terhadap ayam pedaging .....	195
Tabel 74	Penelitian pemanfaatan ampas tahu fermentasi sebagai bahan baku pakan ikan .....	201
Tabel 75	Kandungan pakan ikan dari ampas tahu pada kondisi non fermentasi dan fermentasi .....	202
Tabel 76	Karakteristik limbah cair tahu .....	205
Tabel 77	Kadar COD, volume dan nilai COD aktual cairan sisa pembuatan <i>nata</i> sebagai pengaruh lama inkubasi ..	211
Tabel 78	Rata-rata ketebalan <i>nata de soya</i> pada perbedaan konsentrasi starter .....	211
Tabel 79	Produksi biogas pada berbagai konsentrasi EM-4 .....	216
Tabel 80	Kondisi pengoperasian pada proses pencernaan anaerobik .....	222
Tabel 81	Komposisi gas dalam biogas .....	223
Tabel 82	Komposisi gas (%) dalam biogas yang berasal dari kotoran ternak dan sisa pertanian .....	223
Tabel 83	Potensi produksi biogas dari berbagai kotoran ternak	224
Tabel 84	Bobot ternak dan produksi kotoran beberapa jenis ternak .....	224
Tabel 85	Kandungan unsur hara pupuk kandang cair dari beberapa hewan ternak .....	236
Tabel 86	Kandungan kimia pupuk cair urine sapi dengan penambahan tetes tebu .....	243
Tabel 87	Kandungan unsur hara pupuk organik kambing peranakan etawa selama 14 hari .....	244
Tabel 88	Pengaruh penggunaan biourine dengan pengenceran terhadap produksi jagung QPM .....	245
Tabel 89	Pengaruh konsentrasi POC limbah kambing etawa terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah tongkol dan berat basah tongkol <i>baby corn</i> jagung manis .....	248
Tabel 90	Pemanfaatan mikroba dalam proses pembuatan kitin	254
Tabel 91	Sifat dan mutu kitin .....	255

Tabel 92	Standar mutu kitosan .....	256
Tabel 93	Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap derajat deasetilasi .....	258
Tabel 94	Hasil uji organoleptik pengaruh derajat deasetilasi terhadap daya simpan ayam goreng (waktu rendaman 45 menit dan konsentrasi kitosan 2%) .....	259
Tabel 95	Komposisi zat makan tepung ikan, limbah udang dan bungkil kedelai .....	263
Tabel 96	Kandungan zat-zat makanan tepung limbah udang tanpa olahan dan diolah dibandingkan tepung ikan ....	265
Tabel 97	Pengaruh perendaman air abu sekam terhadap kualitas tepung limbah udang .....	268
Tabel 98	Kandungan nutrisi limbah udang dan hasil fermentasinya dengan <i>Aspergillus oryzae</i> .....	268
Tabel 99	Pengaruh pemberian tepung limbah udang fermentasi terhadap performans dan bobot organ pencernaan ayam pedaging .....	269
Tabel 100	Pengaruh penambahan tepung limbah udang terhadap bobot hidup, persentase <i>giblet</i> , persentase lemak ayam abdominal dan persentase karkas ayam pedaging .....	270
Tabel 101	Pengaruh penambahan limbah udang fermentasi terhadap kualitas fisik daging ayam pedaging .....	271

## **I. PENDAHULUAN**

Limbah pertanian yang dimaksud dalam buku ini adalah limbah atau material sisa yang timbul sebagai hasil samping dari kegiatan pertanian dalam arti luas. Pertanian “dalam arti luas” telah lazim dimaknai sebagai kegiatan pertanian yang bukan hanya mencakup kegiatan budidaya tanaman (tanaman pangan, perkebunan, hortikultura), melainkan juga budidaya ternak, perikanan, kehutanan serta pengolahan hasilnya.

Masalah utama dalam pengelolaan limbah pertanian adalah menemukan solusi yang tepat agar limbah tersebut tidak langsung dibuang ke lingkungan, sehingga limbah bisa menjadi bahan baku bagi kegiatan lain. Dengan demikian, dari limbah dapat dihasilkan produk yang bermanfaat. Masalah utama yang lain dari pengelolaan limbah adalah menemukan solusi pengolahannya sedemikian rupa, sehingga limbah tidak menimbulkan masalah lingkungan yang serius.

Masalah lingkungan ini bisa muncul bila limbah pertanian dikelola tanpa mengikuti hierarki yang benar. Sebagai contoh, di banyak tempat di Indonesia, limbah organik yang dihasilkan dari kegiatan pasar tradisional langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) sampah perkotaan. Masalah lingkungan yang segera timbul dari kegiatan pembuangan tersebut adalah emisi kebauan yang muncul dari tempat penampungan sementara (TPS), truk pengangkutnya, serta dari TPA tujuan. Sementara itu di lain pihak, bila mengikuti hierarki penanganan limbah, maka “pembuangan” limbah merupakan langkah terakhir dalam piramida rangkaian langkah-langkah sistem pengelolaan limbah. Seharusnya, sampah organik pasar bisa ditangani dengan baik menggunakan alur pengolahan pengomposan tanpa menimbulkan masalah besar bila dibandingkan dengan transportasi dan penimbunannya di TPA.

Bila solusi penanganan limbah yang tepat, efisien, murah dan layak secara ekonomis ini ditemukan, maka limbah pertanian bukan merupakan sumber masalah lagi, melainkan akan menjadi sesuatu yang bermanfaat dan akan dicari serta diperlukan masyarakat. Dalam konteks seperti ini limbah pertanian bukan lagi dipandang sebagai masalah besar dan dipandang sebagai sesuatu yang harus segera dibuang.

Berbagai upaya telah dilakukan masyarakat guna mencari solusi bagi penyelesaian masalah limbah pertanian tersebut, antara lain adalah:

- a. Langsung memanfaatkannya sebagai bahan pakan hewan atau sebagai bahan bakar.
- b. Sebagai bahan baku bagi pembuatan produk pangan.
- c. Dengan melalui proses pengolahan sederhana menjadi bahan bakar atau sebagai bahan campuran material konstruksi bangunan dan sebagainya.

Upaya-upaya tersebut pada dasarnya adalah upaya manusia untuk memanfaatkan atau mengolah limbah pertanian, sehingga limbah bisa memberi manfaat atau tidak menimbulkan masalah lingkungan, masalah kesehatan, maupun masalah estetika.

Untuk memudahkan pembahasan masalah limbah pertanian, maka tulisan dalam buku ini dipilah menurut jenis komoditi, misalnya padi dan produk turunannya, jagung dan produk turunannya, ikan dan produk pengolahannya dan seterusnya. Dengan cara pemilahan tersebut pembahasan dapat diperkaya dengan sumber-sumber referensi yang berasal dari berbagai literatur atau hasil penelitian yang berupa jurnal, skripsi, tesis dan disertasi.

## II. LIMBAH IKAN

### 2.1. Pemanfaatan Limbah Ikan menjadi Silase

Silase ikan adalah produk basah (seperti bubur) yang dibuat dari bahan-bahan limbah ikan (seperti potongan sirip, usus, insang) atau ikan rusak yang tidak dimanfaatkan manusia tanpa melakukan perlakuan lain, kecuali dengan asam (secara kimia) atau dengan inokulasi bakteri (Kompiani & Ilyas 1983).



Gambar 1 Limbah ikan rucah dari pengolahan ikan  
Sumber: [www.jitunews.com](http://www.jitunews.com)

Sedangkan menurut Djazuli *et al.* (1998), silase ikan adalah bentuk hidrolisa protein beserta komponen lain pada ikan dalam suasana asam, sehingga mikroorganisme pembusuk tidak dapat hidup kembali karena pH sekitar 4.

Pembuatan silase ikan di Indonesia telah berkembang dan dikenal dua cara pembuatan silase yaitu secara kimiawi dan secara biologis yang kemudian dilakukan fermentasi (Wulandari 2000).

Pembuatan secara kimiawi menggunakan penambahan asam kuat yaitu asam mineral (asam anorganik), sedangkan pembuatan secara biologis

memanfaatkan mikroba tertentu (bakteri asam laktat) dengan menambahkan bahan sumber karbohidrat seperti dedak, *pollard*, ataupun molases (Akhirany 2011).

Silase yang dibuat menggunakan asam mineral bersifat sangat korosif, sehingga perlu dinetralkan terlebih dahulu sebelum digunakan (Akhirany 2011). Proses penetralan ini memerlukan waktu dan biaya tambahan, sehingga sangat tidak efektif untuk digunakan (Handajani 2014).

Secara kimiawi, proses pembuatan silase ikan dilakukan menggunakan asam organik maupun anorganik. Bahan asam yang populer digunakan adalah asam formiat dan asam propionat. Bahan asam organik lainnya seperti asam benzoat, asam asetat, asam sorbat dan asam sitrat jarang digunakan, padahal harganya relatif sama dan mudah didapatkan di pasaran (Handajani 2014).

Secara biologis, penggunaan probiotik yang mengandung bakteri asam laktat belum pernah digunakan dalam penelitian pembuatan silase, padahal harga probiotik lebih murah dibandingkan dengan bakteri asam laktat kultur murni yang sering digunakan pada penelitian sebelumnya (Handajani 2014).

### **2.1.1. Proses Pembuatan Silase Ikan**

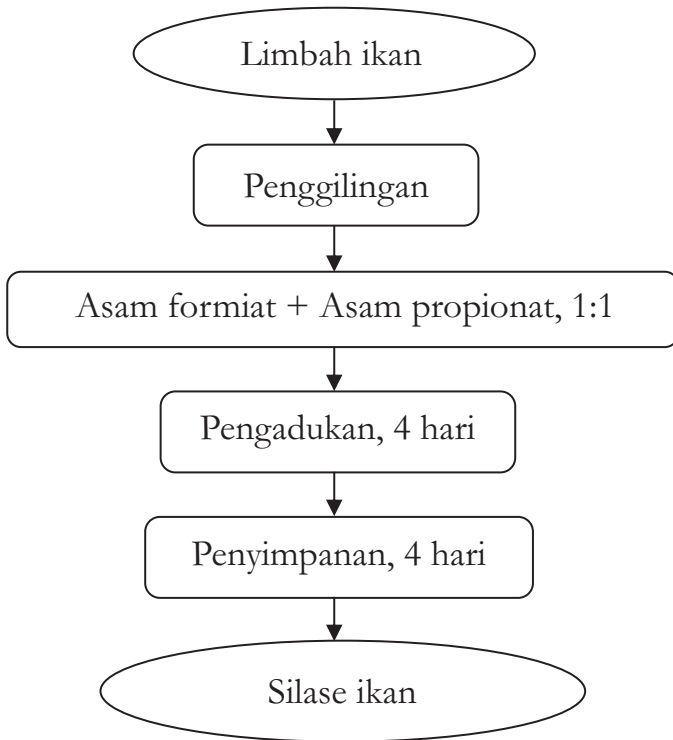
#### **A. Secara Kimiawi**

Prose pembuatan silase ikan secara kimiawi dapat mengacu pada Suharto (1997). Bahan yang digunakan yaitu ikan/sisa pengolahan ikan, asam organik (asam formiat/asam semut, asam cuka, asam propionat dan HCl).

Alat yang digunakan yaitu mesin penggiling daging, gentong/drum, kantong plastik tebal, selang-selang plastik dan tali pengikat kantong plastik, kayu pengaduk, kertas lakmus, gelas ukur dan ember plastik. Proses pembuatan silase ikan secara kimiawi adalah sebagai berikut:

- Ikan/sisa-sisa pengolahan ikan dicincang kecil-kecil agar memudahkan sewaktu dimasukkan ke dalam mesin penggiling.
- Setelah ikan dicincang, ikan digiling menggunakan mesin penggiling hingga halus.

- Masukkan 100 kg ikan-ikan yang sudah digiling ke dalam drum atau bak.
- Tambahkan 3 liter campuran asam formiat dan asam propionat (1 : 1) ke dalam 100 kg ikan yang sudah digiling atau sisa olahan ikan.
- Aduklah campuran asam dan ikan yang sudah digiling tersebut hingga merata dengan menggunakan kayu pengaduk. Pengadukan diulangi 3 sampai 4 kali setiap hari selama 4 hari berturut-turut.
- Simpanlah silase ikan di dalam gentong/drum plastik atau bak *fiberglass* kurang lebih selama 4 hari.



Gambar 2 Proses pembuatan silase ikan secara kimiawi

Sumber: Suharto (1997)

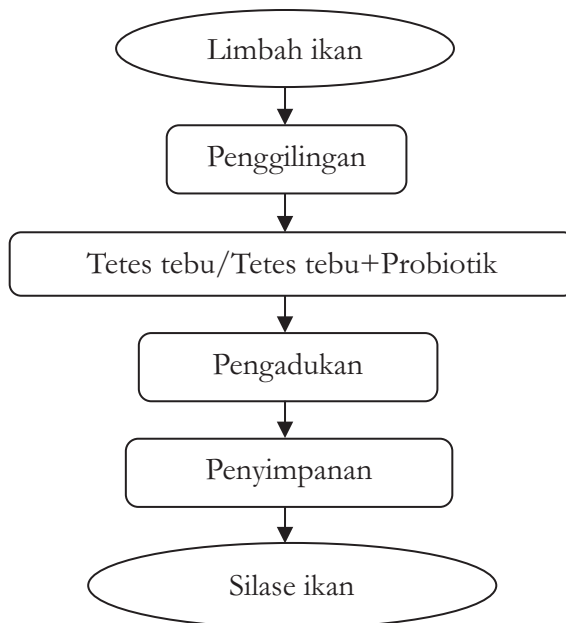
- Isikan campuran tersebut ke dalam kantong plastik/toples lalu tutup hingga tidak ada udara yang masuk.

- Ikan yang tidak menggunakan probiotik dapat difermentasi selama seminggu (Suharto 1997), sedangkan ikan yang menggunakan probiotik difermentasi selama 14 hari (Handajani 2014)

## B. Secara Biologis

Pembuatan silase ikan secara biologis dapat menggunakan molases/tetes tebu (Suharto 1997) atau bakteri seperti asam laktat (*Lactobacillus casei*) (Handajani 2014). Proses pembuatan silase ikan secara biologis sebagai berikut:

- Ikan/sisa-sisa ikan olahan dicincang kecil-kecil agar mudah sewaktu dimasukkan ke mesin penggilingan.



Gambar 3 Proses pembuatan silase ikan secara biologis

Sumber: Modifikasi Suharto (1997)

- Setelah ikan dicincang, masukkan ikan ke dalam mesin penggiling lalu digiling hingga halus.



- Tambahkan 15% tetes tebu (Suharto 1997) ke dalam ikan yang telah digiling lalu diaduk hingga merata. Jika menggunakan bakteri asam laktat, dapat menambahkan probiotik + molases/tetes tebu 20%. Kadar probiotik yang digunakan yaitu 1 mL untuk 1 kg ikan (Handajani 2014).

### 2.1.2. Karakteristik Silase Ikan

Kandungan nutrisi silase ikan dapat dipengaruhi oleh cara pembuatan silase ikan (Abun *et al.* 2004; Abun 2006; Handajani *et al.* 2013), jenis asam yang digunakan (Handajani *et al.* 2013), konsentrasi asam, molases atau probiotik (Abun *et al.* 2004; Abun 2006; Handajani 2014) serta lama waktu fermentasi (Handajani *et al.* 2013; Handajani 2014).

Penelitian Handajani *et al.* (2013) yang menggunakan berbagai bahan asam organik dengan dosis 3% dan bakteri asam laktat, serta variasi fermentasi 3, 7 dan 14 hari mendapatkan hasil terbaik pada perlakuan bakteri asam laktat selama 14 hari. Hasil penelitian Handajani *et al.* (2013) ditampilkan pada Tabel 1.

Penelitian Abun *et al.* (2004) dan Abun (2006) mendapatkan bahwa penambahan asam organik (asam formiat dan asam propionat) dengan konsentrasi 2, 3 dan 4% (fermentasi 8 hari) serta penambahan molases 10, 20 dan 30% (fermentasi 21 hari) mendapatkan hasil terbaik pada pengolahan secara kimiawi dengan penambahan asam formiat dan propionat 1 : 1 sebanyak 3%.

Hasil penelitian ini juga mendapatkan bahwa nilai kandungan energi dari proses pembuatan kimiawi (asam formiat dan propionat, 1 : 1) dengan konsentrasi 3% lebih tinggi dibandingkan dengan nilai limbah ikan yang tidak diolah dan limbah ikan/silase ikan yang dibuat dengan cara biologis.

Tabel 1 Penggunaan berbagai jenis asam organik dan bakteri asam laktat terhadap kandungan nutrisi silase ikan

Perlakuan	Protein (%)	Lemak (%)	pH
Asam formiat 3 hari	30,70	5,13	4,0
Asam formiat 7 hari	30,41	4,80	4,0
Asam formiat 14 hari	30,83	4,91	4,0
Asam propionat 3 hari	30,37	4,97	6,3
Asam propionat 7 hari	32,60	4,90	5,3
Asam propionat 14 hari	32,60	4,97	4,7
Asam benzoat 3 hari	34,02	5,08	5,0
Asam benzoat 7 hari	31,43	5,17	5,1
Asam benzoat 14 hari	31,40	5,05	5,8
Asam sorbat 3 hari	34,02	5,08	6,5
Asam sorbat 7 hari	34,83	5,74	7,0
Asam sorbat 14 hari	37,54	5,80	7,5
Asam sitrat 3 hari	33,38	5,29	4,8
Asam sitrat 7 hari	32,54	5,26	5,8
Asam sitrat 14 hari	33,13	5,33	6,7
Asam asetat 3 hari	33,89	5,37	4,0
Asam asetat 7 hari	33,96	5,43	4,0
Asam asetat 14 hari	34,18	5,40	4,3
Bakteri asam laktat 3 hari	36,10	5,51	5,0
Bakteri asam laktat 7 hari	38,42	5,84	5,0
Bakteri asam laktat 14 hari	45,95	5,84	4,5

Sumber: Handajani *et al.* (2014)

### 2.1.3. Pemanfaatan Silase Ikan

#### A. Sebagai Pakan Ikan

Purba (2001) menggunakan silase dari limbah jeroan ikan nila sebagai bahan substitusi tepung ikan dalam pakan ikan nila gift (*Oreochromis sp.*). Hasil yang didapatkan adalah silase limbah jeroan ikan nila dapat menggantikan 50% protein yang berasal dari tepung ikan, karena pada kadar tersebut pertumbuhan ikan masih tinggi dan nilai efisien pakan yang tinggi pula. Hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 2 Hubungan antara konsentrasi dan cara pembuatan terhadap kandungan protein dan lemak silase ikan

Perlakuan	Protein kasar (%)	Lemak kasar (%)
Asam organik 2%	34,88	8,35
Asam organik 3%	36,10	8,52
Asam organik 4%	36,17	7,75
Molases 10%	33,92	8,19
Molases 20%	35,92	8,18
Molases 30%	32,94	7,32

Keterangan: Perbandingan asam organik : asam formiat dan propionat adalah 1 : 1  
 Sumber: Abun *et al.* (2004)

Tabel 3 Kandungan energi silase ikan berdasarkan proses pembuatan

Perlakuan	Rata-rata nilai energi metabolis (kkal/kg)
Pengolahan kimiawi	3.003,65
Tanpa pengolahan	2.934,46
Pengolahan biologis	2.914,59

Keterangan: - Pengolahan kimiawi menggunakan perbandingan asam formiat dan propionat sebesar 1 : 1.  
 - Pengolahan biologis dilakukan dengan penambahan molases  
 Sumber: Abun *et al.* (2004)

## B. Sebagai Pakan Ayam

Penelitian Hermana *et al.* (2004) mendapatkan bahwa tepung silase ikan dengan *filler* dedak padi (TSID) atau *pollard* (TSIP) dapat digunakan hingga 50% dalam ransum tanpa mempengaruhi konsumsi ransum, pertambahan bobot badan, konversi ransum dan bobot akhir ayam AKSAS.

Kandungan protein kasar, lemak kasar dan P dari ransum yang menggunakan TSID atau TSIP adalah 50% lebih tinggi dari kandungan protein kasar, lemak kasar dan P ransum ayam AKSAS yang diproduksi oleh perusahaan (Tabel 5).

Tabel 4 Pengaruh konsentrasi silase jeroan ikan terhadap konsumsi pakan (FC), laju pertumbuhan harian (DGR), efisiensi pakan (FE), pencernaan protein, pencernaan total dan kelangsungan hidup (SR) pada setiap perlakuan selama penelitian

Parameter	Perlakuan				
	0%	25%	50%	75%	100%
FC (g)	123,25±1,2	121,32±1,0	119,58±0,6	107,36±0,89	98,81±1,94
DGR (%)	2,24 ± 0,16	2,24±0,0	2,25±0,02	1,91±0,07	1,88±0,09
FE (%)	46,76±1,75	47,24±0,17	48,31±0,48	42,50±2,00	44,86±1,80
Kecernaan protein (%)	95,50	95,52	96,75	96,42	96,34
Kecernaan total (%)	68,75	70,00	78,80	78,50	78,42
SR (%)	94,44±9,62	94,44±9,63	100±0,00	100±0,00	100±0,00

Sumber: Purba (2001)

Setiawan dan Sulistyoningsih (2015) yang menggunakan ayam pedaging mendapatkan bahwa pemberian tambahan silase limbah ikan (gurame) pada ayam pedaging mampu meningkatkan bobot badan secara signifikan, tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai FCR (*Feed Conversion Ratio*). Perlakuan terbaik didapatkan dengan penambahan konsentrasi 8%.

Selain itu, penambahan silase limbah ikan tidak berpengaruh terhadap kandungan protein daging ( $p > 0,05$ ), tetapi berpengaruh secara nyata pada kandungan lemak daging ( $p < 0,05$ ). Pemberian silase limbah ikan pada ayam pedaging lebih menguntungkan secara ekonomi dan performans (kadar protein daging tinggi dengan kandungan lemak daging yang rendah, pada bobot badan yang relatif sama) (Sulistyoningsih 2015).

Penelitian ini merekomendasikan pemberian makanan tambahan berupa silase limbah ikan dengan konsentrasi 10% dari jumlah total pakan ayam pedaging untuk meningkatkan performans, menghemat biaya produksi, serta mengurangi limbah ikan yang selama ini banyak terbuang (Sulistyoningsih 2015).

Tabel5 Konsumsi ransum, pertambahan bobot badan, konversi ransum dan bobot badan akhir ayam AKSAS selama 6 minggu (umur 5 - 10 minggu)

Parameter	TSI	Taraf penggunaan TSI		
		0%	25%	50%
Konsumsi ransum (g/ekor)	Dedak	3.326,98	2.987,29	3.212,55
	Pollard	3.103,81	3.092,44	3.146,74
Pertambahan bobot badan (g/ekor)	Dedak	1.253,66	1.198,18	1.281,93
	Pollard	1.138,41	1.213,89	1.221,72
Konversi ransum	Dedak	2,80	2,64	2,61
	Pollard	3,06	2,72	2,75
Bobot badan akhir (g)	Dedak	1.738,71	1.643,61	1.749,48
	Pollard	1.582,00	1.637,44	1.668,15

Sumber: Hermana *et al.* (2004)

Tabel 6 Rataan bobot badan (kg) dan FCR (*Feed Conversion Ratio*) ayam pedaging pada umur 5 minggu dengan penambahan silase ikan

Perlakuan	Rataan bobot badan (kg)	Rataan FCR	Konsumsi pakan (kg)
0%	1,73	3,23	5,57
8%	2,13	2,76	5,86
10%	1,98	2,77	5,51
12%	1,96	2,76	5,42

Sumber: Setiawan & Sulistyoningsih (2015)

Tabel 7 Rataan bobot badan, protein daging dan lemak daging ayam pedaging pada umur 5 minggu dengan penambahan silase ikan

Perlakuan	Bobot badan (g)	Protein daging (%)	Lemak daging (%)
0%	2.480,50	35,84	56,79
2,5%	2.375,00	37,26	46,17
5,0%	2.284,50	33,97	42,00
7,5%	2.416,80	37,27	26,58

Sumber: Sulistyoningsih (2015)

## Daftar Pustaka

- Abun, Rusmana D, Saefulhadjar D. 2004. Pengaruh cara pengolahan limbah ikan tuna (*Thunnus atlanticus*) terhadap kandungan gizi dan nilai energi metabolis pada ayam broiler [Laporan penelitian]. Jatinangor (ID): Univeristas Padjajaran.
- Abun. 2006. Efek pengolahan secara kimiawi dan biologis terhadap kandungan gizi dan nilai energi metabolis limbah ikan tuna (*Thunnus atlanticus*) pada ayam broiler [Artikel Ilmiah]. Jatinangor (ID): Univeristas Padjajaran.
- Akhirany N. 2011. Silase ikan untuk pakan ternak. Sulawesi Selatan (ID): UPTD-PSP3 Dinas Peternakan Provinsi Sulawesi Selatan.
- Djazuli N, Sunarya D, Budianto TH. 1998. Teknologi mutu dan aplikasi tepung silase ikan (TSI). Makalah Seminar Sehari Peluang Pengembangan Usaha Tepunh ikan dan Tepung Silase Ikan (TSI): Jakarta (ID): Direktorat Jendral Perikanan.
- Handajani H, Hastuti SD, Sujono. 2013. Penggunaan berbagai asam organik dan bakteri asam laktat terhadap nilai nutrisi limbah ikan. *Depik* 2(3): 126-32.
- Handajani H. 2014. Peningkatan kualitas silase limbah ikan secara biologis dengan memanfaatkan bakteri asam laktat. *Jurnal Gamma* 9(2): 31-9.
- Hermana W, Piliang WG, Sofyan LA, Djazuli N. 2004. Pengaruh penggunaan tepung silase ikan dalam ransum terhadap penampilan ayam broiler strain aksas. *Media Peternakan* 24(3): 26-9.
- Kompiang IP, Ilyas S. 1983. Silase Ikan, pengolahan, penggunaan dan prospeknya di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 11(1): 13-8.
- Purba RM. 2001. Pemanfaatan silase limbah jeroan ikan nila sebagai bahan substitusi tepung ikan dalam pakan ikan nila gift (*Oreochromis* sp.) [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan A, Sulistyoningsih M. 2015. Pengaruh penambahan silase limbah ikan gurame (*Ospbronemus gouramy* sp.) terhadap peningkatan bobot badan dan FCR (*Feed Conversion Ratio*) ayam broiler. Semarang (ID): Universitas PGRI Semarang.
- Suharto. 1997. Teknik pembuatan silase ikan. Bogor (ID): Balai Penelitian Ternak Ciawi.
- Sulistyoningsih M. 2015. Pengaruh pemberian silase limbah ikan terhadap kadar protein daging dan lemak daging broiler sebagai upaya peningkata kualitas pangan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1(2): 378-82.
- Wulandari A. 2000. Evaluasi nilai nutrisi tepung silase ikan dengan metode kimiawi dan bahan pengikat dedak padi dan *pollard* [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

## **2.2. Pemanfaatan Limbah Jeroan dan Isi Perut Ikan**

Jeroan ikan memiliki bobot 10 - 15% (tergantung pada spesies) dari biomassa ikan (Bhaskar & Mahendrakar 2008). Produksi jeroan ikan yang besar ini perlu diimbangi dengan usaha penanganan dan pemanfaatan limbah. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha untuk memanfaatkan jeroan ikan tersebut menjadi produk yang lebih bernilai tambah, salah satunya sebagai bahan baku pepton.



Gambar 4 Limbah jeroan ikan  
Sumber: xampria.blogspot.com

### **2.2.1. Pemanfaatan Limbah Jeroan menjadi Pepton**

Dufossé *et al.* (2001) menyatakan pepton ikan adalah suatu turunan atau derivat dari hidrolisat protein yang larut dalam air dan tidak mengalami proses koagulasi pada air panas. Salah satu cara yang digunakan untuk menghasilkan pepton adalah dengan hidrolisis enzimatis.

Menurut Ariyani *et al.* (2001) hidrolisis protein secara sempurna dapat dilakukan menggunakan enzim proteolitik. Enzim proteolitik yang sering digunakan adalah papain, alkalase atau enzim yang diisolasi dari isi perut ikan.

Poernomo (1997) dalam Laoli *et al.* (2015) menyatakan isi perut (usus dan lambung) ikan, selain mengandung protein juga mengandung enzim proteolitik sehingga dalam hidrolisisnya tidak diperlukan penambahan enzim dan proses pembuatannya adalah melalui proses ensilasi dengan penambahan asam, baik asam organik maupun asam mineral untuk mengaktifkan enzim (autolisis).

Pepton ikan merupakan produk hidrolisat protein yang memiliki nilai ekonomis penting pada industri perikanan, karena memiliki harga pasar yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan produk sampingan lainnya, misalnya ikan dan tepung ikan (Nurhayati *et al.* 2013).

Mengingat potensi yang besar dari limbah perikanan, khususnya jeroan ikan untuk diolah menjadi pepton, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan pepton dari jeroan ikan sehingga menghasilkan nilai jual lebih tinggi (Nurhayati *et al.* 2013).

Tabel 8 Komposisi kimia jeroan ikan tongkol dan *sturgeon*

Parameter	Jeroan ikan tongkol (%)	Jeroan ikan <i>sturgeon</i> <sup>1</sup> (%)
Air	75,09	39,00
Abu	0,87	5,76
Protein	16,72	15,48
Lemak	0,87	15,68

Sumber: 1) Ovissipour *et al.* (2008) dalam Nurhayati *et al.* (2013)

## 2.2.2. Proses Pembuatan Pepton Ikan

### A. Secara Enzimatis

Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan pepton dari jeroan ikan yaitu jeroan ikan, enzim papain dan akuades. Proses pembuatan pepton dapat mengacu pada penelitian Nurhayati *et al.* (2013) yang menggunakan jeroan ikan tongkol. Proses pembuatan pepton adalah sebagai berikut:

- Proses pembuatan dilakukan secara ekstraksi enzimatis dengan enzim eksternal (papain). Jeroan ikan dicuci dengan air bersih lalu dicacah. Jeroan ikan lalu dicampur dengan air suling (akuades) dan



diaduk hingga rata dengan perbandingan bahan dibanding akuades adalah 1 : 2.

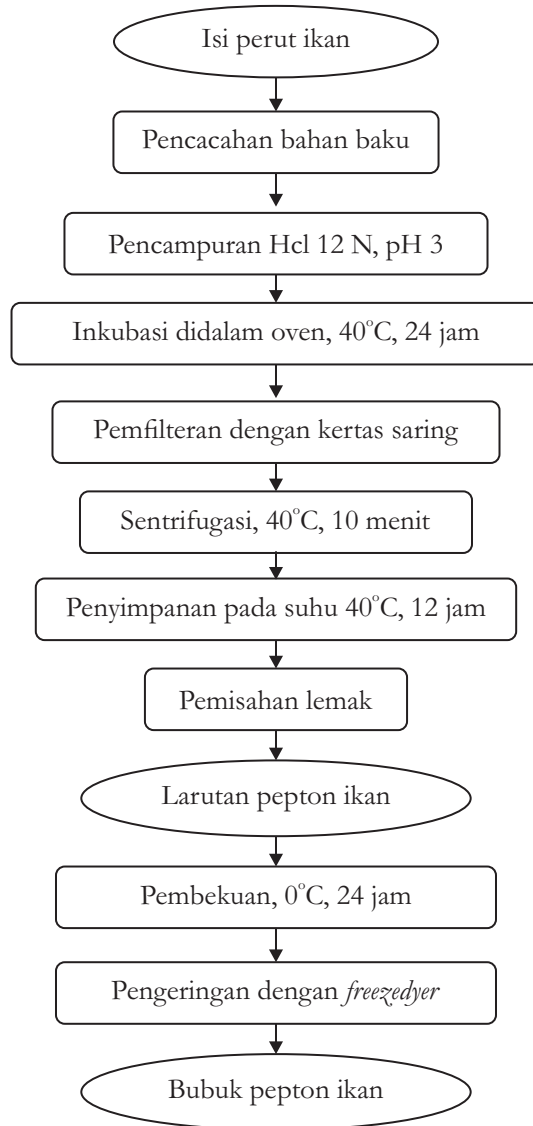
- Sebanyak 100 g campuran jeroan ikan dan air dimasukkan ke dalam wadah, selanjutnya dilakukan penambahan enzim papain 0,26% dengan perlakuan kemudian dihidrolisis pada suhu 60 °C menggunakan *water bath* dengan perlakuan waktu inkubasi 3 jam.
- Inaktivasi enzim dilakukan dengan menginkubasi sampel pada suhu 85 °C selama 15 menit, selanjutnya sampel diendapkan selama 24 jam pada suhu 4 °C dengan tujuan untuk memisahkan lemak dengan fase cair. Proses selanjutnya adalah pengeringan fase cair menggunakan pengering semprot (*spray dryer*) dan penyimpanan pepton bubuk dalam wadah atau plastik tebal yang tertutup rapat.

## B. Secara Kimiawi

Proses pembuatan pepton dari limbah jeroan/isi perut ikan juga dapat dilakukan menggunakan larutan asam atau basa. Proses pembuatan pepton dengan penambahan larutan asam (HCl) dapat dilakukan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Laoli *et al.* (2015) yang menggunakan ikan cunang.

Bahan utama yang digunakan adalah isi perut (usus dan lambung) ikan, HCL 12 N, bakteri uji *Escherichia coli* ATCC 8739 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Proses pembuatannya sebagai berikut:

- Isi perut ikan dicuci dengan air bersih lalu dicacah. Isi perut ikan yang telah dicacah dicampur dengan larutan HCl 12 N pada pH 3 dengan suhu 40 °C selama 24 jam dan diaduk setiap jam untuk 4 jam pertama.
- Campuran selanjutnya disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dan filtratnya. Larutan selanjutnya mengalami sentrifugasi selama 10 menit dengan suhu 4 °C.



Gambar 5 Diagram alir proses pembuatan pepton ikan menggunakan isi perut ikan  
Sumber: Laoli *et al.* (2015)

- Larutan tersebut selanjutnya disimpan pada suhu 4 °C selama 12 jam. Larutan yang telah disimpan dipisahkan dari lemak hingga didapatkan larutan pepton ikan.

- Larutan pepton ikan yang didapatkan, dibekukan di dalam *freezer* dengan suhu 0 °C selama 24 jam. Setelah 24 jam, larutan pepton dikeringkan menggunakan *freeze dryer* hingga didapatkan bubuk pepton ikan.



Gambar 6 Kemasan pepton komersial

Sumber: [www.skalagreen.com](http://www.skalagreen.com)

### 2.2.3. Karakteristik Pepton Ikan

Penelitian Nurhayati *et al.* (2013) mendapatkan hasil bahwa karakteristik pepton jeroan ikan tongkol secara umum sama dengan pepton komersial, kecuali sedikit lebih rendah dalam hal kelarutan (98%), nitrogen (8,03%), serta komposisi asam amino.

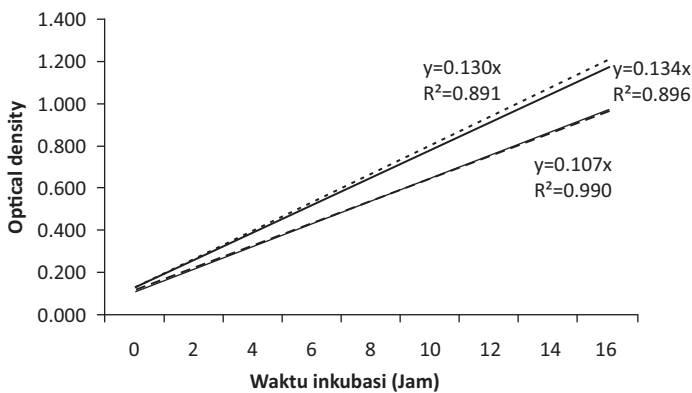
Pepton jeroan ikan tongkol dapat digunakan dalam media *luria broth* (LB) sebagai media pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Kecepatan pertumbuhan spesifik maksimum ( $\mu_{maks}$ ) *E. coli* lebih baik pada media LB yang mengandung pepton jeroan ikan tongkol, sebaliknya *S. aureus* lebih baik tumbuh pada media LB yang mengandung pepton komersial. Kecepatan laju pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Tabel 9 Karakteristik pepton jeroan ikan tongkol dibanding dengan *bactopeptone*

Karakteristik	<i>Bactopeptone</i> <sup>1</sup>	Pepton jeroan ikan tongkol
Kelarutan (%)	100,00	98,20
Total nitrogen (%)	12-13	8,03
$\alpha$ -Amino nitrogen bebas (%)	1,2-2,5	1,12
AN/TN (%)	11-21	13,95
Garam (%)	=17	0,79
Lemak (%)	0,4	0,47
Abu (%)	3,8	2,34
Rendemen (%)	-	3,92-5,54
pH	6,7-7,4	6,02

Sumber: 1) Bionutrient Technical Manual (2006) dalam Nurhayati *et al.* (2013);

Hasil penelitian Laoli *et al.* (2015) yang menggunakan ikan cunang, mendapatkan bahwa bubuk pepton isi perut ikan cunang memiliki karakterisasi sebagai berikut: protein 79,13% (b/b), total nitrogen 12,66% (b/b),  $\alpha$ -amino nitrogen 2,10 % (b/b), AN/TN 16,59% (b/b), kadar air 5,72% (b/b), kelarutan dalam air 93,03% (b/v).

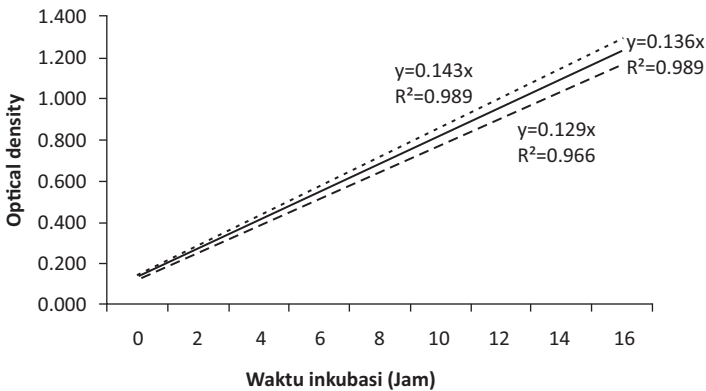


Gambar 7 Kecepatan pertumbuhan spesifik maksimum ( $\mu_{maks}$ ) bakteri *Escherichia coli* selama waktu pengamatan

Keterangan: ( - - - ) = pepton komersial; ( — ) = pepton jeroan tongkol 1%;  
 ( ..... ) = pepton jeroan tongkol 2%

Sumber: Nurhayati *et al.* (2013)

Dari uji pertumbuhan bakteri, diketahui bahwa pepton isi perut ikan cunang dapat mendukung pertumbuhan bakteri dalam media terutama bakteri *Staphylococcus aureus* ditunjukkan nilai absorbansi tertinggi terdapat pada bakteri *S. aureus* yang ditumbuhkan pada pepton isi perut ikan cunang. Berdasarkan hal tersebut pepton isi perut ikan cunang dapat dijadikan sebagai nutrisi pada medium pertumbuhan bakteri dan substitusi untuk penggunaan pepton komersial.



Gambar 8 Kecepatan pertumbuhan spesifik maksimum ( $\mu_{\text{mak}}$ ) bakteri *Staphylococcus aureus* selama waktu pengamatan

Keterangan: ( - - - ) = pepton komersial; ( — ) = pepton jeroan tongkol 1%;  
( ..... ) = pepton jeroan tongkol 2%

Sumber: Nurhayati *et al.* (2013)

Tabel 10 Perbandingan karakteristik pepton isi perut ikan cunang terhadap pepton komersial dan pepton jeroan ikan tongkol

Karakteristik (%)	Pepton isi perut ikan cunang	Pepton komersial	Pepton jeroan ikan tongkol
Protein	79,13	77,88	50,19
Total nitrogen	12,66	12,26	8,03
$\alpha$ -Amino nitrogen bebas	1,97	2,59	1,12
AN/TN	15,56	20,78	13,95
Kelarutan	93,03	99,80	98,20

Sumber: Laoli *et al.* (2015)

## **Daftar Pustaka**

- Ariyani F, Heruwati ES, Murdinah, Wibowo TBS, Susetyo AR. 2001. Pemanfaatan kepala ikan tuna dan isi perut ikan pari sebagai sumber pepton kasar bagi media pertumbuhan mikroorganisme. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 7: 75-84.
- Bhaskar N, Mahendrakar NS. 2008. Protein hydrolysate from visceral waste proteins of Catla (*Catla catla*): Optimization of hydrolysis conditions for a commercial neutral protease. *Journal of Bioresource Technology* 99: 4105-11.
- Dufossé L, Broise DLB, Guerard F. 2001. Evaluation of nitrogenous substrates such as peptones from fish: A new methode on gompertz modeling of microbial growth. *Current Microbiology* 42: 32-9.
- Laoli B, Sukirno, Edison. 2015. Ekstraksi pepton dari limbah pengolahan ikan cunang (*Congresox talabon*) sebagai nutrisi pada medium pertumbuhan mikroorganisme. Riau (ID): Universitas Riau.
- Nurhayati T, Desniar, Suhandana M. 2013. Pembuatan pepton secara enzimatik menggunakan bahan baku jeroan ikan tongkol. *JHPI* 16(1): 1-11.

### 2.3. Pemanfaatan Jeroan Ikan menjadi Kecap Ikan

Kecap ikan merupakan salah satu produk bahan makanan hasil olahan melalui proses fermentasi yang dibuat dari ikan maupun limbah ikan (lambung/organ jeroan), mempunyai rasa dan bau yang khas serta daya simpannya lama (Widyastuti *et al.* 2014).

Menurut data statistik perikanan tangkap Indonesia tahun 2010, kecap ikan merupakan proses pengolahan ikan yang paling sedikit dilakukan oleh para pengolah hasil perikanan dibandingkan fermentasi yang lain, karena selama tahun 2010 produksi kecap ikan hanya sebesar 266 ton (Widyastuti *et al.* 2014).

Teknik pembuatan kecap ikan secara fermentasi dengan menggunakan garam telah lama dikenal. Kadar garam yang digunakan selama proses fermentasi adalah 20 – 30% yang merupakan senyawa pengontrol (Purwaningsih & Nurjanah 1995).



Gambar 9 Produk kecap ikan komersial

Sumber: [www.imgrum.net](http://www.imgrum.net)

Perubahan kecap ikan secara fermentasi bergaram ini membutuhkan waktu yang lama (4 - 12 bulan). Cara lain yang dapat dilakukan untuk mengatasi pembuatan kecap ikan yang membutuhkan proses fermentasi lama yaitu dengan proses enzimatik dengan menggunakan enzim papain, bromelin dan ficin (Basmal 1974 dalam Purwaningsih & Nurjanah 1995).

Menurut Timoryana (2007), pembuatan kecap ikan secara spontan memiliki beberapa kelebihan, yaitu proses pengolahan yang tidak mahal, menghasilkan bahan buangan dalam jumlah kecil, teknik pembuatannya sederhana, daya simpan panjang, mempunyai cita rasa dan aroma yang khas.

### 2.3.1. Proses Pembuatan Kecap Ikan

#### A. Fermentasi

Bahan utama yang digunakan adalah isi rongga perut ikan serta garam. Bahan lain di antaranya akuades, kalium khromat, AgNO<sub>3</sub>, kantong plastik. Proses pembuatan dapat mengacu pada penelitian Widyastuti *et al.* (2014) sebagai berikut:

- Bahan baku dipotong kecil dengan ukuran 1 - 2 cm selanjutnya dicuci bersih. Bahan baku selanjutnya dicampur garam dengan kadar 25% dari berat total.
- Campuran bahan baku dan garam dimasukkan ke dalam toples, ditutup rapat dan difermentasi 45 hari dengan suhu ruang ( $\pm 29^{\circ}\text{C}$ ), kemudian disterilisasi dengan *autoclave*.
- Hasil sterilisasi kemudian disaring dalam 4 tahap. Hasil penyaringan kemudian di *centrifuge* pada kecepatan 500 rpm selama 15 menit. Supernatan dipisahkan dengan padatan.

#### B. Kombinasi Enzimatik dan Fermentasi

Pembuatan kecap secara enzimatik mempunyai beberapa keuntungan, antara lain:

- Membutuhkan waktu yang lebih singkat. Subroto *et al.* (1985) telah melakukan penelitian pembuatan kecap ikan secara enzimatik dan ternyata proses pembuatannya dapat dipersingkat menjadi 3 hari.



- Nilai proteinnya lebih tinggi. Muliati (1985), telah menganalisis kadar protein kecap ikan secara hidrolisis enzimatis dan kecap ikan ternyata mempunyai kadar protein rata-rata lebih tinggi, yaitu 10,52 g/100 mL, sedangkan kecap fermentasi hanya 2,14 g/100 mL.

Proses pembuatan kecap ikan dari isi perut ikan dengan kombinasi enzimatis dan fermentasi dapat mengacu pada penelitian Purwaningsih dan Nurjanah (1995). Proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

- Isi perut (lambung dan usus) ikan disiangi dan dicuci sampai bersih. Jeroan yang telah dicacah dicampur garam dengan menggunakan konsentrasi 20% kemudian ditambahkan enzim papain dengan konsentrasi 3%.
- Campuran lalu dimasukkan ke dalam wadah tertutup dan dihidrolisa selama 4 hari dengan suhu inkubasi 65 °C. Cairan hidrolisa tersebut difermentasi selama satu bulan dengan *starter* sebanyak 5% (b/b).

### 2.3.2. Karakteristik Kecap Jeroan Ikan

Kandungan nutrisi kecap ikan yang dihasilkan dari jeroan ikan dipengaruhi oleh konsentrasi garam (fermentasi dan enzimatis) (Purwaningsih & Nurjanah 1995; Widyastuti *et al.* 2014) dan konsentrasi enzim yang digunakan (enzimatis) (Purwaningsih & Nurjanah 1995).

#### A. Karakteristik Kecap Jeroan Ikan Fermentasi

- Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti *et al.* (2014) yang menggunakan teknik fermentasi, penggunaan konsentrasi garam yang berbeda dalam pengolahan kecap ikan dari isi perut ikan manyung menyebabkan pengaruh yang nyata terhadap kadar garam, persentase rendemen, serta nilai hedoniknya.
- Semakin tinggi penambahan konsentrasi garam, maka semakin tinggi kadar garam, persentase rendemen dan nilai hedoniknya, tetapi semakin rendah nilai pH-nya.
- Penambahan konsentrasi garam terbaik pada pengolahan kecap ikan dari isi rongga perut ikan manyung, yaitu 25% dengan kriteria kadar garam produk (28,14%), pH (5,36), rendemen (48,54%), warna kuning kecoklatan dan disukai panelis dengan nilai hedonik ( $6,80 \leq \mu \leq 6,88$ ).

- Kadar garam dan nilai pH produk sudah memenuhi persyaratan kecap ikan berdasarkan SNI dan *Thai Standard Industrial Institute*.

## B. Karakteristik Kecap Jeroan Ikan Kombinasi Enzimatis dan Fermentasi

Hasil penelitian Purwaningsih dan Nurjanah (1995) mengatakan bahwa konsentrasi enzim dan konsentrasi garam hanya berpengaruh nyata terhadap nilai *free-amino nitrogen* dan kepekatan warna.

Tabel 11 Karakteristik kecap jeroan ikan dengan penambahan enzim papain

Komposisi	Sebelum fermentasi	Sesudah fermentasi
$\alpha$ -Amino nitrogen bebas (mg/100 mL)	0,65	0,71
TVB (mg/100 mL)	15,88	24,25
Total N (mg/100 mL)	1,66	1,25
pH	5,76	5,68
Kepekatan warna	0,35	0,17

Sumber: Purwaningsih & Nurjanah (1995)

## Daftar Pustaka

- Muliati T. 1986. Mempelajari proses pembuatan kecap ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) secara hidrolisis dan fermentasi [Karya Ilmiah]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Purwaningsih S, Nurjanah. 1995. Pembuatan kecap ikan secara kombinasi enzimatik dan fermentasi dari jeroan ikan tuna (*Thunnus* sp.). Buletin THP 1(1): 14-8.
- Subroto WL, Hutucly NN, Haerudin, Purnomo A. 1985. Penelitian pendahuluan kecap ikan secara hidrolisa enzimatik. Laporan Penelitian Teknologi Perikanan. Jakarta (ID): BPTP.
- Timoryana V. 2007. Studi pembuatan kecap ikan selar (*Caranx leptolepis*) dengan fermentasi spontan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Widyastuti P, Riyadi PH, Ibrahim R. 2014. Mutu kecap ikan yang terbuat dari isi perut ikan manyung (*Arius thalassinus*) dengan konsentrasi garam yang berbeda. Jurnal Saintek Perikanan 9(2): 18-23.

#### 2.4. Pemanfaatan Tulang Ikan menjadi Tepung Tulang Ikan

Tulang ikan merupakan salah satu limbah dari industri perikanan yang belum dimanfaatkan dengan baik. Tulang ikan terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik (mineral).

Menurut Jung *et al.* (2005), tulang ikan hoki (*Johnius belangerii*) mengandung bahan organik sekitar 30,54% (bk) yang terdiri dari protein 28,04%, lipid 1,94% dan karbohidrat 0,56%, sedangkan bahan mineral anorganiknya sekitar 69,46% (bk) terutama terdiri dari 59,69% kalsium (Ca) dan 35,81% fosfor (P).

Proses pengolahan ikan seperti menjadi *fillet* ikan menghasilkan limbah berupa tulang ikan. Tulang ikan merupakan salah satu hasil samping pengolahan fillet ikan, di mana rendemen fillet yang dihasilkan hanya 34 - 35% dan sisanya 65% limbah, termasuk tulang ikan (Ibrahim 2009).



Gambar 10 Tepung tulang ikan

Sumber: olx.co.id

Tulang ikan mengandung mineral kalsium yang tinggi di mana sebagian besar tulang ikan mengandung kalsium dan fosfor yang sangat dibutuhkan oleh tubuh (Apriliani 2010).

Kalsium pada ikan terutama pada tulang membentuk kompleks dengan fosfor dalam bentuk apatit atau tri-kalsium fosfat (Lovell 1989). Bentuk kompleks ini terdapat pada abu tulang yang dapat diserap dengan baik oleh tubuh yaitu berkisar 60 - 70%.

Salah satu pemanfaatan tulang ikan yaitu pengolahan menjadi tepung tulang. Pemanfaatan tepung tulang dapat dijadikan suplemen dan obat pencegah osteoporosis (Jiancong *et al.* 2010). Selain itu, tepung tulang dapat juga dimanfaatkan dalam pembuatan mie kering (Mulia 2004).

Ekstraksi kalsium dari tulang ikan dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang telah dilakukan di Jepang. Tulang ikan yang sudah dibersihkan dari sisa daging yang melekat, kemudian dipotong menjadi bagian yang lebih kecil kemudian dicuci. Deproteinasi dilakukan menggunakan alkali lemah. Setelah itu tulang dicuci dan disterilisasi, dikeringkan dan ditepungkan secara mekanik (Apriliani 2010).

Tabel 12 Komposisi gizi tepung tulang ikan produksi *International Seafood of Alaska* (ISA) dan tepung tulang ikan patin

Zat gizi	Jumlah (%)	
	ISA <sup>a</sup>	Patin <sup>b</sup>
Air	3,6	3,4
Lemak	5,6	1,4
Karbohidrat	23,5	14,9
Protein	34,2	16,9
Abu	33,1	63,4
Kalsium	11,9	25,5

Sumber: a) Tababaka (2006); b) Mulia (2004) dalam Asni (2004)

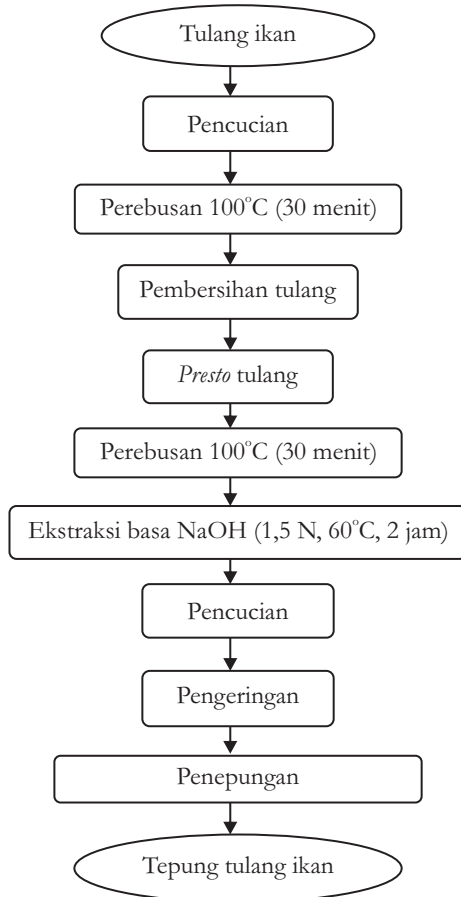
#### 2.4.1. Proses Pembuatan Tepung Tulang Ikan

Proses pembuatan tepung tulang ikan dapat mengacu pada Anggorodi (1985) dalam Lestari (2001), tepung tulang ikan dapat diperoleh melalui tiga proses, yaitu:

1. Pengukusan: Tulang ikan dikukus kemudian dikeringkan dan digiling untuk menghasilkan tepung tulang ikan.
2. Pemasakkan dengan uap di bawah tekanan: Tulang dimasak dengan tekanan kemudian diarangkan dalam bejana tertutup, sehingga didapatkan tulang ikan dalam bentuk remah dan dapat digiling menjadi tepung.
3. Abu tulang ikan yang diperoleh dari pembakaran tulang ikan.

Sedangkan menurut Putranto *et al.* (2015) yang membuat tepung tulang ikan dari ikan belida, proses pembuatan tepung ikan yaitu sebagai berikut:

- a) Pencucian
  - Tulang ikan dicuci dan ditiriskan lebih dahulu sebelum digunakan.
- b) Perebusan tulang
  - Tulang ikan yang telah dicuci dan dibersihkan dimasukkan ke dalam panci aluminium pada saat suhu air mencapai 80 °C. Tulang ikan direbus selama 30 menit. Perebusan awal ini dilakukan untuk mempermudah pembersihan tulang ikan dari daging ikan, darah dan lemak yang masih menempel pada tulang ikan.
- c) Pembersihan
  - Tulang yang telah direbus kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan daging-daging ikan yang masih menempel pada tulang ikan sampai cukup bersih.
- d) Proses *presto*
  - Proses *presto* merupakan proses pemasakkan menggunakan panci bertekanan (panci *presto*) yang dapat mempercepat lama waktu pemasakkan dibandingkan tanpa menggunakan panci *presto*.
  - Proses *presto* ini berfungsi untuk menghilangkan lemak yang terdapat pada tulang serta mendenaturasi protein. Selain itu, proses *presto* juga bertujuan untuk mengempukkan tulang ikan, sehingga mempermudah proses penepungan.
- e) Proses perebusan
  - Setelah tulang ikan *dipresto*, maka dilanjutkan dengan proses perebusan dengan lama perebusan selama 30 menit. Perebusan tulang ikan dilakukan dengan cara mendidihkan 2 liter air dalam panci aluminium dengan suhu 100 °C.
  - Selanjutnya, tulang ikan dimasukkan dan dibiarkan selama 30 menit. Setelah direbus selama 30 menit, tulang ikan segera diangkat dan ditiriskan.



Gambar 11 Alur proses pembuatan tepung tulang ikan

Sumber: Putranto *et al.* (2015)

a) Ekstraksi Basa NaOH

- Proses ekstraksi basa NaOH adalah proses perendaman tulang ikan di dalam larutan NaOH 1,5 N selama 2 jam pada suhu 60 °C untuk masing-masing perlakuan. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan protein.

b) Pencucian

- Tulang ikan ditempatkan pada kain saring, selanjutnya dibilas menggunakan air mengalir. Proses ini bertujuan untuk menetralkan pH tulang ikan.

c) Pengeringan

- Tulang ikan belida (*Chitala* sp.) selanjutnya diletakkan di atas *tray* yang telah dilapisi terlebih dahulu dengan lembaran *aluminium foil*. Tulang ikan tersebut dikeringkan menggunakan oven pengering selama 48 jam pada suhu 65 °C.

d) Penepungan

- Tepung tulang ikan yang telah kering dihaluskan menggunakan *blender* dan diayak menggunakan ayakan tepung.

#### 2.4.2. Karakteristik Tepung Tulang Ikan

Karakteristik tepung tulang ikan yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh cara pembuatan (Anggorodi 1985), jenis ikan yang digunakan (Thalib 2009), serta perlakuan dalam proses pembuatan seperti lama proses *presto* dan frekuensi perebusan (Trilaksani *et al.* 2006; Putranto *et al.* 2015).

Tepung tulang yang diperoleh dengan pengukusan mutunya lebih rendah karena kandungan gelatinnya yang tinggi (Anggorodi 1985). Tepung tulang yang diperoleh dengan cara pemasakkan dengan tekanan dan pengeringan rata-rata mengandung 30,14% kalsium dan 14,53% fosfor.

Tepung tulang yang diperoleh dengan pengukusan akan kehilangan protein. Selain itu kandungan fosfor dan kalsiumnya rendah. Komposisi tepung tulang tersebut terdiri dari 26% protein, 5% lemak, 22,96% kalsium dan 14,25% fosfor (Morrison 1958 dalam Tababaka 2004).

Jenis ikan yang digunakan sebagai bahan baku juga bisa menyebabkan komposisi kandungan dari tepung tulang ikan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Thalib (2009), nilai derajat putih tepung tulang ikan madidihang memiliki nilai derajat putih yang lebih kecil dibandingkan dengan tepung tulang dari ikan tuna.

Karakteristik tepung tulang ikan yang dihasilkan dari proses pembuatan juga dapat dipengaruhi oleh lama proses *presto* tulang serta frekuensi perebusan (Trilaksani *et al.* 2006; Putranto *et al.* 2015).



Trilaksani *et al.* (2006) menggunakan perlakuan lama proses *presto/ autoclaving* (1, 2 dan 3 jam) serta frekuensi perebusan (1, 2 dan 3 kali) mendapatkan hasil bahwa semakin lama proses *presto* dan semakin tinggi frekuensi perebusan menurunkan rendemen, kadar air, lemak, protein dan pH tepung tulang ikan. Sebaliknya kadar abu, derajat putih, kalsium dan fosfor pada tepung cenderung meningkat akibat perlakuan tersebut.

Selain itu juga didapatkan bahwa penggunaan tepung tulang ikan tuna sebagai sumber kalsium dalam tubuh tidak optimal dengan pemanfaatan tepung tulang secara langsung.

Penggunaan tepung tulang ikan diduga akan menghasilkan penyerapan kalsium lebih besar, jika tepung difortifikasi ke dalam bahan makanan yang lain terutama yang memiliki kandungan asam amino lisin dan arginin, serta laktosa yang tinggi, disertai asupan vitamin D yang seimbang (Trilaksani *et al.* 2006).

Hasil serupa juga didapatkan pada penelitian Aprilianto *et al.* (2010) yang menggunakan ikan belida sebagai bahan baku pembuatan tepung tulang. Meningkatnya lama proses *presto* akan menurunkan rendemen, kadar air dan kadar protein. Sebaliknya kadar abu dan kadar kalsium cenderung meningkat.

Tabel 13 Hubungan antara lama proses *presto* dan frekuensi perebusan terhadap mutu tepung tulang

Parameter	Presto 2 jam		Presto 3 jam	
	A	B	A	B
Rendemen (%)	63,66	47,43	27,78	27,77
Kadar air (%)	3,99	3,84	3,3	3,12
Kadar protein (%)	14,25	11	0,22	0,26
Kadar lemak (%)	0,5	0,38	0,86	0,91
Kadar abu (%)	76,79	80,02	88,52	88,13
Kadar kalsium (%)	29	27,67	28,84	30,93

Keterangan: A: 1 kali perebusan; B: 2 kali perebusan

Sumber: Aprilianto *et al.* (2010)

Berdasarkan hasil penelitian ini disimpulkan bahwa perlakuan lama proses *presto* 3 jam dan perebusan 2 kali merupakan perlakuan terbaik untuk menghasilkan tepung tulang ikan belida (*Chitala* sp.) dengan kadar kalsium tertinggi yaitu sebesar 30,93% dengan rendemen sebesar 27,77%. Karakteristik kimiawi tepung tulang yang dihasilkan pada perlakuan terbaik meliputi kadar air 3,12%, kadar protein 0,26%, kadar lemak 0,91%, dan kadar abu 88,13% (Aprilianto *et al.* 2015).

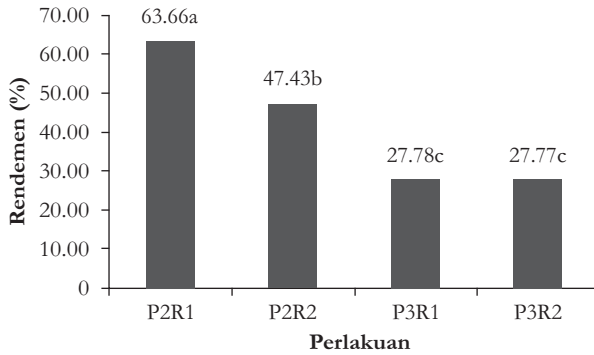
### **2.4.3. Pemanfaatan Tepung Tulang Ikan**

Tepung tulang yang dihasilkan dari tulang ikan dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan makanan. Penelitian yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan tepung tulang ikan sebagai campuran bahan makanan, di antaranya seperti *cone* es krim (Aprilliani 2010), biskuit (Asni 2004), kerupuk (Tababaka 2004) dan makron kenari (Thalib 2009).

#### **2.4.3.1. Pemanfaatan Tepung Tulang Ikan dalam Pembuatan Cone Es Krim**

Penggunaan tepung tulang ikan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *cone* es krim dilakukan oleh Aprilliani (2010). Tepung tulang ikan yang digunakan yaitu tepung tulang ikan yang berasal dari ikan patin. Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan *cone* es krim yaitu: sagu, tepung terigu, tepung tulang ikan, garam dapur, lesitin dan soda kue. Proses pembuatannya adalah sebagai berikut (Aprilliani 2010):

- Sagu, tepung terigu, tepung tulang ikan, garam dapur, lesitin dan soda kue dicampur menjadi satu. Setelah itu, adonan tersebut diaduk dengan ditambahkan air.
- Kemudian adonan tersebut dimasukkan ke dalam cetakan dan dipanggang hingga dihasilkan *cone* es krim. Proses pembuatan *cone* es krim dapat dilihat pada Gambar 13.



Keterangan:

P2R1: Pemrestoan 2 jam perebusan 1 kali    P3R1: Pemrestoan 3 jam perebusan 1 kali

P2R2: Pemrestoan 2 jam perebusan 2 kali    P3R2: Pemrestoan 3 jam perebusan 2 kali

Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan ada beda nyata ( $P > 0,05$ )

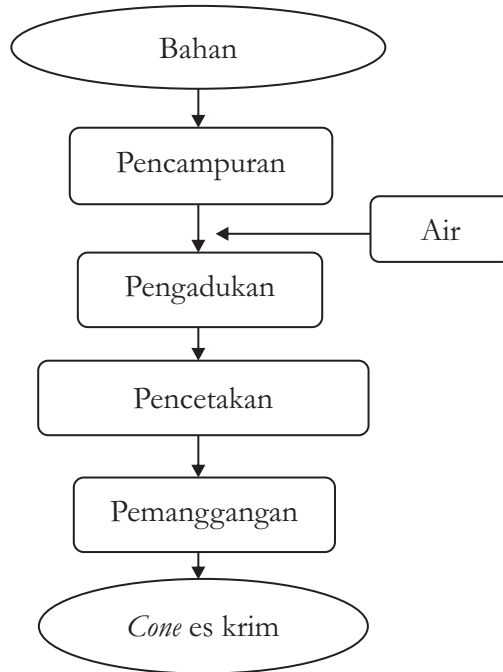
Gambar 12 Histogram lama waktu proses *resto* dan frekuensi perebusan terhadap rendemen tepung tulang ikan belida

Sumber: Aprilianto *et al.* (2010)

#### 2.4.3.2. Karakteristik *Cone* Es Krim Tepung Tulang Ikan

Karakteristik *cone* es krim yang dihasilkan dengan penambahan tepung tulang ikan dipengaruhi oleh konsentrasi tepung tulang ikan yang ditambahkan ke dalam adonan *cone* es krim.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aprilliani (2010) didapatkan konsentrasi tepung tulang ikan patin yang terbaik dalam pembuatan *cone* yaitu 25% dengan nilai pembobotan 5,95; waktu menopang es krim modern dan tradisional selama 25 menit; derajat pengembangan 1,13%; nilai kekerasan pada 609,375 gf; total mikroba  $3,0 \times 10^2$  koloni/g.



Gambar 13 Proses pembuatan *cone* es krim dengan penambahan tepung tulang ikan

Kemampuan *cone* es krim dengan penambahan tepung tulang ikan lebih mampu menahan es krim lebih lama bila dibandingkan dengan *cone* es krim dengan penambahan tepung karagenan (Asni 2004). Hasil penelitian Asni (2004), menyebutkan bahwa *cone* es krim dengan penambahan tepung karagenan hanya mampu menopang es krim selama 11 menit.

*Cone* es krim yang ditambahkan dengan tepung tulang ikan memiliki tingkat kerenyahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *cone* es krim tanpa tepung tulang ikan; hal ini dapat dilihat pada tingkat kekerasan yang dimiliki. Kekerasan *cone* es krim dipengaruhi oleh tepung terigu yang digunakan. Semakin tinggi penambahan tepung tulang ikan, maka semakin sedikit kandungan tepung terigu yang ditambahkan (Asni 2004).

Tabel 14 Ketahanan *cone* terhadap es krim modern dan tradisional

Konsentrasi tepung tulang ikan	Waktu (menit)	
	Es krim tradisional	Es krim modern
0	11	15
5	15	19
10	19	20
15	19	20
20	20	20
25	25	25

Sumber: Aprilliani (2010)

Hal ini sesuai dengan pernyataan Matz (1978) bahwa tingginya kandungan amilosa dari tepung yang digunakan akan menyebabkan tekstur yang keras dan penampakan yang kasar.

Penambahan tepung tulang ikan patin pada *cone* es krim juga memberikan peningkatan kadar kalsium dan protein. *Cone* es krim terbaik memiliki kadar kalsium 1,035 %, dan protein 0,81%, sedangkan jumlah kalsium dan protein pada *cone* es krim tanpa penambahan tepung tulang ikan patin sebesar 0,11% dan 0,81% (Aprilliani 2010).



Gambar 14 *Cone* es krim komersial

Sumber: [www.icecreamed.com](http://www.icecreamed.com)

Tabel 15 Karakteristik fisika-kimia *cone* es krim dengan penambahan tepung tulang ikan

Karakteristik	Konsentrasi	
	0%	25%
Kekerasan (gf)	959,375	609,375
Derajat pengembangan	0,17	1,13
Jumlah mikroba (koloni/g)	7,7x10 <sup>3</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>
Kadar air (%)	3,41±0,47	2,57±0,29
Protein (%)	0,81±0,97	2,42±0,01
Lemak (%)	1,57±0,02	1,52±0,07
Abu (%)	1,09±0,01	2,08±0,01
Kalsium (%)	0,11±0,00	1,03±0,00
Karbohidrat (%)	93,09±0,45	91,41±0,31

Sumber: Aprilliani (2010)

### 2.4.3.3. Penggunaan Tepung Tulang Ikan dalam Pembuatan Biskuit

Pemanfaatan tepung tulang ikan sebagai bahan campuran dalam pembuatan biskuit dilakukan oleh Asni (2004) menggunakan tepung tulang ikan patin dan Mahmudah (2013) menggunakan tepung tulang ikan lele dumbo. Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan biskuit yaitu tepung terigu, tepung maizena, margarin, gula halus, telur, *baking powder*, vanili, *roomboter*, susu bubuk dan *chocolate chip* (Asni 2004).

Proses pembuatan biskuit dengan penambahan tepung tulang ikan sebagai berikut (Asni 2004):

- Margarin, *roomboter* dan gula halus dicampurkan lalu di *mixer* sampai rata kemudian masukan vanila dan *baking powder* sampai mengembang.
- Telur ditambahkan ke dalam adonan dan diaduk hingga merata kemudian dimasukkan tepung terigu, tepung tulang ikan, tepung maizena, pewarna, susu bubuk lalu diaduk dengan tangan.
- Setelah adonan terbentuk, lalu dicetak dan dipanggang pada suhu 160 °C selama 15 menit. Proses pembuatan biskuit dapat dilihat pada Gambar 14.

#### 2.4.3.4. Karakteristik Biskuit dengan Tepung Tulang Ikan

Berdasarkan penelitian Asni (2004) yang menambahkan tepung ikan ke dalam adonan biskuit dengan konsentrasi 0, 25, 50, 75 dan 100% dari kadar tepung terigu, didapatkan biskuit yang paling disukai dengan uji organoleptik adalah biskuit dengan konsentrasi tepung tulang ikan 50%.

Berdasarkan penelitian ini, biskuit dengan penambahan 50% mempunyai nilai rata-rata warna dan penampakan yang terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Karakteristiknya yaitu berwarna coklat, tidak terasa ikan, penampakan cemerlang dan renyah. Hasil uji organoleptik dapat dilihat pada Tabel 16.

Asni (2004) yang juga melakukan uji pengaruh penyimpanan biskuit dalam kemasan (Penyimpanan 7, 14, 21, 28 hari) terhadap karakteristik biskuit didapatkan bahwa lama penyimpanan mempengaruhi nilai TPC, pH, asam lemak bebas dan kadar air. Nilai asam lemak bebas, kadar air dan pH akan meningkat sedangkan nilai TPC akan mengalami penurunan (Tabel 17).

Tabel 16 Hasil uji organoleptik biskuit ikan

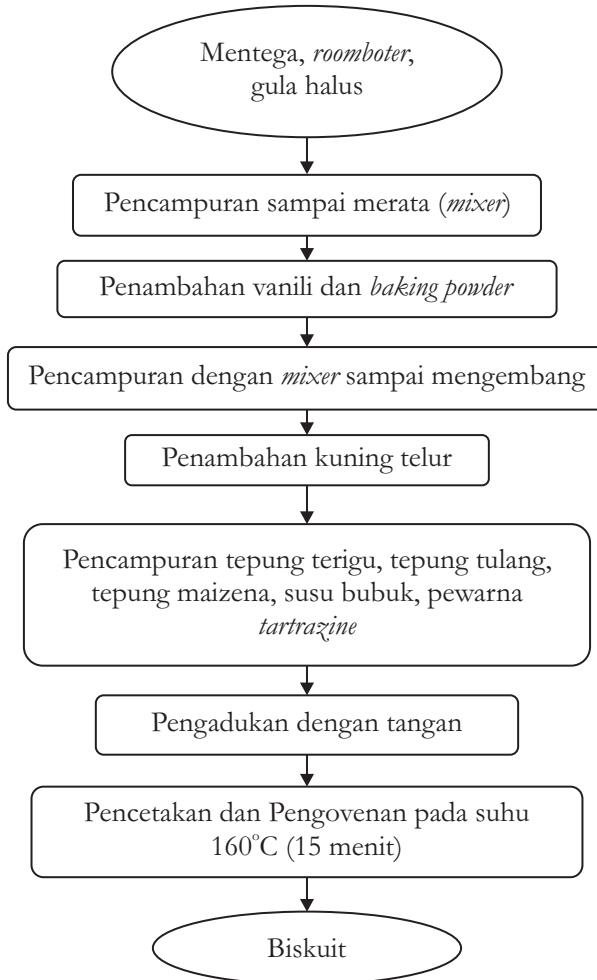
Perlakuan	Warna	Bau	Penampakan	Rasa	Kerenyahan
0%	2,55	3,6	2,3	3,5	3,95
25%	3,25	3,85	2,75	3,35	3,3
50%	3,35	3,55	2,55	3,4	4,1
75%	3,95	3,6	2,95	3,45	4,1
100%	4,4	3,65	3,55	3,1	3,8

Sumber: Asni (2004)

Tabel 17 Karakteristik biskuit ikan dengan penyimpanan 7 hari dan 28 hari

Karakteristik	Waktu penyimpanan	
	7 hari	28 hari
Abu	11,07	11,37
Protein	6,48	6,59
Lemak	48,49	48,95
Karbohidrat	32	30,54
Kalsium (g/100 g sampel)	2,2	2,3
Kekerasan (kg/mm/g sampel)	0,65	0,82
TPC (koloni/g sampel)	$2,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^2$

Sumber: Asni (2004)



Gambar 15 Proses pembuatan biskuit dengan penambahan tepung tulang ikan

Sumber: Asni (2004)

Penilaian panelis terhadap kerenyahan biskuit ikan selama penyimpanan 4 minggu mengalami penurunan, sedangkan penilaian terhadap rasa, penam-pakan dan warna cenderung meningkat.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kadar abu, protein, lemak, kekerasan dan kalsium tidak dipengaruhi oleh lama penyimpanan. Nilai kadar abu, protein, lemak, kekerasan dan kalsium selama penyimpanan 4 minggu meningkat sedangkan kadar karbohidrat menurun.



Produk biskuit ikan dengan perlakuan 50% tepung ikan selama penyimpanan 4 minggu masih layak dikonsumsi. Hasil ini didukung oleh hasil yang diperoleh dari kadar air yaitu 1,9 - 3,06% yang masih memenuhi standar mutu biskuit (Asni 2004).

Penelitian lain yang dilakukan oleh Mahmudah (2010) menggunakan tepung ikan lele didapatkan bahwa kadar kalsium biskuit meningkat dengan meningkatnya konsentrasi tepung ikan lele. Kekerasan biskuit tertinggi didapat pada substitusi 10% tepung tulang ikan lele dengan nilai kekerasan 33,79 N (Tabel 18).

Dari hasil ini dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh variasi substitusi tepung tulang ikan lele terhadap kekerasan biskuit dan tidak terdapat pengaruh variasi substitusi tepung tulang ikan lele terhadap daya terima biskuit.

Tabel 18 Pengaruh konsentrasi tepung tulang lele terhadap kekerasan dan kadar kalsium biskuit

Perlakuan	Kekerasan (Newton)	Kalsium (%)
0%	20,89	4,00
10%	33,79	6,72
20%	16,57	7,59
30%	20,45	10,15

Sumber: Mahmudah (2010)

#### 2.4.3.5. Pemanfaatan Tepung Tulang Ikan sebagai Bahan Tambahan Kerupuk

Pemanfaatan tepung tulang ikan sebagai bahan pembuat kerupuk dilakukan oleh Tababaka (2004). Tepung tulang ikan yang digunakan merupakan tepung tulang ikan yang dibuat dari tulang ikan patin. Proses pembuatan kerupuk dengan tepung tulang ikan berdasarkan penelitian Tababaka (2004) adalah sebagai berikut:

- Tepung tapioka 25% dicampur dengan garam dapur beryodium 4%, gula 2% dan bawang putih 3% yang telah dilarutkan dengan air 40%. Campuran kemudian dipanaskan sampai tergelatinisasi sebagian. Setelah dingin, adonan ditambahkan tepung tulang ikan 30% dan dihomogenkan.

- Pengadonan dilanjutkan dengan penambahan sisa tepung tapioka sedikit demi sedikit dan penambahan air sebanyak 30%. Adonan tersebut diletakkan dalam loyang dan dikukus 90 menit, selanjutnya didinginkan dan dimasukkan dalam *refrigerator* selama 18 jam.
- Adonan diiris setebal 1 - 3 mm dan selanjutnya dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 hari. Kerupuk mentah yang sudah kering digoreng dengan minyak pada suhu 175 - 185 °C selama 25 - 60 detik. Persentase yang digunakan adalah persentase dari berat total tepung yang digunakan.

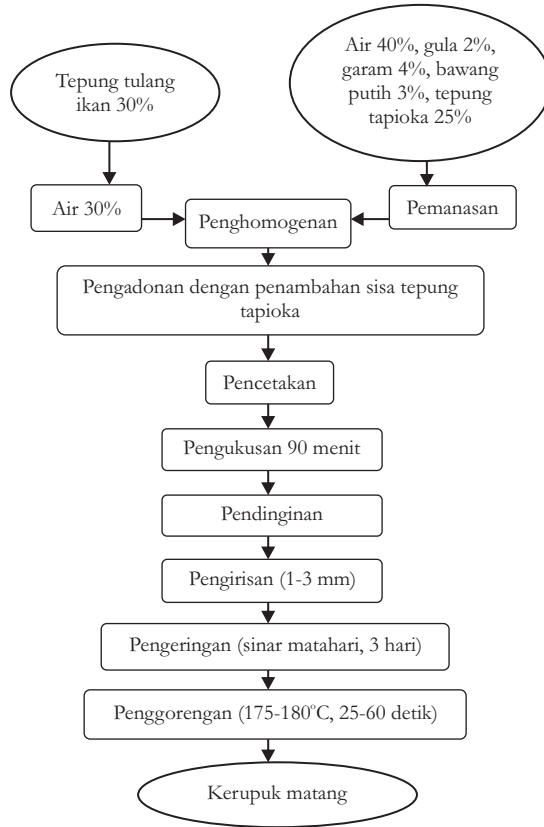
#### **2.4.3.6. Karakteristik Kerupuk Ikan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tababaka (2004), penambahan tepung tulang ikan sebanyak 30% merupakan kerupuk yang paling disukai oleh panelis berdasarkan uji organoleptik yang dilakukan di antara kerupuk yang ditambahkan tepung tulang ikan dengan konsentrasi 0, 10, 20 dan 30%.

Kandungan gizi kerupuk cenderung meningkat dengan adanya penambahan tepung tulang ikan patin. Penambahan tepung tulang ikan patin 30% berpengaruh nyata terhadap kadar abu, lemak, kalsium dan protein kerupuk mentah dan kerupuk matang.

Hasil uji fisik yang didapat juga menunjukkan bahwa penambahan tepung tulang ikan 30% menurunkan volume pengembangan dan meningkatkan kekerasan kerupuk. Pengembangan kerupuk berkaitan dengan gelatinisasi pati yang dapat menyebabkan molekul air menyusup di antara polimer pati (Binawan 1993 dalam Tababaka 2004).

Adanya penambahan tepung tulang ikan menyebabkan semakin sedikitnya tepung tapioka sehingga sumber pati di dalam kerupuk berkurang (Tababaka 2004).



Gambar 16 Proses pembuatan kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan

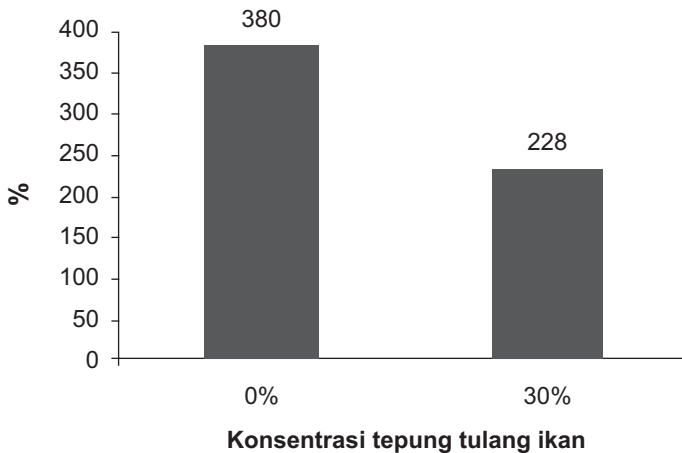
Sumber: Tababaka (2004)

Tabel 19 Hasil analisis kimia kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan 30% dan 0%

Parameter (%)	Kerupuk mentah		Kerupuk matang	
	0%	30%	0%	30%
Air	8,7	8,58	1,57	2,52
Protein	0,81	5,49	0,53	4,23
Lemak	0,21	0,33	31,17	31,98
Abu	3,25	20,57	1,76	16,23
Karbohidrat	87,92	65	65,77	45,04
Kalsium	0,06	6,77	0,05	5,36

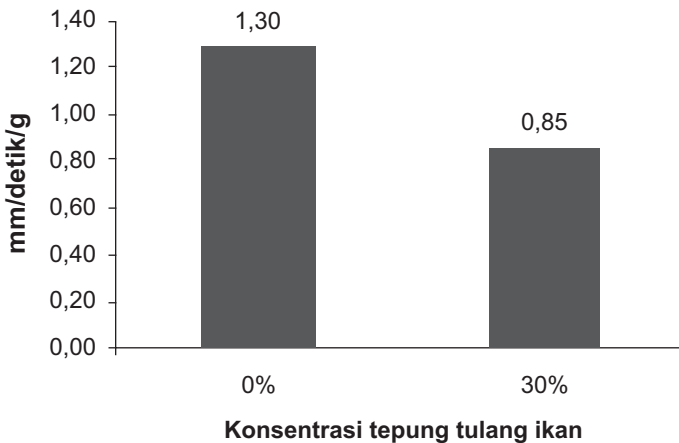
Sumber: Tababaka (2004)

Kandungan kalsium kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan 30% adalah 5,4%. Berdasarkan kandungan tersebut, kerupuk dengan penambahan tepung tulang ikan 30% hanya memerlukan 15 g kerupuk matang untuk memenuhi angka kecukupan gizi kalsium 800 mg/hari (Widya Karya Pangan dan Gizi 1998 dalam Tababaka 2004).



Gambar 17 Grafik hubungan konsentrasi tepung tulang ikan terhadap persentase pengembangan kerupuk

Sumber: Tababaka (2004)



Gambar 18 Grafik hubungan konsentrasi tepung tulang ikan terhadap tingkat kekerasan kerupuk

Sumber: Tababaka (2004)

## Daftar Pustaka

- Aprilliani IS. 2010. Pemanfaatan tepung tulang ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) pada pembuatan *cone* es krim. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Asni Y. 2004. Studi pembuatan biskuit dengan penambahan tepung tulang ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ibrahim SM. 2009. Evaluation of production and quality of salt-biscuits supplemented with Fish Protein Concentrate. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 4(1): 28-31.
- Lestari S. 2001. Pemanfaatan tulang ikan tuna (limbah) untuk pembuatan tepung tulang [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mahmudah S. 2013. Pengaruh substitusi tepung tulang ikan lele (*Clarias batrachus*) terhadap kadar kalsium, kekerasan, dan daya terima biskuit. *Jurnal Publikasi. Surakarta* (ID): Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mulia. 2004. Kajian potensi limbah tulang ikan patin (*Pangasius* sp.) sebagai alternatif sumber kalsium dalam pembuatan mie kering [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tababaka R. 2004. Pemanfaatan tepung tulang ikan patin (*Pangasius* sp.) sebagai bahan tambahan kerupuk. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Thalib A. 2009. Pemanfaatan tepung tulang ikan madidihang (*Thunnus albacares*) sebagai sumber kalsium dan fosfor untuk meningkatkan nilai gizi makron kenari. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Trilaksani W, Salamah E, Nabil M. 2006. Pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (*Thunnus* sp.) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 9(2): 34-45.

## 2.5. Pemanfaatan Tulang Ikan sebagai Sumber Gelatin

Ikan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gelatin. Hal ini dikarenakan pada bagian tertentu dari ikan, misalnya tulang dan kulit, terdapat kolagen yang dengan penambahan perlakuan asam atau alkali serta proses pemanasan menyebabkan kolagen tersebut dapat dikonversi menjadi gelatin (Nurilmala 2004).

Kandungan kolagen dari ikan keras (*teleostei*) berkisar dari 15 - 17%, sedangkan pada ikan bertulang rawan (*Elasmobranchi*) berkisar antara 22 - 24% (Nurilmala 2004).

Ekstraksi gelatin dari tulang ikan merupakan usaha pemanfaatan limbah industri pengolahan ikan yaitu dari industri pengalengan dan filet. Selama ini tulang ikan sebagai limbah belum dimanfaatkan secara optimal, yaitu hanya digunakan untuk bahan pembuatan pakan atau pupuk sehingga nilai ekonomisnya sangat kecil.

Selain itu, pemanfaatan tulang ikan sebagai bahan baku gelatin merupakan pengolahan bersih (*cleaner production*) dari pengolahan ikan. Produksi bersih merupakan konsep pengolahan untuk mengurangi dampak terhadap pencemaran lingkungan (Junianto *et al.* 2006).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengekstraksi gelatin dari tulang ikan dari beberapa jenis ikan seperti ikan nila (Junianto *et al.* 2006; Haris 2008), ikan tuna (Nurilmala 2006), ikan bandeng (Marzuki *et al.* 2011), ikan lele dumbo (Iqbal *et al.* 2015) maupun ikan kakap (Mulyani *et al.* 2013).

Pada prinsipnya proses pembuatan gelatin dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu proses asam dan proses basa. Perbedaan kedua proses ini terletak pada proses perendamannya. Berdasarkan kekuatan ikatan kovalen silang protein dan jenis bahan yang diekstrak, maka penerapan jenis asam maupun basa organik dan metode ekstraksi lainnya seperti lama hidrolisis, pH, dan suhu akan berbeda-beda (Pelu *et al.* 1998). Proses produksi utama gelatin dibagi dalam tiga tahap: 1) tahap persiapan bahan baku antara lain penghilangan komponen non kolagen dari bahan baku, 2) tahap konversi kolagen menjadi gelatin, dan 3) tahap pemurnian gelatin dengan penyaringan dan pengeringan (Hinterwaldner 1977).

### 2.5.1. Proses Pembuatan Gelatin dari Tulang Ikan

Proses pembuatan gelatin dari tulang ikan dapat dilakukan sesuai dengan penelitian (Junianto *et al.* 2006). Bahan baku yang digunakan pada pembuatan gelatin dari tulang ikan adalah tulang ikan dan akuades (Haris 2008). Tahapan proses pembuatan gelatin dari tulang ikan sebagai berikut (Junianto *et al.* 2006):

#### a. *Degreasing*

- Tulang-tulang dibersihkan dari sisa-sisa daging dan lemak yang masih menempel (*degreasing*) dengan cara direndam dalam air mendidih selama 30 menit sambil diaduk-aduk. Selanjutnya tulang ditiriskan dan dipotong kecil-kecil (3 - 5 cm) untuk memperluas permukaan.

#### b. Demineralisasi

- Bahan baku yang telah bersih itu kemudian direndam dengan larutan HCl dalam wadah plastik tahan asam selama 48 jam sampai terbentuk *ossein*. *Ossein* adalah tulang yang lunak. *Ossein* dicuci dengan menggunakan air suling sampai pHnya netral (6 - 7).

#### c. Ekstraksi

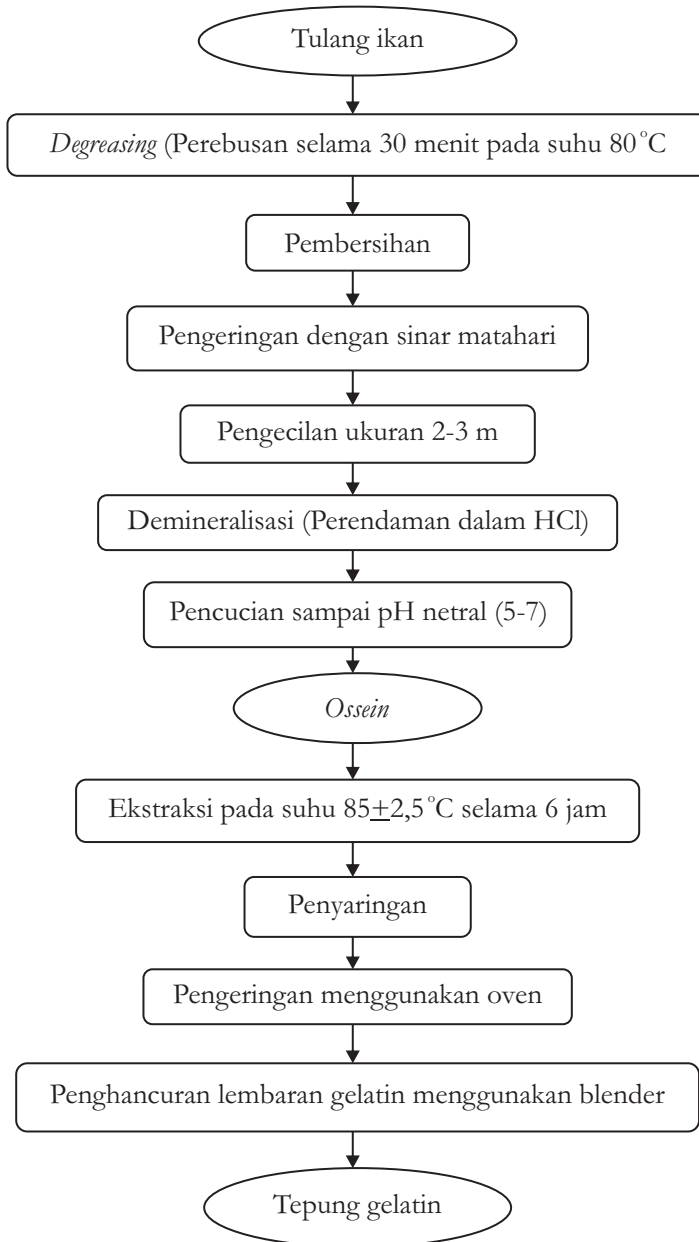
*Ossein* yang ber-pH netral tersebut dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan ditambahkan akuades, perbandingan *ossein* dengan akuades adalah 1 : 3 (b/b). Setelah itu diekstraksi dalam *waterbath* pada suhu 90 °C selama 7 jam kemudian disaring. Hasil saringan dipekatkan dengan *evaporator*.

#### d. Pengeringan

Cairan pekat gelatin yang diperoleh dari penguapan dengan *evaporator* itu dituang ke dalam pan aluminium yang dialasi plastik untuk dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 24 jam. Setelah cairan pekat gelatin tersebut kering, kemudian digiling.

### 2.5.2. Karakteristik Gelatin dari Tulang Ikan

Karakteristik dari gelatin tulang ikan ditentukan oleh sifat fisika dan kimia dari gelatin. Sifat fisika merupakan sifat fungsional dari gelatin yang meliputi rendemen, viskositas, kekuatan gel, titik gel, titik leleh,



Gambar 19 Skema alur proses pembuatan gelatin dari tulang ikan

Sumber: Haris (2008)





Gambar 20 Limbah tulang ikan

Sumber: Haris (2008)

aktivitas dan stabilitas emulsi serta derajat putih. Sedangkan sifat kimia meliputi pH, kadar air, kadar abu, kadar lemak, protein, titik isoelektrik protein dan asam amino (Azwar 2008).

Sifat fisika dan kimia gelatin dipengaruhi oleh konsentrasi pelarut yang digunakan (Nurilmala *et al.* 2006; Karlina & Atmaja 2010; Iqbal *et al.* 2015), suhu ekstraksi (Nurimala *et al.* 2006) dan lama perendaman (Arima & Fithriyah 2015; Iqbal *et al.* 2015). Beberapa penelitian mengenai gelatin dari tulang ikan dan hasil yang didapat (Tabel 20). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyani *et al.* (2013) menggunakan tulang ikan kakap, didapatkan bahwa jenis asam pelarut dan konsentrasinya sangat berpengaruh terhadap hasil rendemen gelatin.

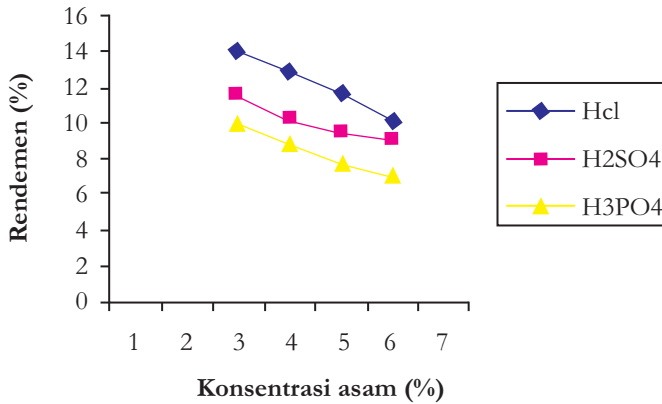
Tabel 20 Daftar penelitian mengenai gelatin dari tulang ikan

Peneliti dan bahan gelatin	Variabel	Hasil penelitian
Arima dan Fithriyah (2015) Ikan nila merah	Mengekstraksi gelatin dari ikan nila merah	Limbah tulang ikan nila merah dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gelatin karena kandungan kolagen yang dapat dihidrolisis oleh air pada suhu dan kondisi yang tepat. Hasil analisis fisika dan kimia menunjukkan bahwa gelatin dari limbah tulang ikan nila merah memenuhi standar baku mutu nasional Kolagen pada tulang ikan nila merah dapat dihidrolisis setelah demineralisasi dalam asam menjadi <i>assein</i> , dengan waktu perendaman optimal dalam HCl 5% selama 36 jam. Korelasi waktu perendaman tulang ikan nila merah (X) dengan rendemen gelatin (Y), menghasilkan persamaan $Y = -0,003X^2 + 0,254X - 4,836$ , dengan persen ralat sebesar 4,69% dan $R^2 = 0,942$
Karlina dan Atmaja (2010) Tulang rawan ikan pari	Larutan asam perendaman	Gelatin berhasil diekstrak dari tulang rawan ikan pari ( <i>Himantura gerrardi</i> ) dengan HCl 5%, $H_3PO_4$ 5%, dan $CH_3COOH$ 5% sebagai larutan perendam Rendemen gelatin terbanyak adalah perendaman HCl 5%, yaitu 13,99% Analisis FTIR menunjukkan adanya serapan gugus amida A, amida I, amida II, dan amida III pada gelatin dengan perendaman HCl 5%, $H_3PO_4$ 5%, maupun $CH_3COOH$ 5% Analisis TGA menunjukkan bahwa gelatin dengan perendaman HCl 5%, $H_3PO_4$ 5%, dan $CH_3COOH$ 5% masih mengandung air Analisis DSC menunjukkan gelatin dengan perendaman HCl 5% (kadar air 13,98%) paling cepat terdenaturasi yaitu pada temperatur 41,4 °C dengan melepas panas sebesar 0,68 W/g
Mulyani <i>et al.</i> (2013) Tulang ikan kakap	Jenis larutan asam dan konsentrasi larutan asam	Produk gelatin yang paling disukai adalah dengan penghidrolisis HCl konsentrasi 3%
Iqbal <i>et al.</i> (2015) Tulang lele dumbo	Penggunaan konsentrasi pelarut yang sesuai, lama perendaman dan konsentrasi penambahan enzim protease yang sesuai untuk memperoleh gelatin dari ekstrak tulang ikan lele	Rendemen optimum gelatin ekstrak tulang ikan lele dumbo ( <i>Clarias gariepinus</i> sp.) adalah sebesar 2,908% yang didapatkan dengan perlakuan penambahan enzim protease 0,084%, konsentrasi asam sitrat 5,875% dan lama perendaman 41,464 jam
Nurilmala <i>et al.</i> (2006) Tulang ikan tuna	Konsentrasi asam klorida	Tulang ikan tuna dapat dibuat menjadi gelatin menggunakan asam klorida dengan konsentrasi 4, 5 dan 6%, menggunakan suhu ekstraksi 80, 85 dan 90 °C

Tabel 20 Lanjutan

Peneliti dan bahan gelatin	Variabel	Hasil penelitian
Nurilmala <i>et al.</i> (2006)	Konsentrasi asam klorida	HCl 6% dengan suhu ekstraksi 80 °C merupakan kondisi terbaik
Tulang ikan tuna		
Haris (2008)	Mendapatkan gelatin dari bahan baku tulang ikan nila	Berdasarkan perlakuan yang diberikan kepada tulang ikan nila, yaitu perendaman dengan larutan HCl (4, 5, dan 6%) selama 1 dan 2 hari diperoleh gelatin dengan kisaran nilai rendemen sebesar 10,18 - 13,27%; nilai pH sebesar 3,31 - 4,01; nilai viskositas sebesar 4,80 - 6,00 centipoise (cP); dan nilai kekuatan gel berkisar antara 65,43 - 126,98 bloom
Haris (2008)	Mengetahui nilai parameter fisika dan kimia dari gelatin yang terpilih, kemudian membandingkan dengan gelatin komersial	Berdasarkan beberapa perlakuan diperoleh gelatin terpilih, yaitu perendaman larutan HCl sebesar 4% selama 2 hari
Tulang ikan nila	Mengetahui pengaruh penyimpanan pada suhu ruang terhadap derajat keasaman (pH), viskositas, dan kekuatan gel dari gelatin yang terpilih	Hasil analisis menunjukkan bahwa penyimpanan gelatin memberikan pengaruh yang signifikan $p < 0,05$ terhadap parameter pH, viskositas, dan kekuatan gel. Pada pengujian hingga minggu keempat diperoleh gelatin dengan parameter yang masih dalam standar yang aman untuk digunakan

Peningkatan konsentrasi asam dan semakin kuatnya jenis asam yang digunakan akan menyebabkan rendemen menurun. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi asam maka semakin banyak kolagen yang terhidrolisis dan terdegradasi. Hal ini menyebabkan ikatan peptid asam amino yang merupakan struktur utama kolagen mengalami degradasi (Mulyani *et al.* 2013).



Gambar 21 Hubungan jenis larutan asam dan konsentrasi asam terhadap hasil rendemen gelatin dari ikan kakap

Sumber: Mulyani *et al.* (2013)

Pada penelitian Arima dan Fithriyah (2015), penambahan waktu perendaman tulang ikan nila merah dalam HCl 5% menurunkan hasil rendemen jika direndam selama 60 jam. Hasil rendemen mula-mula meningkat hingga perendaman selama 36 jam. Setelah itu rendemen akan menurun. Pengaruh waktu perendaman demineralisasi terhadap hasil rendemen dapat dilihat pada Tabel 21.

Sifat fisika dan kimia dari gelatin tulang ikan juga ditentukan dari jenis tulang ikan. Sifat fungsional gelatin sangat penting dalam aplikasi terhadap suatu produk, karena mempengaruhi perilaku gelatin dalam makanan selama proses, penyimpanan, penyiapan dan pengkonsumsian (Kinsella 1982).

Tabel 21 Data hasil rendemen gelatin pada variabel waktu perendaman tulang ikan nila merah dalam HCl 5%

Waktu perendaman (jam)	Bobot hasil (g)	Rendemen (%)
12	3,67	7,34
24	4,66	9,33
36	5,10	10,20
48	4,78	9,56
60	4,60	9,20

Sumber: Arima dan Fithriyah (2015)

Hasil perbandingan sifat fisika-kimia gelatin tulang ikan nila, gelatin tulang ikan kakap merah, gelatin komersial dan gelatin tulang ikan patin dapat dilihat pada Tabel 22. Perbedaan sifat fisika-kimia gelatin dari tiap-tiap jenis ikan dapat disebabkan oleh perbedaan kandungan asam amino pada gelatin.

Berdasarkan Tabel 23 terlihat bahwa kandungan asam amino glisin, prolin dan hidroksprolin lebih tinggi daripada asam amino yang lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Charley (1982) yang menyatakan bahwa susunan asam amino gelatin hampir sama dengan kolagen, yaitu glisin sebagai asam amino utama (2/3) dan asam amino yang tersisa (1/3) diisi prolin dan hidroksprolin.

Menurut Astawan (2003), rendahnya kandungan asam amino glisin dan hidroksprolin pada gelatin tulang ikan dapat mengakibatkan rendahnya titik leleh gelatin, begitu juga sebaliknya.

Rendahnya nilai glisin, prolin dan hidroksprolin menyebabkan nilai kekuatan gel, titik leleh dan titik gel gelatin akan lebih rendah. Semakin besar nilai asam amino glisin, prolin dan hidroksprolin maka nilai kekuatan gel, viskositas, titik leleh dan titik gel akan semakin tinggi. Menurut Stainsby (1977) semakin panjang rantai asam amino gelatin, maka nilai viskositas dan kekuatan gel akan semakin besar.

Tabel 22 Perbandingan sifat fisika-kimia gelatin tulang ikan nila, gelatin komersial, gelatin tulang ikan kakap merah dan gelatin tulang ikan patin

Parameter	Gelatin			
	Tulang ikan nila <sup>***</sup>	Komersial*	Tulang ikan kakap*	Tulang ikan patin**
Kekuatan gel ( <i>bloom</i> )	126,98	127,2	226,8	279,1
Viskositas (cP)	6	5,67	6,73	4,17
pH	4,01	6,78	5,05	4,61
Titik gel (°C)	7	8,9	8,4	8,2
Titik leleh (°C)	29	28,5	24,6	24
Titik isoelektrik	7	8	7	8
Aktivitas emulsi	0,464	0,448	0,943	-
Stabilitas emulsi	21	10	3	-
Derajat putih (%)	25	36,93	37,63	-

Sumber: \*Hadi (2005) dalam Haris (2008); \*\*Nurimala (2004); \*\*\*Haris (2008)

### 2.5.3. Pemanfaatan Gelatin Tulang Ikan

Gelatin yang dihasilkan melalui proses ekstraksi dari tulang ikan dapat digunakan sesuai dengan gelatin komersial. Berdasarkan penelitian Junianto *et al.* (2006), gelatin dari ekstraksi tulang ikan nila, tuna dan tulang campuran ikan nila-tuna memenuhi standar sebagai bahan farmasi.

Selanjutnya pada penelitian Arima dan Fithriyah (2015) hasil analisis fisika dan kimia menunjukkan bahwa gelatin dari limbah tulang ikan nila merah memenuhi standar baku mutu nasional.

Tabel 23 Komposisi asam amino gelatin tulang ikan nila, gelatin komersial, gelatin tulang ikan kakap merah dan gelatin tulang ikan patin (g/100g protein)

Jenis asam amino	Gelatin (g/100 g protein)			
	Tulang ikan nila <sup>***</sup>	Komersial <sup>*</sup>	Tulang ikan kakap <sup>*</sup>	Tulang ikan patin <sup>**</sup>
Asam aspartat	4,43	4,93	4,7	4,53
Asam glutamat	6,54	9,43	8,85	9,3
Serin	2,78	2,18	-	2
<b>Glisin</b>	<b>23,19</b>	<b>23,01</b>	<b>21,57</b>	<b>22,97</b>
Histidin	2,04	0,03	-	0,07
Arginin	6,06	8,95	7,78	8,23
Treonin	1,99	2,87	2,66	2,55
Alanin	3,12	10,24	10,02	10,31
<b>Prolin</b>	<b>11,19</b>	<b>12,34</b>	<b>10,9</b>	<b>12,17</b>
Tirosin	4,39	0,15	0,46	0,09
Valin	1,74	1,6	1,79	1,34
Methionin	1,49	0,55	1,4	0,37
Sistein	1,43	0,07	-	0,06
Isoleusin	1,83	1,13	0,79	1,07
Leusin	1,21	-	2,23	-
Phenilalanin	3,16	1,92	1,78	2,01
Lisin	6,48	2,86	3,34	1,89
<b>Hidroksiprolin</b>	<b>12,01</b>	<b>8,74</b>	<b>6,93</b>	<b>6,25</b>

Sumber: <sup>\*</sup>Hadi (2005) dalam Haris (2008); <sup>\*\*</sup>Nurimala (2004); <sup>\*\*\*</sup>Haris (2008)

Gelatin dapat digunakan sebagai penstabil (*stabilizer*), pembentuk gel (*gelling agent*), pengikat (*binder*), pengental (*thickener*), pengemulsi (*emulsifier*), perekat (*adhesive*) dan pembungkus makanan yang bersifat dapat dimakan (*edible coating*) (Jones 1977).

Gelatin sebagai pembentuk gel mempunyai sineresis yang rendah dan mempunyai kekuatan gel antara 220 atau 225 g bloom (Jones 1977) sehingga dapat digunakan dalam pembuatan produk *jelly*. Sebagai pengemulsi, gelatin bisa diaplikasikan ke dalam sirup lemon, susu, mentega, margarin, pasta dan *mayonnaise*.

Gelatin sebagai penstabil dapat digunakan dalam pembuatan es krim dan *yoghurt*. Sebagai bahan pengikat, gelatin dapat digunakan dalam produk-produk daging (Jones 1977). Penggunaan gelatin dalam industri dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24 Penggunaan gelatin dalam industri pangan dan non pangan di dunia pada tahun 1999

Jenis industri	
Industri pangan	Industri non pangan
Konfeksionari	Industri pembuatan film
Produk <i>jelly</i>	Industri produk kapsul lunak
Industri daging	Industri cangkang kapsul
Industri susu	Industri farmasi
Produk <i>low fat</i> (margarin)	Industri teknis
<i>Food supplement</i>	

Sumber: SKW Biosystem (2001) dalam Haris (2008)

## Daftar Pustaka

- Arima IN, Fithriyah NH. 2015. Pengaruh waktu perendaman dalam asam terhadap rendemen gelatin dari tulang ikan nila merah. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015. Jakarta (ID): Universitas Muhammadiyah.
- Astawan M, Aviana T. 2003. Pengaruh jenis larutan perendaman serta metode pengeringan terhadap sifat fisik, kimia, dan fungsional gelatin dari kulit cucut. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 14(1): 7-12.
- Haris MA. 2008. Pemanfaatan limbah tulang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai gelatin dan pengaruh lama penyimpanan pada suhu ruang. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hinterwaldner R. 1977. Technology of gelatin manufacture. dalam: Ward AG dan Courts A, editor. The Science and technology of gelatin. New York (US): Academic Press.
- Iqbal M, Anam C, Ridwan AA. 2015. Optimasi rendemen dan kekuatan gel gelatin ekstrak tulang ikan lele dumdo (*Clarias gariepinus* sp.). Jurnal Teknosains Pangan 7(2): 8-13.
- Junianto, Haetami K, Maulina I. 2006. Produksi gelatin dari tulang ikan dan pemanfaatannya sebagai bahan dasar pembuatan cangkang kapsul. Laporan Penelitian. Bandung (ID): Universitas Padjajaran.
- Marzuki A, Pakki E, Zulfikar F. 2011. Ekstraksi dan penggunaan gelatin dari limbah tulang ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskal) sebagai emulgator dalam formulasi sediaan emulsi. Majalah Farmasi dan Farmakologi 15(2): 63-8.
- Mulyani T, Sudaryati, Rahmawati SF. 2013. Hidrolisis gelatin tulang ikan kakap menggunakan larutan asam. Surabaya (ID): UPN Veteran.
- Nurilmala M, Wahyuni M, Wiratmaja H. 2006. Perbaikan nilai tambah limbah tulang ikan tuna (*Thunnus* sp.) menjadi gelatin serta analisis fisika-kimia. Buletin Teknologi Hasil Perikanan IX(2): 22-33.
- Pelu H, Harwati S, Chasanah EE. 1998. Ekstraksi gelatin dari kulit ikan tuna melalui proses asam. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia 7(2): 66-74.
- Rahayu F, Fithriyah NH. 2015. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap rendemen gelatin dari tulang ikan nila merah. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015. Jakarta (ID): Universitas Muhammadiyah.
- Stainsby G. 1977. The Gelatin Gel and the sol-gel transformation. dalam: Ward AG dan Courts A, editor. The science and technology of gelatin. New York (US): Academic Press.



## 2.6. Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan sebagai Pupuk Cair

Proses pengolahan ikan akan menghasilkan cairan yang berasal dari proses pemotongan, pencucian dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah, potongan ikan kecil, kulit, isi perut ikan dan kepala ikan yang tidak mempunyai nilai ekonomi (Jenie & Rahayu 1993).

Karakteristik dari limbah cair perikanan berbeda-beda tergantung pada bahan baku dan teknologi yang digunakan. Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik dan nutrisi organik yang cukup tinggi. Salah satunya adalah nitrogen, dalam bentuk amoniak, nitrat dan nitrit (Jenie & Rahayu 1993).

Nitrogen dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen *demand* pada penerimaan air, merangsang pertumbuhan tanaman air dan memunculkan toksisitas terhadap kehidupan air (Jenie & Rahayu 1993).

Limbah cair industri perikanan mengandung banyak protein dan lemak, sehingga mengakibatkan nilai nitrat dan amonia yang cukup tinggi. Menurut Ditjen Perikanan Budidaya (2005) dalam Waryanti *et al.* (2013) limbah ikan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik lengkap.

Pemanfaatan limbah cair perikanan sebagai pupuk dapat dilakukan dengan mengaplikasikan langsung pada tanaman ataupun diuraikan terlebih dahulu. Bahan organik yang terdapat pada limbah cair perikanan seperti protein, karbohidrat dan lipid akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti asam lemak, aldehyd, metana, amonia, CO<sub>2</sub> dan hidrogen sehingga tanaman mudah menyerap nutrisi (Fitria 2008).

Penguraian senyawa organik atau proses dekomposisi dapat dilakukan dengan adanya penambahan aktivator. Aktivator yang dapat digunakan yaitu asam asetat dan EM<sub>4</sub> (*Effective Microorganism* 4) (Fitria 2008).

Pembuatan pupuk cair dari limbah ikan juga dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambahan seperti lumpur aktif (Irma 2008), dedak dan air kelapa (Zahroh 2015) ataupun sabut kelapa, air cucian beras dan molases (Waryanti *et al.* 2013).

Tabel 25 Beban limbah cair dari beberapa jenis operasi pengolahan ikan

Beban limbah cair	BOD	COD	Minyak/lemak	Padatan tersuspensi
Pengolahan ikan (manual)	332 kg/ton	-	0,35 kg/ton	1,42 kg/ton
Pengolahan ikan (mekanik)	11,9 kg/ton	-	2,28 kg/ton	8,92 kg/ton
Fillet ikan kering	3.482 - 10.000 mg/L	-	857 - 6.000 mg/L	-
Pengalengan tuna	6,8 – 20 kg/ton	114-64 kg/ton	1,7 – 13 kg/ton	3,8 - 17 kg/ton
Pabrik sardin	9,22 kg/ton	-	1,74 kg/ton	5,41 kg/ton
Cairan darah dari pabrik makanan ikan	23.500 - 34.000 kg/ton	93.000 mg/L	0 - 1,92%	-
Air dari pengerasan daging	13.000 - 76.000 mg/L	-	60 - 1.560 mg/L	-
Pengalengan ikan	941,69 mg/L	1.401,78 mg/L	-	-
Makanan ikan	245,23 mg/L	949,05 g/L	6.976	-

Sumber: Gonzales (1996) dalam Sjafei (2002)

### 2.6.1. Proses Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Pengolahan Ikan

Proses pembuatan pupuk cair dari limbah cair pengolahan ikan dapat dilakukan sesuai dengan penelitian Fitria (2008) dan Irma (2008). Pada penelitian Fitria (2008) dan Irma (2008), limbah cair perikanan merupakan limbah cair buatan karena lebih stabil daripada limbah industri. Proses pembuatan pupuk cair adalah sebagai berikut:

#### A. Pembuatan Limbah Cair Buatan (Fitria 2008; Irma 2008)

- Limbah cair buatan ini dibuat dengan memanfaatkan potongan-potongan daging, jeroan dan kulit ikan yang diperoleh dari proses pemfilletan ikan.
- Kemudian potongan-potongan daging tersebut dicincang, dan selanjutnya direbus pada air mendidih selama 10 menit dengan

perbandingan berat limbah padat ikan (kg) dan volume air (liter) adalah 1 : 5.

- Setelah itu air rebusan disaring untuk memisahkan padatan dan cairan kemudian didinginkan. Dengan perbandingan ini maka komposisi yang diperoleh mendekati karakteristik limbah cair pada industri perikanan yang sebenarnya (Fauzi *et al.* 2003).
- Kemudian dilakukan pengukuran pH dan unsur hara meliputi: total karbon organik, nitrogen total, nitrat, fosfor tersedia, kalium yang dapat dipertukarkan.

### a. Pembuatan Pupuk Organik Cair (Fitria 2008)

Pembuatan pupuk organik cair dilakukan melalui proses penguraian secara anaerob fakultatif. Dalam penelitiannya, Fitria (2008) membuat 3 jenis pupuk organik cair dari limbah cair perikanan. Adapun jenis pupuk dan komposisi bahan pembuatan pupuk cair organik ini dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26 Komposisi bahan pupur cair pada penelitian Fitria (2008)

Jenis pupuk	Komposisi
A	Limbah cair
B	Limbah cair (10%); dedak (0,1%); EM4 (0,1%)
C	Limbah cair (3,5%); asam asetat (95%)

Sumber: Fitria (2008)

- Pembuatan masing-masing pupuk organik cair dilakukan dalam wadah plastik dengan volume 10 liter.
- Pupuk A merupakan limbah cair tanpa penambahan apapun (penguraian berlangsung spontan dengan pH awal 6,96).
- Pupuk B adalah perlakuan limbah cair yang ditambah 10% dedak; 0,1% gula dan 0,1% EM4 (penguraian berlangsung dengan adanya penambahan inokulum bakteri dengan pH awal 6,90).
- Pupuk C adalah perlakuan limbah cair yang ditambah 3,5% asam asetat (penguraian berlangsung dalam suasana lebih asam dengan pH awal 5,48).
- Masing-masing perlakuan di atas dibiarkan terurai selama 4 minggu dalam wadah terbuka pada suhu ruang (27 - 29 °C).

- Selama proses penguraian berlangsung, setiap hari dilakukan pengadukan untuk aerasi dan juga membebaskan gas yang diproduksi selama proses berlangsung. Setelah 4 minggu dilakukan penyaringan untuk memisahkan padatan yang ada.

## **b. Pembuatan Pupuk Cair menggunakan Lumpur Aktif**

Proses pembuatan pupuk cair limbah pengolahan ikan dapat dilakukan dengan proses nitrifikasi (Irma 2008). Hasil yang didapat berupa pupuk nitrogen tanaman. Proses ini dilakukan dengan mencampurkan limbah cair dengan lumpur aktif. Lamanya waktu kontak limbah cair buatan dengan lumpur aktif dilakukan selama 48 jam atau ketika kadar nitrogen yang dikandungnya memiliki nilai tertinggi.

### **2.6.2. Karakteristik Pupuk Cair Limbah Perikanan**

Limbah cair buatan digunakan dalam pembuatan pupuk organik cair ini karena memiliki karakteristik yang lebih stabil dan mudah dikendalikan, nisbah yang diperoleh akan lebih terpantau sehingga pembuatan pupuk organik cair di laboratorium akan lebih seragam. Kandungan hara dalam limbah cair buatan dapat dilihat pada Tabel 27.

Berdasarkan penelitian Fitria (2008), didapatkan bahwa limbah cair industri perikanan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair organik dengan cara mengaplikasikan langsung ataupun diuraikan terlebih dahulu.

Pada proses penguraian bahan organik terjadi perubahan pH akibat aktivitas mikroorganisme. Pada awal penguraian bahan organik akan terjadi penurunan nilai pH dan kemudian nilai pH tersebut akan kembali meningkat. Kandungan unsur hara yang terdapat dari pupuk cair berbeda pada setiap jenis campuran yang digunakan.

Tabel 27 Kandungan unsur kimia pada limbah cair buatan

Parameter	Limbah cair buatan
N total (mg/L)	628,10±35,02
Total C organik (mg/L)	2.115,56±215,22
C/N	3,37
P tersedia (mg/L)	241,10±4,16
K yang dapat dipertukarkan (mg/L)	246,00±30,78
pH	6,96±0,02

Sumber: Fitria (2008)

Fitria (2008) membuat pupuk dengan komposisi sesuai pada Tabel 26 dan mendapatkan kandungan total C organik, N total, nilai C/N, nitrat, P tersedia dan K yang dapat dipertukarkan masing-masing berkisar antara 2.102,83 - 9.622,30 mg/L; 628,10 - 1.064,93 mg/L; 3,69 - 9,04; 3,0326 - 4,5123 mg/L; 151,77 - 649,4 mg/L dan 157 - 548 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan terbaik terdapat pada pupuk B (aktivator Em4). Pupuk ini memiliki nilai C/N yang mendekati C/N tanah serta kandungan hara N total, P tersedia dan K yang dapat dipertukarkan yang lebih tinggi. Tetapi pada perlakuan ini memiliki nilai pH yang masih rendah, sehingga diperlukan optimalisasi untuk memperbaiki kualitas pupuk ini (Fitria 2008).

Kandungan unsur kimia yang lebih tinggi pada pupuk B dan pupuk C disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme dan penambahan dedak (B) serta penambahan asam asetat (C). Kandungan C-organik menggambarkan mekanisme di mana organisme heterotrof memperoleh energi untuk sintesis l.

Tabel 28 Kualitas pupuk organik cair yang dihasilkan pada penelitian Fitria (2008) dengan SNI 19-7030-2004

Parameter	Pupuk A	Pupuk B	Pupuk C	SNI 19-7030-2004
N-total (mg/L)	570,44	1.064,93	554,13	>4000
C-organik total	2.102,83	9.622,3	2.217,3	9.800 - 32.000
C/N	3,69	9,04	4,07	10 - 20
P (mg/L)	151,77	649,4	230,7	>1.000
K (mg/L)	157	548	210	>2.000
pH	6,8	5,3	5,6	6,80 - 7,49

Sumber: Fitria (2008)

Kandungan nitrat pupuk organik cair dipengaruhi oleh proses penguraian yang terjadi dan juga kehilangan volatilisasi selama proses penguraian bahan organik (Sutedjo *et al.* 1991). Pembentukan nitrat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen yang terlarut dan amonia. Kandungan amonia dipengaruhi keberadaan unsur lain seperti karbohidrat (sebagai sumber C) (Sutedjo *et al.* 1991).

Pupuk B (aktivator EM4) menghasilkan kandungan hara P tersedia yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini disebabkan oleh asam organik selama proses penguraian pada pupuk B

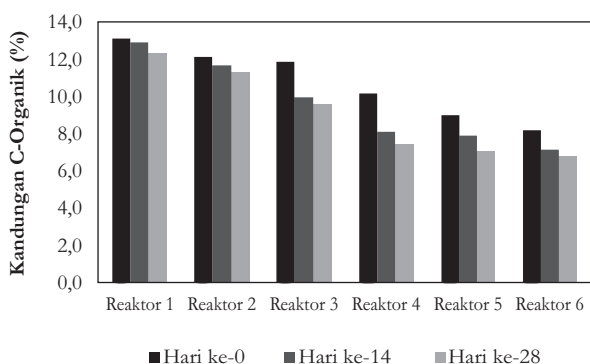
lebih banyak dan menyebabkan daya larut unsur-unsur hara seperti Ca, P dan K menjadi lebih tinggi, sehingga lebih banyak P tersedia bagi tanaman (Fitria 1998).

Kandungan hara kadar kalium yang tinggi disebabkan oleh terbentuknya asam organik selama proses penguraian dan menyebabkan daya larut unsur-unsur hara seperti Ca, P dan K menjadi lebih tinggi, sehingga lebih banyak K bagi tanaman (Fitria 1998).

Waryanti *et al.* (2013) membuat pupuk cair dari limbah cair perikanan menggunakan sabut kelapa. Hasil yang didapat yaitu pengaruh penambahan air rendaman sabut kelapa terhadap kandungan unsur hara makro yang paling efektif dengan penambahan sabut kelapa 100 mL dan waktu fermentasi optimum selama 28 hari.

Kandungan C-organik yang didapat pada pupuk mengalami penurunan dengan meningkatnya waktu fermentasi dikarenakan kandungan C digunakan sebagai sumber energi mikroorganisme.

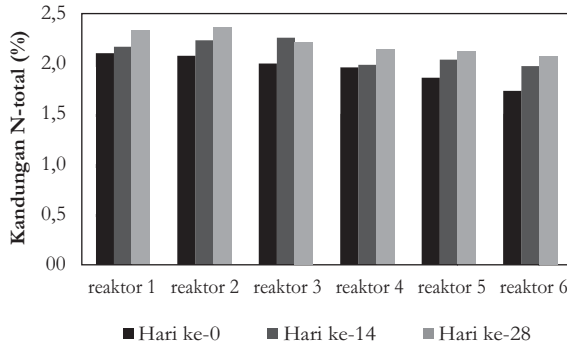
Nilai N-total cenderung mengalami peningkatan pada tiap reaktor. Peningkatan paling tinggi terjadi pada reaktor 2. Hal ini menandakan bahwa proses degradasi paling optimal. Peningkatan N-total diduga karena, pada akhir proses fermentasi bakteri nitrifikasi mengubah amonia menjadi nitrat yang menyebabkan unsur nitrogen dalam fermentasi meningkat (Gambar 22).



Gambar 22 Pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan C-organik

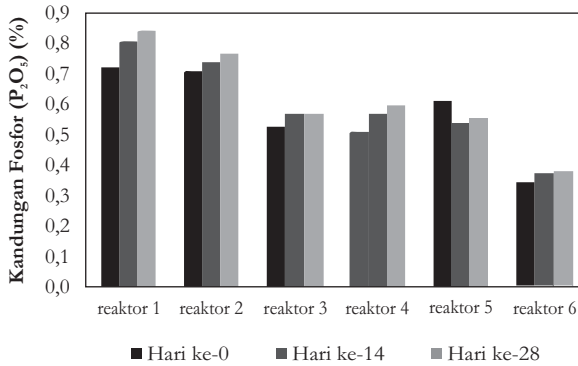
Sumber: Waryanti *et al.* (2013)

Pada Gambar 24 dapat dilihat telah terjadi peningkatan kandungan fosfor. Semakin besar nitrogen dikandung, maka multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfor akan meningkat, sehingga kandungan fosfor dalam pupuk juga meningkat.



Gambar 23 Pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan N-total

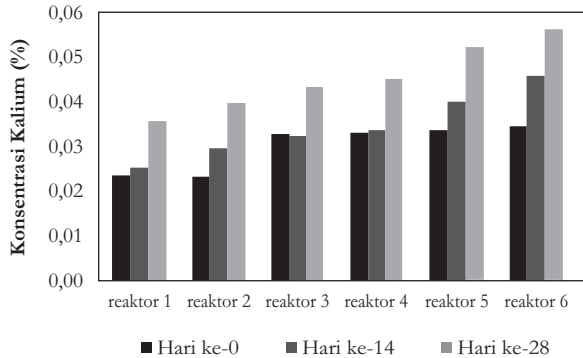
Sumber: Waryanti *et al.* (2013)



Gambar 24 Grafik pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan fosfor

Sumber: Waryanti *et al.* (2013)

Selanjutnya pada kadar kalium, menurut Hidayati *et al.* (2011), kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan substrat sebagai katalisator, dengan kehadiran bakteri dan aktivitasnya akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium.



Gambar 25 Pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kandungan kalium

Sumber: Waryanti *et al.* (2013)

### 2.6.3. Penggunaan Pupuk Cair Limbah Cair Perikanan

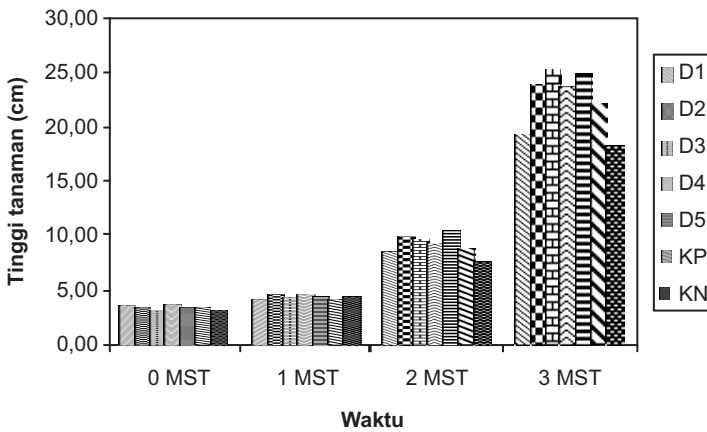
Irma (2008) menggunakan pupuk cair limbah industri perikanan yang ditambah lumpur aktif pada tanaman bayam. Laju pertumbuhan tinggi bayam yang paling kecil terjadi pada bayam (yang diberi perlakuan) tanpa tambahan unsur nitrogen yaitu 9,85 cm/minggu.

Nitrogen dari limbah cair perikanan yang diolah dengan lumpur aktif tidak memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan tinggi bayam pada 1 minggu setelah tanam dan 2 minggu setelah tanam, tetapi memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan tinggi bayam pada 3 minggu setelah tanam (Irma 2008).

Pertambahan jumlah daun pada 1 minggu setelah tanam, 2 minggu setelah tanam, dan 3 minggu setelah tanam cenderung sama untuk semua perlakuan. Nitrogen dari limbah cair perikanan yang diolah dengan lumpur aktif tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah daun bayam.



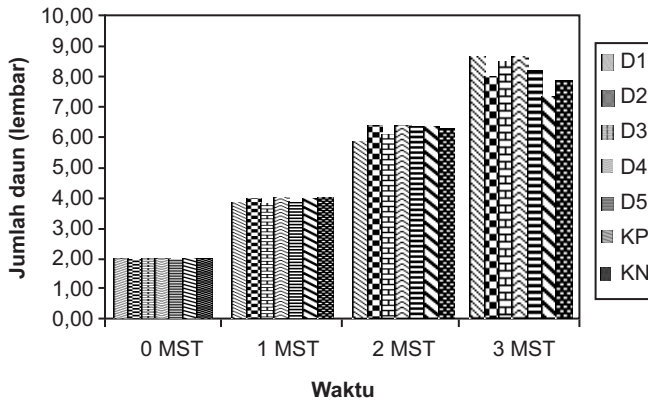
Dari parameter laju pertumbuhan tinggi dan jumlah daun bayam, rata-rata pertumbuhan bayam yang paling baik terjadi pada bayam yang dipupuk dengan 800 mL limbah cair perikanan yang diolah dengan lumpur aktif. Limbah cair perikanan yang diolah dengan lumpur aktif melalui proses aerasi dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan unsur nitrogen pada tanaman bayam dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk.



Gambar 26 Pengaruh nitrogen terhadap pertumbuhan tinggi bayam  
 Sumber: Irma (2008)

Selanjutnya Fitria (2008) yang menggunakan pupuk cair dengan dosis seperti Tabel 26 mendapatkan bahwa setiap perlakuan pemupukan dengan pupuk cair dari limbah cair industri perikanan meningkatkan tinggi tanaman bayam dan perlakuan yang menghasilkan laju pertumbuhan tinggi terbaik adalah pada pupuk B sebanyak 200 mL.

Sedangkan untuk jumlah daun pemupukan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman bayam (*A. tricolor*). Dengan demikian diduga pupuk organik cair ini tidak cocok digunakan untuk tanaman bayam.

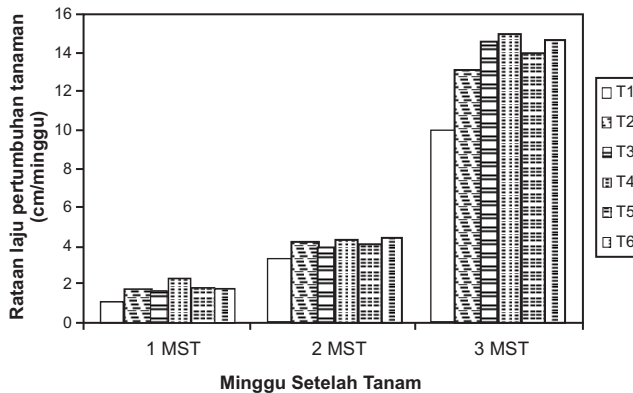


Keterangan:

- D1 = Sampel 300 mL + SP-36 0,4 g + KC1 0,15 g
- D2 = Sampel 550 mL + SP-36 0,4 g + KC1 0,15 g
- D3 = Sampel 800 mL + SP-36 0,4 g + KC1 0,15 g
- D4 = Sampel 1.050 mL + SP-36 0,4 g + KC1 0,15 g
- D5 = Limbah cair segar 207 mL + SP-36 0,4 g + KC1 0,15 g
- KP = Urea 0,45 g + SP-36 0,4 g + KC1 0,15 g
- KN = SP-36 0,6 g + KC1 0,3 g

Gambar 27 Rataan pengaruh nitrogen terhadap pertambahan jumlah daun bayam

Sumber: Irma (2008)



- Keterangan: T1 = tanpa pupuk; T2 = limbah cair tanpa penguraian (200 mL); T3 = pupuk A (200 mL); T4 = Pupuk C (200 mL); T5 = Urea (45 mg) + SP36 (0,4 mg) + KC1 (0,15 mg)

Gambar 28 Rataan laju pertumbuhan tanaman bayam (*A. tricolor*) dengan perlakuan pemupukan limbah cair perikanan yang berbeda

Sumber: Fitria (2008)

## Daftar Pustaka

- Fitria Y. 2008. Pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair industri perikanan menggunakan asam asetat dan EM4 (*Effective Microorganism 4*) [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Irma. 2008. Pemanfaatan hasil pengolahan limbah cair perikanan dengan lumpur aktif sebagai pupuk nitrogen pada tanaman bayam (*Amaranthus* sp.) [Skripsi]: Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Jenie BSL, Rahayu WP. 1993. Penanganan Industri Pangan. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Sjafei A. 2002. Studi mengenai karakteristik dan proses pengolahan limbah cair industri hasil perikanan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Waryanti A, Sudarno, Sutrisno E. 2013. Studi pengaruh penambahan sabut kelapa pada pembuatan pupuk cair dari limbah air cucian ikan terhadap kualitas unsur hara makro (CNPk). Semarang (ID): Universitas Diponegoro. [http://eprints.undip.ac.id/40875/1/Jurnal\\_Anik\\_W\\_6008.docx](http://eprints.undip.ac.id/40875/1/Jurnal_Anik_W_6008.docx) (22 Agustus 2016).
- Zahroh F. 2015. Perbandingan variasi konsentrasi pupuk organik cair dari limbah ikan terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah [Skripsi]. Semarang (ID): Universitas Islam Negeri Walisongo.

## 2.7. Biolistrik dari Limbah Cair Perikanan

Air limbah industri perikanan merupakan salah satu limbah yang banyak menimbulkan masalah terhadap lingkungan sekitarnya. Pencemaran lingkungan oleh limbah cair sebenarnya dapat dihindari dengan memanfaatkan limbah cair itu sendiri. Penelitian terkini membuktikan adanya potensi penggunaan limbah cair sebagai penghasil listrik masa depan.

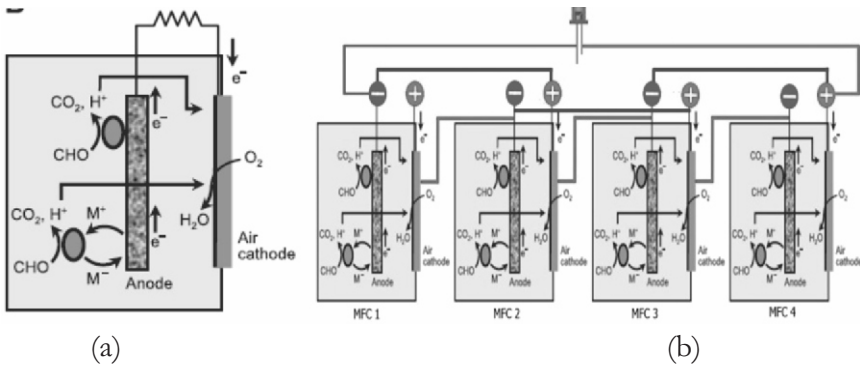
Hasil penelitian Suyanto *et al.* (2010) yang dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kricak menunjukkan data elektrisitas terbesar yang dihasilkan pada bak *black water* adalah sebesar 0,91 volt, pada bak sedimentasi awal adalah 0,63 volt, bak anaerobic filter sebesar 0,80 volt dan bak *rotating biological contractor* sebesar 0,5 volt dengan kisaran suhu 27 - 28°C.

Salah satu metode dalam pengolahan limbah cair menjadi energi adalah biofuel *cell*. Beberapa tipe biofuel *cell* antara lain *microbial fuel cells* dan *enzymatic fuel cells* (Kim *et al.* 2002). *Microbial fuel cell* (MFC) adalah sistem yang memanfaatkan bakteri untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik.

Prinsip kerja sistem MFC adalah bakteri pada bejana memproduksi elektron kemudian dipindah ke anoda dan dialirkan ke katoda yang disambungkan oleh perangkat konduktivitas untuk menghasilkan listrik yang dapat menjalankan alat (Logan 2008).

Mekanisme transfer elektron di anoda MFC adalah isu utama dalam memahami teori bagaimana MFC bekerja. Mikroba memindahkan elektron melalui sistem pengangkutan elektron yang terdiri dari serangkaian komponen matriks ekstraseluler bakteri atau bersama-sama dengan pemindahan elektron dilarutkan dalam solusi massal (Du *et al.* 2007).

Penggunaan mikroorganisme dalam *biofuel cell* dapat menghilangkan isolasi enzim individu sehingga memberikan substrat yang lebih murah. Listrik dihasilkan menggunakan sumber energi kebutuhan kompleks termasuk air limbah (Scott & Murano 2007 dalam Ibrahim *et al.* 2014a). Bakteri di dalam MFC bisa memproduksi listrik selama mengonsumsi limbah (Milliken & May 2007 dalam Ibrahim *et al.* 2014a).



Gambar 29 (a) Desain sistem MFC satu bejana; (b) Desain MFC dengan rangkaian seri  
 Sumber: (a) Liu & Logan (2004) dalam Ibrahim *et al.* (2014a); (b) Ibrahim *et al.* (2014a);

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan Apriyani (2012), pemodelan MFC menggunakan lumpur aktif pada limbah cair perikanan dapat diterapkan untuk menghasilkan biolistrik. Kandungan mikroba salah satunya pada lumpur aktif dapat digunakan dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik melalui proses penghancuran dari material organik.

Lumpur aktif tersebut biasanya terdiri dari kombinasi bakteri pengurai seperti *Aerobacter* sp., *Nitrobacter* sp., dan *Nitrosomonas* sp. yang mampu mendegradasi senyawa organik seperti mempercepat proses fermentasi limbah organik yang terlarut dalam air serta menurunkan kadar BOD, COD dan TSS dalam air limbah (Apriyani 2012).

Beberapa tipe MFC telah dikembangkan antara lain MFC dua bejana, MFC satu bejana, desain *upflow* dan desain tubular. Semua sistem tersebut telah diujikan pada skala lab menggunakan konsentrasi substrat yang tinggi serta larutan penyangga yang baik.

MFC dengan katoda udara merupakan tipe yang dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah cair karena hasil kekuatan tinggi, struktur sederhana dan biayanya relatif murah energi (Apriyani 2013).

Penggunaan MFC satu bejana dapat mengurangi biaya peralatan karena ada pengurangan biaya bejana katoda dan membran, sehingga lebih dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah cair dan konversi energi (Apriyani 2013).

### **2.7.1. Proses Pembuatan Biolistrik Limbah Cair Perikanan**

Proses pembuatan biolistrik limbah cair perikanan menggunakan sistem MFC dapat mengacu pada penelitian Apriyani (2013), Ibrahim *et al.* (2014b), Adjani (2014) dan Rosmalawati (2014).

Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan biolistrik ada tiga, yaitu proses pembuatan limbah cair, penyiapan alat MFC satu bejana dan pengukuran elektrisitas. Proses pembuatan biolistrik dari limbah cair perikanan sebagai berikut (Ibrahim *et al.* 2014b):

#### **a. Pembuatan Limbah Cair Buatan**

Penggunaan limbah cair perikanan buatan dalam sistem MFC dilakukan untuk menjamin konsistensi beban setiap dilakukan pengulangan, karena limbah cair yang digunakan dari industri pengolahan secara langsung mempunyai fluktuasi beban polusi yang tinggi keragamannya.

Bahan organik yang terkandung pada limbah cair buatan ini merupakan sumber bahan bakar pada sistem MFC.

- Limbah cair buatan dibuat menggunakan limbah padat pengolahan ikan (isi perut, kulit dan insang). Hal ini dilakukan untuk menjaga kestabilan karakteristik limbah cair yang digunakan untuk percobaan.
- Pembuatan limbah cair dilakukan menurut cara Ibrahim *et al.* (2009) yakni limbah potongan daging dan kulit ikan yang diperoleh dari proses pengolahan filet ikan dicincang, selanjutnya direbus pada air mendidih selama 10 menit dengan rasio berat ikan (kg) dan volume air (liter) adalah 1 : 5.
- Air rebusan disaring untuk memisahkannya dari padatan dan ampas ikan. Air rebusan yang dingin siap digunakan untuk percobaan, kemudian dilakukan analisis karakteristik limbah cair buatan meliputi BOD, COD, total nitrogen dan total amonia nitrogen.

#### **b. Persiapan alat MFC**

- Bejana yang digunakan terbuat dari bahan akrilik dengan dimensi 10x7x10 cm. Volume limbah cair yang digunakan adalah 700 mL. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit berukuran 7x1x1 cm.

- Sistem MFC yang digunakan merupakan sistem MFC satu bejana tanpa membran.
- Pada penelitian Rosmalawati (2014), rangkaian alat MFC dapat disusun secara seri dengan dua bejana, tiga bejana dan empat bejana. Lumpur aktif dimasukkan ke dalam MFC yang berisi limbah cair dengan perbandingan antara lumpur aktif dan limbah cair sebesar 1:10. Desain rangkaian alat MFC dapat dilihat pada Gambar 30.

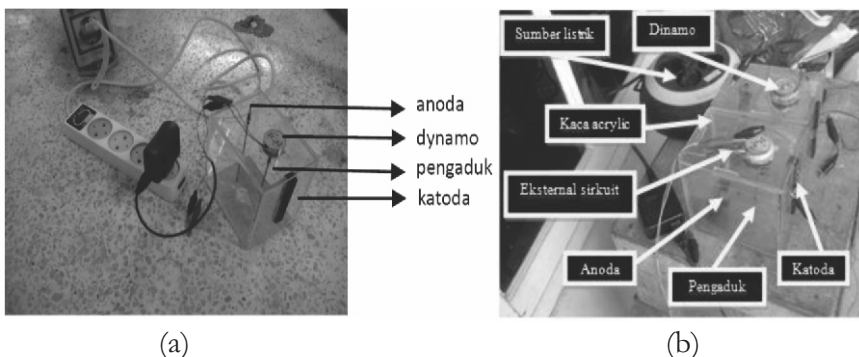
Tabel 29 Karakteristik limbah cair perikanan buatan

Parameter (mg/L)	Limbah cair buatan	Limbah cair industri perikanan
Total N	802,8	111
BOD5	428	184
COD	1205,33	571
Amonia	3,5	1,5

Sumber: Ibrahim *et al.* (2014b)

### c. Pengukuran Elektrisitas

Masing-masing elektroda grafit di kedua bejana dihubungkan dengan kabel, lalu bejana ditutup rapat. Kedua kabel dihubungkan oleh multimeter. Multimeter diatur untuk pengukuran daya listrik pada skala terkecil terlebih dahulu, kemudian nilai tegangan yang tertera pada layar multimeter diamati pada selang waktu tertentu.



Gambar 30 Desain rangkaian alat MFC, (a) satu bejana; (b) rangkaian seri MFC satu bejana

Sumber: (a) Ibrahim *et al.* (2014b); (b) Rosmalawati (2014)

### 2.7.2. Karakteristik Biolistrik Limbah Cair Perikanan

Teknologi *Microbial Fuel Cell* dapat diterapkan pada limbah cair perikanan untuk menurunkan beban limbah serta menghasilkan biolistrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem MFC mampu menurunkan rata-rata total N sebesar 61%, BOD sebesar 30,11%, COD sebesar 59,34% dan total amonia nitrogen sebesar 12,45% pada awal hingga akhir pengukuran (Adjani 2014).

Nilai penurunan ini berbanding terbalik dengan nilai MLSS dan MLVSS yang masing-masing mengalami peningkatan menjadi 7.066,67 mg/L dan 6.100 mg/L pada hari terakhir pengukuran (Adjani 2014).

Pada penelitian Apriyani (2013) didapatkan bahwa limbah cair perikanan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui teknologi MFC satu bejana. Beban limbah cair (total nitrogen, BOD, COD dan amonia) di dalam MFC satu bejana dengan penambahan lumpur aktif mengalami penurunan yang lebih besar dibandingkan perlakuan tanpa lumpur aktif selama 6 hari pengamatan.

Tabel 30 Karakteristik beban limbah cair yang diberikan dan tidak diberikan lumpur aktif dengan lama waktu penguraian

Parameter (mg/L)	Limbah cair			Limbah cair + Lumpur aktif		
	Hari					
	0	3	6	0	3	6
Total nitrogen	607,32	607,32	573,58	607,32	607,32	573,58
BOD	496	450	428	475	436	407
COD	992	848	816	901	805	781
Amonia	4,18	1,55	0,4	3,37	1,1	0,14

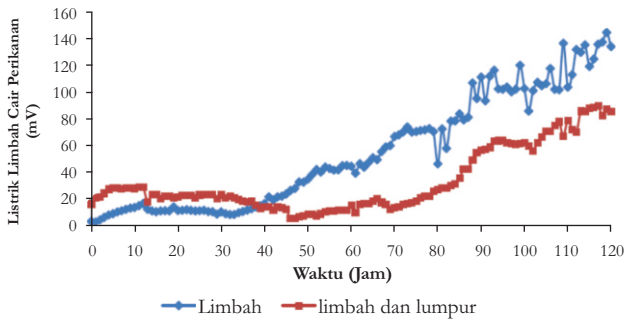
Sumber: Apriyani (2013)

Nilai MLSS dan MLVSS mengalami peningkatan selama 6 hari pada perlakuan limbah cair dengan penambahan lumpur aktif. Perlakuan limbah cair tanpa lumpur aktif memiliki rata-rata nilai listrik yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata nilai listrik limbah cair dengan penambahan lumpur aktif selama 120 jam. Nilai listrik limbah cair tertinggi terjadi pada jam ke-119 (Gambar 31) (Apriyani 2013).



Perbedaan nilai listrik pada awal pengukuran diduga disebabkan oleh jumlah elektron bebas yang ditangkap oleh anoda lebih banyak pada MFC dengan penambahan lumpur aktif. Inkubasi selama 25 jam dapat meningkatkan jumlah elektron karena terjadi proses degradasi senyawa organik (Apriyani 2014).

Hal ini terlihat dari penurunan nilai COD dan BOD dari limbah cair sebelum diinkubasi dan setelah diinkubasi. Penambahan lumpur aktif mempercepat proses tersebut, sehingga akan meningkatkan jumlah elektron yang dihasilkan dari proses degradasi senyawa organik (Apriyani 2014).



Gambar 31 Nilai listrik limbah cair perikanan

Sumber: Apriyani (2013)

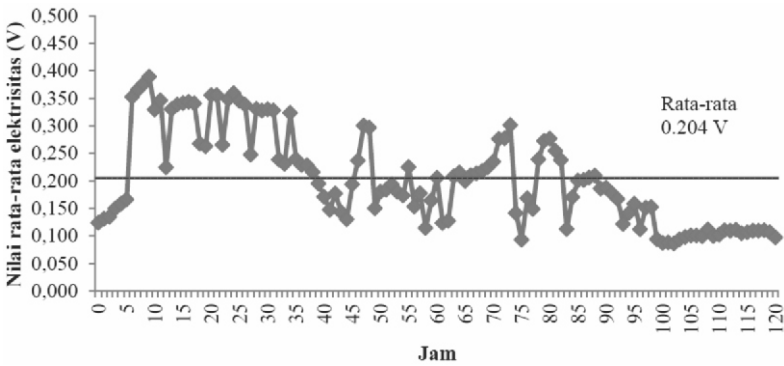
Nilai elektrisitas dari limbah perikanan dapat diperoleh lebih optimal dengan menggunakan bejana yang disusun secara seri. Rosmalawati (2014) mendapatkan bahwa penyusunan rangkaian seri yang digunakan dalam sistem MFC menunjukkan nilai elektrisitas yang lebih optimal.

Tabel 31 Hasil elektrisitas rangkaian seri

Perlakuan	Voltase tertinggi (V)	Jam ke-	Voltase terendah (V)	Jam ke-	Rata-rata (V)
Seri 2 bejana	0,733	110	0,009	0	0,115
Seri 3 bejana	0,713	49	0,020	90	0,260
Seri 4 bejana	0,763	45	0,376	115	0,535

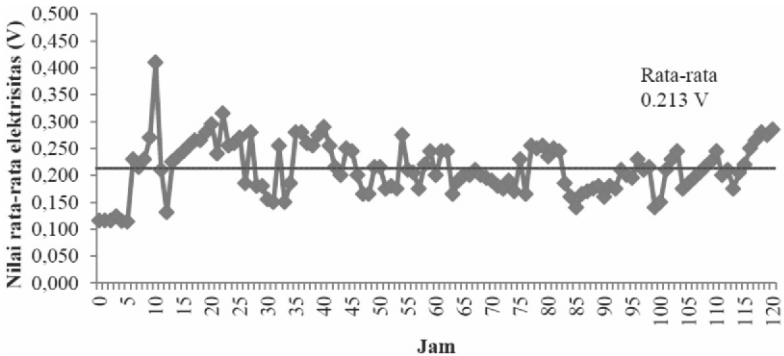
Sumber: Rosmalawati (2014)

Selanjutnya dengan variasi pemasangan jumlah elektrode pada bejana, Ibrahim *et al.* (2014b) mendapatkan perlakuan dengan 2 pasang elektroda merupakan perlakuan yang optimal dalam menghasilkan energi listrik dengan teknologi *microbial fuel cell* meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan sistem 1, 3 dan 4 pasang elektroda.



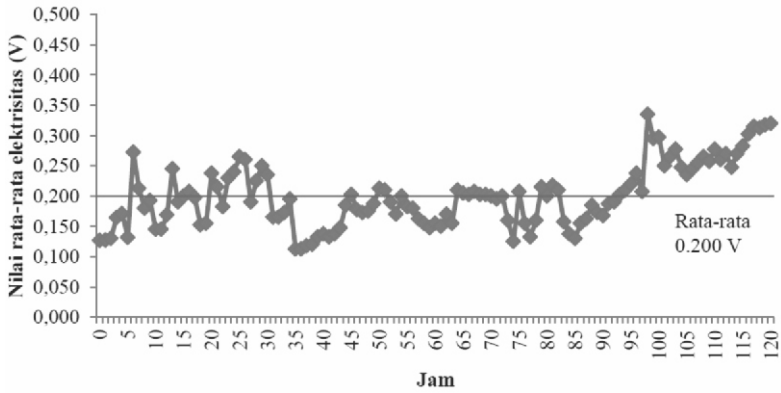
Gambar 32 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 1 pasang

Sumber: Alwinskyah (2013)

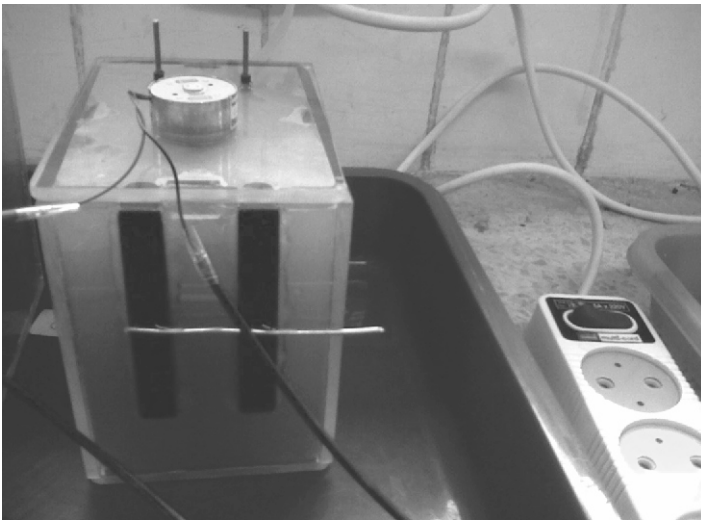


Gambar 33 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 2 pasang

Sumber: Alwinskyah (2013)



Gambar 34 Nilai elektrisitas dalam MFC dengan elektroda 3 pasang  
Sumber: Alwinskyah (2013)



Gambar 35 Sistem MFC dengan 2 pasang elektrode  
Sumber: Alwinskyah (2013)

## Daftar Pustaka

- Adjani ZN. 2014. Kinerja *microbial fuel cell* penghasil biolistrik dengan elektroda yang berbeda pada limbah cair industri perikanan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Alwingsyah R. 2013. Biolistrik limbah cair perikanan dengan teknologi *microbial fuel cell* menggunakan jumlah elektroda yang berbeda [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Apriyani D. 2013. Biolistrik dari limbah cair perikanan dengan metode *microbial fuel cell* satu bejana [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Apriyani DL. 2012. Elektrisitas limbah cair perikanan dengan metode *microbial fuel cell* satu bejana [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Du Z, Li H, Gu T. 2007. A state art review on microbial fuel cells: a promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology Advances* 25: 464-82.
- Ibrahim B, Salamah E, Alwingsyah R. 2014b. Pembangkit biolistrik dari limbah cair industri perikanan menggunakan microbial fuel cell dengan jumlah elektroda yang berbeda. *Jurnal Dinamika Maritim* 4(1): 1-9.
- Ibrahim B, Suptijah P, Rosmalawati S. 2014a. Kinerja rangkaian seri sistem microbial fuel cell sebagai penghasil biolistrik dari limbah cair perikanan. *JPHPI* 17(1): 71-9.
- Kim HJ, Park HS, Hyun MSD, Chang IS, Kim M, Kim BH. 2002. A mediatorless microbial fuel cell using a metal reducing bacterium, *Schewanella putreficiens*. *Enzyme and Microbial Technology* 30: 145-52.
- Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cell*. United States of America (US): A John Wiley & Sons Inc.
- Rosmalawati S. 2014. Kinerja rangkaian seri pada sistem *microbial fuel cell* sebagai penghasil biolistrik dari limbah cair perikanan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suyanto E, Mayangsari A, Wahyuni A, Zuhro F, Isa S, Sutariningsih SE, Retnaningrum E. 2010. Pemanfaatan limbah cair domestik IPAL Kricak sebagai substrat generator elektrisitas melalui teknologi *microbial fuel cell* ramah lingkungan. Seminar Nasional Biologi di Yogyakarta 24-25 September 2010.

### III. LIMBAH JAGUNG

#### 3.1. Pengolahan Limbah Tanaman Jagung untuk Pakan Ternak Sapi Potong

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman pangan utama kedua setelah padi yang sangat berguna bagi kehidupan manusia dan ternak karena hampir keseluruhan bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan (Departemen Pertanian 2007 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Selain sebagai komoditas pangan, jagung sangat dibutuhkan sebagai penyusun utama bahan pakan ternak terutama unggas. Di Indonesia, jumlah kebutuhan jagung meningkat dari tahun ke tahun dalam jumlah yang cukup tinggi karena adanya permintaan dari industri pakan ternak (Departemen Pertanian 2007 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Jagung merupakan sumber energi dan penyusun utama dalam campuran pakan untuk ayam pedaging (50% dalam ransum), juga digunakan sebagai sumber energi dalam pakan konsentrat untuk ternak non ruminansia lainnya seperti babi dan di negara Amerika sebagai bahan pakan ruminansia (Cooke *et al.* 2008 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Terdapat beberapa industri yang juga memanfaatkan jagung untuk menghasilkan beberapa produk olahan dari jagung, seperti industri bioetanol yang akhir-akhir ini berkembang di Amerika Serikat. Berkembangnya industri semacam ini menghasilkan beberapa limbah atau hasil samping yang dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak (Engel *et al.* 2008 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Ada beberapa istilah lokal Indonesia/daerah untuk berbagai macam limbah tanaman jagung. Istilah-istilah ini perlu diketahui agar tidak terjadi kesalahan dalam menyusun ransum/pakan konsentrat untuk ruminansia. Beberapa istilah penting tersebut adalah (Umiyasih & Wina 2008):

- a. **Tebon jagung** adalah seluruh tanaman jagung termasuk batang, daun dan buah jagung muda yang umumnya dipanen pada umur tanaman 45 - 65 hari. Ada pula yang menyebut tebon jagung tanpa memasukkan jagung muda ke dalamnya.

Petani hanya menanam jagung sebagai hijauan dan pada umur tertentu (masih dalam tahap baru berbuah atau tahap buah muda) seluruh tanaman jagung dipangkas dan dicacah untuk diberikan langsung ke ternak dan atau dimasukkan ke dalam tempat tertutup untuk dibuat silase.

- b. **Jerami jagung/brangkasan** adalah bagian batang dan daun jagung yang telah dibiarkan mengering di ladang dan dipanen ketika tongkol jagung dipetik. Jerami jagung seperti ini banyak diperoleh di daerah sentra tanaman jagung yang ditujukan untuk menghasilkan jagung bibit atau jagung untuk keperluan industri pakan; bukan untuk dikonsumsi sebagai sayur.
- c. **Kulit buah jagung/klobot jagung** adalah kulit luar buah jagung yang biasanya dibuang. Kulit jagung manis sangat potensial untuk dijadikan silase karena kadar gulanya cukup tinggi.
- d. **Tongkol jagung/janggal** adalah limbah yang diperoleh ketika biji jagung dirontokkan dari buahnya. Akan diperoleh jagung pipilan sebagai produk utamanya dan sisa buah yang disebut tongkol atau janggal.

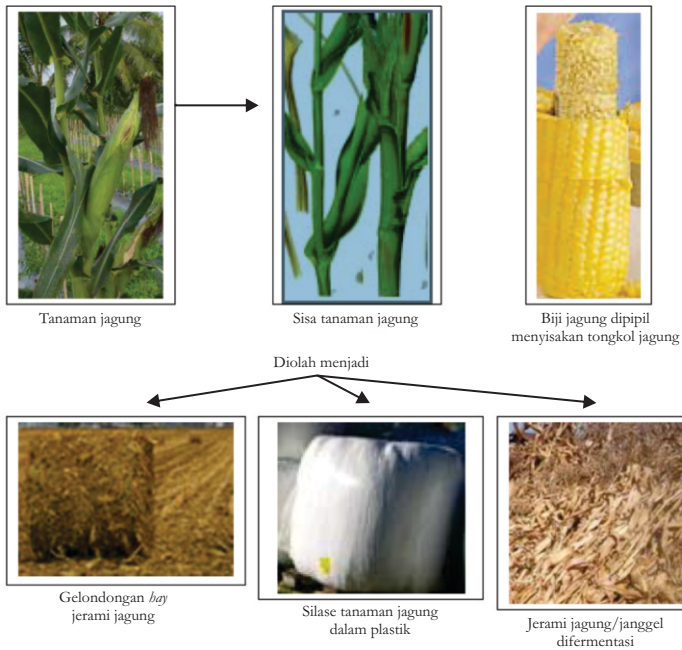
### 3.2. Pengolahan Limbah Jagung

Penggunaan limbah tanaman jagung sebagai pakan dalam bentuk segar adalah yang termudah dan termurah. Tetapi, pada saat panen hasil limbah tanaman jagung ini cukup melimpah maka sebaiknya disimpan untuk stok pakan pada saat musim kemarau panjang atau saat kekurangan pakan hijauan (Umiyasih & Wina 2008).

Di Indonesia, kebanyakan petani akan memberikan tanaman jagung secara langsung kepada ternaknya tanpa melalui proses sebagaimana yang dilakukan oleh peternak komersial sapi perah yang ada di Sumatera Utara ataupun di Jawa Timur (Umiyasih & Wina 2008).

Di daerah Indonesia bagian Timur, jerami jagung selain diberikan dalam bentuk segar, dapat dikeringkan atau diolah menjadi pakan awet seperti pelet, *cubes* dan disimpan untuk cadangan pakan ternak (Nulik *et al.* 2006).

Sedangkan di Amerika Serikat dan negara lain seperti Argentina dan Brazil yang merupakan negara produsen jagung, limbah jagung sangat berlimpah (McCUTCHEON & SAMPLES 2002 dalam UMIYASIH & WINA 2008).



Gambar 36 Beberapa teknologi pengolahan limbah tanaman jagung setelah biji jagung dipanen dan kemudian dipipil

Sumber: Umiyasih & Wina (2008)

Pengolahan limbah jagung merupakan hal yang diperlukan agar kontinuitas pakan terus terjamin. Walaupun sebagian besar limbah tersebut diberikan dengan cara menggembalakan ternak langsung di areal penanaman setelah jagung dipanen, namun sebagian limbah tersebut diproses atau disimpan (McCUTCHEON & SAMPLES 2002 dalam UMIYASIH & WINA 2008).

Cara yang dapat dilakukan yaitu membuat *hay* (menjadi jerami jagung kering) atau diawetkan dalam bentuk silase sebagai pakan cadangan. Beberapa teknologi pengolahan limbah jagung (Gambar 36) yang telah dikenal antara lain adalah:

### a. Pembuatan *Hay*

Teknik pengawetan *hay* dapat dilakukan dua cara yaitu dengan pengeringan secara alami atau menggunakan mesin pengering. Pengeringan secara alami dengan menjemur di bawah terik sinar matahari langsung atau diangin-anginkan di kolong rumah, di bawah pohon, gudang dan lain lain.



Gambar 37 Pemanfaatan jagung sebagai pakan ternak dengan teknik *hay*  
Sumber: [www.bukandoktorveterinar.blogspot.com](http://www.bukandoktorveterinar.blogspot.com)

Tanaman yang sudah menjadi *hay* dijaga agar jangan sampai terkena air hujan karena akan menyebabkan terjadinya pembusukan dan menurunkan nilai gizi. Keuntungan *hay* adalah menghemat tempat karena volume dan bobot limbah tanaman jagung mengalami banyak penyusutan setelah menjadi *hay* (Agustini 2010).

### b. Pembuatan Silase

Tujuan pembuatan silase adalah untuk memaksimalkan pengawetan kandungan gizi dalam jagung atau bahan pakan lainnya agar dapat disimpan, sehingga dapat menyimpan pakan yang melimpah di musim hujan atau serasah jagung untuk mengatasi kesulitan pada musim kemarau (Dick 2009 dalam Faesal 2013).





Gambar 38 Pemanfaatan jagung dengan teknik silase  
Sumber: [www.peternakanpadangpanjang.wordpress.com](http://www.peternakanpadangpanjang.wordpress.com)

Limbah jagung yang dapat dibuat silase adalah seluruh tanaman termasuk buah mudanya atau buah yang hampir matang atau limbah yang berupa tanaman jagung setelah buah dipanen dan kulit jagung (Nusio 2005 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Tanaman jagung yang tersisa dari panen jagung, masih cukup tinggi kadar airnya. Untuk pembuatan silase, dibutuhkan kadar air sekitar 60%. Oleh sebab itu, tanaman jagung harus dikeringkan sekitar 2-3 hari.

Limbah dipotong menjadi potongan-potongan kecil lalu dimasukkan sambil dipadatkan sepadat mungkin ke dalam kantong-kantong plastik kedap udara atau dalam silo-silo yang berbentuk *bunker* (Nusio 2005 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Bila dalam proses pembuatan silase suasana kedap udara tidak 100%, maka bagian permukaan silase sering terkontaminasi dan ditumbuhi oleh bakteri lain yang merugikan seperti bakteri *Clostridium tyrobutyricum* yang mampu mengubah asam laktat menjadi asam butirat (Driehuis & Giffel 2005 dalam Umiyasih & Wina 2008).

### c. Fermentasi

Proses fermentasi juga telah dilakukan terhadap limbah tanaman jagung. Pamungkas *et al.* (2006) menggunakan *Pleurotus flabelatus* untuk fermentasi jerami jagung. Fungi *Pleurotus* merupakan fungi pembusuk putih (*white rot fungi*).

Fungi ini dapat mengeluarkan enzim-enzim pemecah selulosa dan lignin sehingga pencernaan bahan kering jerami jagung akan meningkat. Sedangkan Rohaeni *et al.* (2006) menggunakan *Trichoderma viridaeae* untuk memfermentasi tongkol jagung.

Sebelum proses fermentasi dilakukan, diperlukan mesin penghancur/ penggiling tongkol jagung sehingga diperoleh ukuran partikel tongkol jagung sebesar butiran biji jagung. Fungi *Trichoderma* termasuk fungi penghasil selulase sehingga banyak digunakan untuk memfermentasi limbah-limbah pertanian.

Tongkol dicampur dengan fungi *Trichoderma* dan dibiarkan selama 4 - 7 hari dalam tempat tertutup. Fermentasi biasanya akan meningkatkan nilai nutrisi atau nilai pencernaan bahan kering suatu bahan serta dapat pula menyebabkan bahan menjadi lebih palatable bagi ternak.

## 3.3. Komposisi dan Nilai Nutrisi Limbah Tanaman Jagung

### a. Komposisi Limbah Tanaman Jagung

Selain buah atau bijinya, tanaman jagung menghasilkan limbah dengan proporsi yang bervariasi dengan proporsi terbesar adalah batang jagung (*stover*) diikuti dengan daun, tongkol dan kulit buah jagung (Tabel 32).

Nilai palatabilitas yang diukur secara kualitatif menunjukkan bahwa daun dan kulit jagung lebih disukai oleh ternak dibandingkan dengan batang ataupun tongkol (Wilson *et al.* 2004 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Nilai proporsi limbah yang hampir sama dilaporkan oleh Anggraeny *et al.* (2006) yaitu limbah dari beberapa varietas jagung yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Jagung dan Serealia, Maros.

Tabel 32 Proporsi limbah tanaman jagung, kadar protein kasar dan nilai kecernaan bahan keringnya

Limbah	Kadar air (%)	Proporsi limbah (% BK)	PK (%)	Kecernaan BK <i>in vitro</i> (%)	Palatabilitas
Batang	70 - 75	50	3,7	51	rendah
Daun	20 - 25	20	7	58	tinggi
Tongkol	50 - 55	20	2,8	60	rendah
Kulit	45 - 50	10	2,8	68	tinggi

Sumber: McCutcheon & Samples (2002); Wilson *et al.* (2004) dalam Umiyasih & Wina (2008)

Proporsi batang bervariasi antara 55,38 - 62,29%, proporsi daun antara 22,57 - 27,38% dan proporsi klobot antara 11,88 - 16,41%. Dalam studi Anggraeny *et al.* (2006), tongkol jagung tidak diperhitungkan dalam proporsi limbah.

### b. Kandungan Nutrisi Tanaman Jagung

Nilai nutrisi dari limbah tanaman dan hasil samping industri jagung sangat bervariasi. Kulit jagung mempunyai nilai kecernaan bahan kering *in vitro* yang tertinggi (68%), sedangkan batang jagung merupakan bahan yang paling sukar dicerna di dalam rumen (51%) (McCutcheon & Samples 2002 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Nilai kecernaan kulit jagung dan tongkol (60%) ini hampir sama dengan nilai kecernaan rumput Gajah sehingga kedua bahan ini dapat menggantikan rumput Gajah sebagai sumber hijauan (Tabel 33).

Total nutrisi tercerna (TDN) yang tertinggi terkandung pada silase tanaman jagung termasuk buah yang matang, sedangkan yang terendah dijumpai pada tongkol. Faktor yang penting dalam menyusun ransum komplet adalah nilai TDN.

Kebutuhan TDN untuk penggemukan sapi potong maupun sapi perah cukup tinggi dan syarat minimum TDN dapat dilihat dalam NRC (2001). Selain nilai TDN yang rendah, tongkol jagung juga mempunyai kadar protein rendah dibandingkan dengan bahan lainnya, sedangkan silase tanaman jagung manis mempunyai kandungan protein yang tertinggi.

Tabel 33 Komposisi kimia dan nutrisi limbah tanaman jagung

Jenis limbah	BK	TDN	PK	UIP %	SK	ADF	NDF
Jerami jagung	80	67	9	45	25	29	48
Batang jagung tua	80	59	5	30	35	44	70
Silase tanaman jagung termasuk buah muda	26	65	8	18	26	32	54
Silase tanaman jagung termasuk buah yang sudah matang	34	72	8	28	21	27	46
Silase tanaman jagung manis	24	65	11	-	20	32	57
Tongkol	90	48	3	70	36	39	88

Sumber: Preston (2006) dalam Umiyasih & Wina (2008)

Keterangan:

TDN = *Total Digestible Nutrient* (total nutrisi tercerna)

UIP = *Undegradable Insoluble Protein* (protein tak larut dan tidak terdegradasi; dalam rumen)

ADF = *Acid Detergent Fiber* (serat deterjen asam)

NDF = *Neutral Detergent Fiber* (serat deterjen netral)

Tabel 34 Komposisi mineral limbah tanaman jagung (ppm)

Mineral	Tanpa fermentasi	Dengan fermentasi
Fe	73,58	92,28
Zn	278,0	418,04
Mg	165,8	272,88
Ca	558,7	830,62
Na	725,0	676,39
K	408,8	708,47

Sumber: Oseni & Esperigin (2007) dalam Faesal (2013)

Di wilayah Nusa Tenggara Timur yang dikenal sebagai salah satu lumbung ternak sapi juga mengalami kekurangan pakan hijau utamanya pada musim kemarau yang durasinya dapat mencapai hingga 270 hari per tahun (Faesal 2013).

Dengan melihat potensi tanaman jagung yang cukup luas di daerah ini, limbah tanaman jagung merupakan salah satu pakan ternak sapi yang cukup potensial karena sebagian besar penduduk di daerah ini makanan pokoknya adalah jagung.

Biomassa jagung dapat ditingkatkan volumenya melalui penggunaan varietas dan pengaturan jarak tanam/populasi tanaman yang sesuai (Faesal & Akil 2006 dalam Faesal 2013).

Nilai gizi limbah tanaman jagung lokal NTT berdasarkan hasil penelitian (Naiola *et al.* 2012) menunjukkan bahwa silase batang dan daun jagung serta konsentrat tongkol jagung mengalami sedikit peningkatan protein dan serat kasar pada fermentasi selama 1 bulan (Tabel 35)

Tabel 35 Perubahan kadar nutrisi limbah jagung lokal setelah 1 bulan fermentasi

Sampel	Air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Karbohidrat (%)	Protein (%)
Silase	11,45	6,35	3,43	19,83	27,85	7,78
Silase (Kontrol)	11,40	5,97	2,45	16,49	30,40	6,68
Tongkol	6,90	1,95	1,25	22,35	37,29	2,42
Tongkol (Kontrol)	10,20	1,55	0,80	24,50	36,51	2,52

Sumber : Naiola *et al.* (2012) dalam Faesal (2013)

Nutrisi tanaman jagung dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah bagian tanaman yang dipanen, cara penyimpanan meliputi kelembaban dan pemrosesan (Lardy 2013 dalam Faesal 2013).

Selanjutnya disebutkan bahwa kelembaban yang tinggi sangat berpengaruh terhadap nilai nutrisi tanaman jagung. Kelembaban yang tinggi dapat menurunkan nilai nutrisi bagian atau komponen panen pada tanaman jagung (Tabel 36).

Protein kasar mengalami penurunan dengan penundaan panen hingga matang, Karbohidrat dan bobot biji meningkat dengan penundaan panen hingga saat matang. Total energi relatif konstan sejak masak susu awal hingga saat matang, sementara bobot tertinggi dicapai saat biji matang (Tabel 37) (Lardy 2013 dalam Faesal 2013).

### 3.4. Jagung sebagai Pakan Alternatif

Padang penggembalaan yang cenderung berkurang setiap tahun berdampak kepada terbatasnya produksi rumput hijau untuk pakan, karena itu perlu upaya mencari pakan hijau atau pakan yang mengandung serat (Faesal 2013).

Sebagai ilustrasi bahwa peternak di Amerika Serikat menggunakan pakan alternatif dari limbah pertanian berupa batang jagung, batang gandum, batang kedelai maupun kulit kedelai dengan alasan dapat menggantikan pakan *hay* sebanyak 40 - 60% (Faesal 2013).

Tabel 36 Kandungan nutrisi jagung bagian dipanen, penyimpanan dan pemrosesan yang berbeda

Tipe jagung	BK (%)	TDN (%)	NGm M (kal/lb)	PGg M (kal/lb)	PK (%)	KP (%)
Jagung pipil kering	86	90	1,02	0,7	9,8	60
Tongkol jagung	87	83	0,92	0,62	9	60
Brangkasan jagung	82	94	1,06	0,73	10	45
Jagung pipil kelembaban tinggi	75	90	1,02	0,7	10	40
Tongkol kelembaban tinggi	75	83	0,92	0,62	8,7	40
Biji kelembaban tinggi	74	81	0,9	0,59	8,8	40

Keterangan: BK = Berat Kering; PK = Protein Kasar; KP = Kehilangan Protein  
 Sumber : Lardy (2013) dalam Faesal (2013)

Silase jagung dapat menggantikan porsi *hay* hingga 60% dengan harga USD74 yang dinilai cukup murah jika dibandingkan dengan *hay*. Selain itu, tingkat substitusinya lebih dari dua kali lipat, sehingga dengan demikian silase jagung mempunyai peluang besar untuk dikembangkan (Faesal 2013).

Batang jagung, meskipun persentase terhadap total pakan paling rendah yaitu hanya 40%, akan tetapi tingkat substitusinya cukup baik dan masih lebih tinggi daripada kulit kedelai (Tabel 38).

Tabel 37 Kandungan nutrisi jagung yang dipanen pada berbagai tingkat kematangan biji

Nutrisi	Susu awal	Kental awal	Sedikit mengeras	Biji matang
Protein kasar (%)	16,6	12,5	10,7	10,9
Karbohidrat (%)	47,4	55	58,7	63,7
Total energi (kkal/lb)	2,07	2,06	2,09	2,08
Bobot (lb)	35	47	55	58

Sumber : Lardy (2013) dalam Faesal (2013)

Beberapa negara Eropa, Amerika Serikat dan Afrika cenderung memilih tanaman dan atau limbah jagung untuk dijadikan pakan alternatif dengan alasan tertentu. Petani di Afrika Selatan memilih jagung sebagai pakan alternatif karena tanaman jagung memiliki kandungan karbohidrat cukup tinggi (35 - 50%) dibandingkan material pakan lain termasuk biji gandum (Koster 2013).

Dengan demikian pakan yang berasal dari tanaman jagung dapat menggantikan rumput hijau maupun legum yang harganya lebih mahal dibandingkan tanaman jagung selama tiga tahun terakhir (Koster 2013 dalam Faesal 2013).

Energi metabolik (ME) yang dihasilkan setiap varietas jagung berbeda, sebagai contoh kasus varietas jagung tertentu dengan produksi silase yang sama 18 t/ha dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan energi metabolik yang dihasilkan yaitu: Varietas ME rendah, ME sedang dan ME yang diharapkan (Faesal 2013).

Varietas yang diharapkan memberi nilai energi metabolik (ME) paling tinggi yaitu 3.600 MJ/kg bahan kering lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan varietas ME sedang maupun ME rendah (Tabel 39).

Tabel 38 Pakan alternatif berserat dibandingkan *hay* untuk ternak sapi

Jenis pakan	Tingkat substitusi terhadap <i>hay</i> 2 lb bahan/1b <i>hay</i>	Harga/ton pakan (USD)	Maksimum % total pakan
<i>Hay</i>	1	175	100
Silase jagung	2,38	74	60
Batang jagung	1,43	122	40
Batang gandum	1,56	122	60
Batang kedelai	1,59	110	60
Kulit kedelai	0,78	224	50

Sumber: www. Ontario.gov. co. htm. (2013) dalam Faesal (2013)

Tabel 39 Kategori varietas jagung bahan silase untuk pakan berdasarkan energi metabolik (ME) yang dihasilkan

Varietas jagung	ME MJ/kg BK	MJ berdasarkan 18 t/ha	MJ/kg BK +/-
Harapan	116	208.800	3.600
ME sedang	114	203.200	0
ME rendah	110	198.000	7.200

Sumber: www.neckersondirect.co.uk/LGAmanagementfeed, Jan 2012 pdf. dalam Faesal (2013)

### 3.5. Pengaruh Pemberian Limbah Jagung terhadap Performans Ternak

Dalam beberapa tahun terakhir, di beberapa kabupaten di Indonesia telah dilakukan pengkajian integrasi jagung dengan ternak terutama sapi (Umiyasih & Wina 2008).

Beberapa hasil penelitian pemberian limbah perkebunan jagung terhadap pertumbuhan sapi PO atau sapi Bali menunjukkan bahwa penambahan bobot hidup harian (PBHH) yang diperoleh bervariasi dari 0,46 kg/hari (Sariubang *et al.* 2005) sampai 0,70 kg/hari (Mariyono *et al.* 2005).

Pemberian silase jagung yang berbeda kandungan NDFnya (34 dan 51%) kepada dua bangsa sapi (Angus dan Holstein) memberikan respon yang berbeda. Kandungan NDF yang lebih tinggi menurunkan konsumsi bahan kering silase jagung pada kedua bangsa sapi tersebut, tetapi jumlah energi tercerna pada bangsa sapi Angus lebih tinggi dari pada Holstein (Tjardes *et al.* 2002 dalam Umiyasih & Wina 2008).





Gambar 39 Pemanfaatan limbah jagung sebagai pakan ternak  
Sumber: [www.beritasatu.com](http://www.beritasatu.com)

Dari sembilan studi di Irlandia Utara, silase seluruh tanaman jagung yang dipakai menggantikan silase rumput dapat meningkatkan konsumsi hijauan (1,5 kg BK/hari), PBHH (0,23 kg/hari) dan berat karkas (12 kg) (Keady 2005 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Begitu pula hasil dari beberapa penelitian pada sapi perah, menghasilkan hasil positif, yaitu meningkatnya konsumsi hijauan (1,5 kg BK/hari), produksi susu (1,4 kg/hari), lemak susu (0,6 g/kg) dan konsentrasi protein susu (0,8 g/kg) (Keady 2005 dalam Umiyasih & Wina 2008).

Pemberian jerami jagung yang difermentasi tanpa pakan konsentrat memberikan PBHH sapi yang paling rendah (0,46 kg/hari) dibandingkan dengan penelitian lain. Sedangkan pemberian pakan suplemen seperti dedak menyebabkan PBHH yang lebih baik (Mariyono *et al.* 2005).

PBHH akan semakin tinggi bila pemberian jerami disertai dengan konsentrat dan juga suplemen multi nutrien (Anggraeny *et al.* 2005), atau vitamin dan mineral (Umiyasih *et al.* 2006).

Dapat disimpulkan bahwa pakan dari limbah perkebunan jagung dalam bentuk *hay*, silase atau fermentasi dapat memberikan pertambahan bobot hidup harian (PBHH) sapi yang lebih besar dari pada yang biasa dilakukan petani (Umiyasih & Wina 2008).

## **Daftar Pustaka**

- Agustini N. 2010. Petunjuk praktis manajemen pengelolaan limbah pertanian untuk pakan ternak sapi. Bogor (ID): Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Pertanian.
- Anggraeny YN, Umiyasih U, Krishna NH. 2006. Potensi limbah jagung siap rilis sebagai sumber hijauan sapi potong [Prosiding]. Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Pontianak, 2006 Agustus 9 - 10. Bogor (ID): Puslitbang Peternakan. hlm. 149-53.
- Faesal. 2013. Pengolahan limbah tanaman jagung untuk pakan ternak sapi potong. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Maros (ID): Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Mariyono, Wijono DB, Hartati. 2005. Teknologi pakan murah untuk sapi potong: Optimalisasi pemanfaatan tumpi jagung. Lokakarya Nasional Tanaman Pakan Ternak. Bogor, 2005 September 16. Bogor (ID): Puslitbang Peternakan. hlm. 182-90.
- Naiola BP, Tri Ningsih, Kusuma Dewi SY, Saefuddin, Suhati SB. 2012. Penyediaan kebutuhan pakan ternak berbasis limbah tanaman jagung varietas lokal NTT untuk mendukung program sejuta sapi nasional. Jakarta (ID): PKPP Litbang Pertanian.
- Nulik J, Kanahau D, Hosang EY. 2006. Peluang dan prospek integrasi jagung dan ternak di nusa tenggara timur [Prosiding]. Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Pontianak, 2006 Agustus 9 - 10. Bogor (ID): Puslitbang Peternakan. hlm. 253-60.
- Pamungkas D, Romjali E, Anggraeny YN. 2006. Peningkatan mutu biomas jagung menunjang penyediaan pakan sapi potong sepanjang tahun [Prosiding]. Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung- Sapi. Pontianak, 2006 Agustus 9 - 10. Bogor (ID): Puslitbang Peternakan. hlm. 142-48.
- Rohaeni ES, Amali N, Subhan A. 2006. Janggal jagung fermentasi sebagai pakan alternatif untuk ternak sapi pada musim kemarau [Prosiding]. Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung- Sapi. Pontianak, 2006 Agustus 9 - 10. Bogor (ID): Puslitbang Peternakan. hlm. 193-6.
- Sariubang M, Gufroni LM, Sahardi. 2006. Pengkajian sistem integrasi tanaman jagung sapi potong di lahan kering, Sulawesi Selatan [Prosiding]. Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Pontianak, 2006 Agustus 9 - 10. Bogor (ID): Puslitbang Peternakan. hlm. 209-13.
- Umiyasih U, Wina E. 2008. Pengolahan dan nilai nutrisi limbah tanaman jagung sebagai pakan ternak ruminansia. *Wartazoa* 18(3): 127-36.

## IV. LIMBAH PADI

### 4.1. Pemanfaatan Sekam Padi menjadi Arang dan Briket

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam padi dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar.

Untuk memudahkan penanganan bahan bakar yang terbuat dari biomassa misalnya sekam padi, maka terlebih dahulu dibuat briket sebelum digunakan. Pembriketan menurut Abdullah (1991) pada dasarnya merupakan densifikasi atau pemampatan bahan baku yang bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan, sehingga memudahkan penanganannya.

Menurut Supratono *et al.* (1995) dalam Soelaiman (2013), briket arang dapat dibuat dengan dua cara yaitu dengan membuat arang kemudian dihaluskan dan selanjutnya dibuat briket, dan atau dengan membentuk briket dengan cara memampatkan dan diarangkan.

Hartoyo *et al.* (1990) dalam Soelaiman (2013) mengatakan bahwa bahan perekat yang baik digunakan untuk pembuatan briket arang adalah pati, dekstrin dan tepung tapioka, karena menghasilkan briket arang yang tidak berasap pada saat pembakaran dan tahan lama.

### 4.2. Proses Pembuatan Arang dan Briket Sekam Padi

#### a. Proses Pembuatan Arang Sekam Padi

Pembuatan arang sekam padi dapat dilakukan menggunakan proses karbonisasi dan non karbonisasi. Bahan yang digunakan dalam membuat arang sekam padi yaitu sekam padi, serabut kelapa/koran/daun kering, sapu lidi, korek api, cerobong dan sedikit minyak tanah.

Pembuatan arang sekam padi mengacu pada BKPPP (Badan Ketahanan Pangan dan Pelaksanaan Penyuluhan) Kabupaten Bantul (2015). Proses pembuatan arang sekam padi adalah sebagai berikut:

1. Siapkan sekam padi, serabut kelapa atau kertas koran, sapu lidi, korek api dan sedikit minyak tanah. Pilih lokasi pembakaran yang jauh dari perumahan atau jalan, karena proses pembakaran sekam padi akan menimbulkan asap yang tebal. Sebaiknya alas tempat pembakaran terbuat dari lantai keras yang tahan panas, atau alasi bagian bawah dengan plat seng sebelum melakukan pembakaran. Hal ini untuk memudahkan pengambilan arang sekam.
2. Berdirikan cerobong di tanah yang rata dan beri penyangga di sekitar cerobong agar bisa berdiri dengan tegak dan kuat.
3. Masukkan serabut kelapa atau koran pada lubang cerobong.
4. Tuangkan sekam padi yang sudah disediakan di sekeliling cerobong, sehingga membentuk seperti gunung berapi.
5. Bakar serabut kelapa atau kertas koran tadi jika sulit bisa ditambah sedikit minyak agar mudah terbakar.
6. Api di dalam cerobong akan menjalar melalui lubang-lubang yang dibuat tadi dan menjalar membakar sekam.
7. Jika bagian atas sudah menghitam/gosong, aduklah dari atas ke bawah agar hangus merata.
8. Proses pembakaran ini bertujuan agar sekam padi menghitam menjadi arang dan bukan menjadi abu; oleh sebab itu proses pembakaran harus selalu dipantau.
9. Jika sudah menghitam rata/sudah menjadi air, matikan bara api dengan cara menyiram dengan air.



Sumber: Sipahutar (2010)  
(a)



Sumber: BKPPP Kabupaten Bantul (2015)  
(b)

Gambar 40 Proses pembuatan arang sekam padi: (a) limbah sekam padi, (b) proses pembakaran sekam padi

### **b. Pembuatan Briket Sekam Padi**

Bahan yang digunakan untuk membuat briket dari arang sekam padi yaitu arang sekam padi, bahan perekat (tanah liat/tepung tapioka) serta bambu/pipa paralon untuk mencetak. Proses pembuatan briket dari arang sekam padi dapat mengacu kepada BKPPP Kabupaten Bantul (2015).



(a)



(b)



(c)

Gambar 41 Proses pembuatan briket sekam padi: (a) alat pencetak briket, (b) pembuatan briket sekam, (c) pengerinan briket sekam

Sumber: DKPPP Kabupaten Bantul (2015)

Proses pembuatan briket arang sekam padi adalah sebagai berikut:

1. Encerkan 1 bagian tanah liat/tepung tapioka dengan 9 bagian air.
2. Ambil 1 bagian larutan yang terbentuk kemudian tambahkan 7 bagian arang sekam padi.
3. Aduk hingga merata menjadi adonan yang siap untuk dicetak.
4. Untuk mencetak, masukkan adonan ke dalam bambu/pipa paralon lalu padatkan.
5. Keluarkan briket yang sudah berupa padatan dari dalam bambu/pipa paralon perlahan-lahan lalu keringkan hasil cetakan.
6. Jemur merata pada sinar matahari hingga betul-betul kering dan kandungan airnya sudah hilang. Lama pengeringan tergantung kondisi cuaca.

### 4.3. Karakteristik Briket Arang Sekam Padi

Faktor yang mempengaruhi kualitas briket yang dibuat dari sekam padi meliputi lama penyalaan briket, nilai kalor, emisi gas buang yang dihasilkan, kadar abu, kadar air, kadar karbon terikat dan kuat tekan briket. Faktor tersebut dipengaruhi oleh komposisi dari briket arang yang dibuat (Soelaiman 2013) dan konsentrasi perekat yang digunakan (Patabang 2012).

Penelitian yang dilakukan Patabang (2012) menggunakan variasi konsentrasi bahan perekat (7, 10 dan 15%) mendapatkan efisiensi pembakaran yang terbaik pada campuran bahan perekat 7% yaitu 59,07%.

Tabel 40 Kualitas briket arang sekam padi dengan variasi konsentrasi bahan perekat

Parameter	Konsentrasi perekat (%)		
	7	10	15
Kadar air (%)	2,67	2,47	2,39
Kadar abu (%)	39,06	37,87	36,34
Kadar bahan volatile (%)	42,92	44,43	46,86
Kadar ikatan karbon (%)	15,25	15,23	14,41
Nilai kalor (kal/g)	2.789,00	2.650,20	2.539,30

Sumber: Patabang (2012)

Penelitian lain tentang briket dilakukan oleh Soelaiman (2013) yang melakukan perbandingan briket dengan komposisi sekam padi (100%), arang sekam padi (100%), arang sekam padi dan arang kayu (50 : 50%) dan arang sekam padi dan arang kayu (70 : 30%).

Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah briket dengan perlakuan komposisi arang sekam padi dan arang kayu (50 : 50%) dan perlakuan dengan komposisi arang sekam padi (100%) memiliki karakteristik briket yang baik. Hasil penelitian perbandingan briket dengan variasi komposisi disajikan pada Tabel 41.

Tabel 41 Kualitas briket arang sekam padi dengan variasi komposisi briket

Perlakuan	Kadar air (%)	Nilai kalor (kJ/kg)	Lama mendidihkan air (menit)	Lama penyalaan briket (menit)	Kadar abu (%)
A	22,36	3.887,77	32,3	98,8	35,11
B	20,58	4.384,04	23,7	133,1	20,27
C	11,86	4.526,1	17,85	156,2	10,91
D	14,64	4.434,67	22,05	140,1	14,68

Keterangan :

- Perlakuan A = Sekam padi 100%
- Perlakuan B = Arang sekam padi 100%
- Perlakuan C = Arang sekam padi : arang kayu 50 : 50%
- Perlakuan D = Arang sekam padi : arang kayu 70 : 30%

Sumber: Soelaiman (2013)



## **Daftar Pustaka**

- Abdullah K. 1991. Energi dan listrik pertanian. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- BKPPP (Badan Ketahanan Pangan dan Pelaksanaan Penyuluhan) Kabupaten Bantul. 2015. Membuat arang dan briket sekam padi. Bantul (ID): BKPPP Kab. Bantul.
- Patabang D. 2012. Karakteristik termal briket arang sekam padi dengan variasi bahan perekat. *Jurnal Mekanikal* 3(2): 286-92.
- Sipahutar D. 2010. Teknologi briket sekam padi. Pekanbaru (ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau.
- Soelaiman JR. 2013. Perbandingan karakteristik antara briket-briket berbahan dasar sekam padi sebagai energi terbarukan [Skripsi]. Jember (ID): Universitas Jember.

## V. LIMBAH SAWIT

Menurut Elisabeth dan Ginting (2003), kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat sejak awal tahun 80-an dan telah menjadi salah satu komoditas penting dalam penerimaan devisa negara, penyerapan tenaga kerja, serta pengembangan perekonomian rakyat dan daerah. Pada tahun 2002, luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 4,1 juta ha dengan produksi minyak sawit (*crude palm oil*: CPO) lebih dari 9 juta ton.

Pengembangan kebun kelapa sawit menyebabkan peningkatan produk sampingan / limbah yang berpotensi mengganggu lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Tanaman perkebunan ini mempunyai potensi limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, baik unggas maupun ruminansia berupa daun, pelepah, tandan kosong, cangkang, serabut buah, batang, lumpur sawit dan bungkil kelapa sawit.

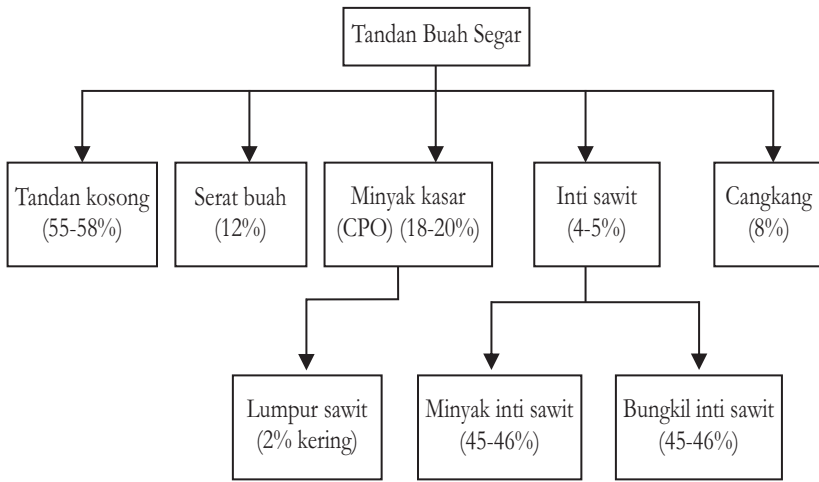
Limbah ini mengandung bahan kering, protein kasar dan serat kasar yang nilai nutrisinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pakan ternak ruminansia (Rohaeni 2006).

### 5.1. Pemanfaatan Limbah Sawit sebagai Pakan

Pada Gambar 42 terlihat skema produk utama dan limbah dari perkebunan kelapa sawit. Berdasarkan skema tersebut diketahui bila produksi CPO di Kalimantan Selatan sebanyak 248.329,12 ton/tahun maka produksi tandan buah segar (TBS) diperkirakan sebesar 1.241.645,6 ton/tahun.

Pada Gambar 42, limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak yaitu tandan kosong, serat buah, lumpur sawit, bungkil dan cangkang sedang limbah yang dihasilkan dari perkebunan yaitu pelepah, daun dan batang kelapa sawit.

Pelepah merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari tanaman sawit yang diperoleh dari hasil pemangkasan yang rutin dilakukan. Berdasarkan perkiraan, tanaman kelapa sawit dapat menghasilkan 18 - 25 pelepah/pohon /tahun (Lubis 1992) atau sekitar 10 ton kering/ha/tahun (Purba dan Ginting 1997).



Gambar 42 Bagan proses pengolahan kelapa sawit dan perkiraan proporsi terhadap tandan buah segar

Sumber: Devendra (1978) dalam Rohaeni (2006)



Gambar 43 Limbah pabrik pengolahan kelapa sawit

Sumber: <http://dokumen.tips/documents/materi-pemanfaatan-limbah-industri-kelapa-sawit-didiknotosujono-565df7d981f1b.html>

Selain pelepah juga dihasilkan daun sekitar 0,5 kg/pelepah sehingga akan diperoleh bahan kering dari daun untuk pakan sejumlah 0,66 ton/ha/tahun (Diwyanto *et al.* 003). Berdasarkan informasi ini dapat diprediksi produksi daun kelapa sawit di Kalsel dihasilkan sebanyak 53.048 ton/tahun.



Gambar 44 Pelepah kelapa sawit

Sumber: [www.deaagnes421.blogspot.com](http://www.deaagnes421.blogspot.com)

Pada Gambar 45 disajikan data populasi ternak sapi di Kalimantan Selatan. Berdasarkan data ini bila diasumsikan ternak dapat mengkonsumsi limbah kelapa sawit sebanyak 10 - 15 kg/ekor/hari, maka prediksi produksi limbah sawit mampu menyediakan pakan sepanjang tahun dan hanya dimanfaatkan sebanyak 46,94 - 70,41% dari total produksi limbah sawit (Rohaeni 2006).

Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kelebihan produksi limbah sawit dan menunjukkan daya dukung lahan yang masih terbuka untuk menambah populasi ternak sapi bila diintegrasikan dengan kelapa sawit. Selain itu keuntungan lain yang dapat digunakan adalah kotoran sapi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik bagi tanaman kelapa sawit (Rohaeni 2006).

No	Kabupaten	Populasi (ekor)		
		Jantan	Betina	Total
1	Tanah Laut	25.047	8.362	63.409
2	Kotabaru	2.091	3.202	5.293
3	Banjar	5.811	8.901	14.712
4	Barito Kuala	2.433	3.734	6.172
5	Tapin	4.780	7.321	12.100
6	Hulu Sungai Selatan	3.207	4.912	8.119
7	Hulu Sungai Tengah	3.891	5.960	9.851
8	Hulu Sungai Utara	369	564	933
9	Tabalong	4.371	6.695	11.066
10	Tanah Bumbu	10.889	16.677	27.566
11	Balangan	1.467	2.246	3.713
12	Banjarmasin	544	833	1.377
13	Banjarbaru	852	1.306	2.158
Jumlah		65.755	100.714	166.469

Gambar 45 Populasi ternak sapi di Kalimantan Selatan

Sumber: Dinas Peternakan Kalimantan Selatan (2004) dalam Rohaeni (2006)

## 5.2. Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Bila ditinjau dari segi potensi kandungan gizi/nutrien limbah sawit sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai pakan ternak. Hasil beberapa penelitian yang dilaporkan menunjukkan bahwa limbah sawit mempunyai kandungan gizi pakan yang bervariasi tergantung jenis limbah (Tabel 42).

Menurut Mathius *et al.* (2003) diketahui bahwa sebagian besar limbah kelapa sawit mengandung serat kasar yang cukup tinggi. Selanjutnya bila produk limbah kelapa sawit dimanfaatkan untuk ternak dapat menyebabkan kekurangan nutrisi, sehingga menurunkan produktivitas.

Menurut Ibrahim (1981) yang disitasi Rohaeni (2006) ada empat macam perlakuan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas limbah sawit yaitu perlakuan fisik, kimia, fisik dan kimia, serta biologi.

Perlakuan fisik berupa pemotongan, penggilingan, perendaman, perebusan, dibuat pelet atau penjemuran/pengeringan. Perlakuan kimia yaitu menggunakan bahan kimia, misalnya NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>,

amonium hidroksida, urea, sodium karbonat, sodium klorida dan lain-lain (Ibrahim 1981 dalam Rohaeni 2006).

Perlakuan fisik dan kimia adalah menggabungkan kedua cara di atas. Perlakuan biologi dilakukan dengan menambah enzim, fungi, bakteri atau lainnya (Ibrahim 1981 dalam Rohaeni 2006).

Tabel 42 Kandungan gizi limbah kelapa sawit

Gizi	Limbah kelapa sawit						
	PS	LS	BIS	DS tanpa lidi	SP	TK	BS
BK (%)	86,2	91,1	91,8	46,18	93,11	92,1	88 - 92
PK (%)	5,8	11,1	15,3	14,12	6,2	3,7	1,6 - 3,2
SK (%)	48,6	17,0	15,0	21,52	48,1	47,93	36 - 39
LK (%)	5,8	12,0	8,9	4,37	3,22	4,7	0,6 - 1,0
BETN (%)	36,5	50,4	55,8	46,59	-	-	51 - 54
Abu (%)	3,3	9,0	5,0	13,4	5,9	7,89	2,8 - 3,2
Kalsium (%)	0,32	0,7	0,2	0,84	-	-	-
Forfor (%)	0,27	0,5	0,52	0,17	-	-	-
TDN (%)	29,8	45	65,4	-	-	-	-
GE (MJ/kg)	4,02	6,52	9,8	4,46	4,68	-	4,3 - 4,6

Keterangan: PS = pelepah sawit; LS = lumpur sawit; BIS = bungkil inti sawit; DS = daun sawit; SP = serat perasan, TK = tandan kosong; BS = batang sawit; BK = bahan kering; PK = protein kasar; SK = serat kasar; LK = lemak kasar

Sumber : Rohani (2006)

Menurut Ginting dan Elisabeth (1997), pemanfaatan silase pelepah dan batang kelapa sawit dapat menggantikan 25 - 50% pakan konsentrat untuk ternak ruminansia. Perlakuan yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan dari pelepah dan batang kelapa sawit dengan proses fermentasi menjadi silase, pengolahan dengan perlakuan NaOH dan perlakuan uap.

Oshio *et al.* (1988) yang disitasi Mathius *et al.* (2003) mengatakan bahwa pemberian batang sawit sebanyak 30 dan 70% konsentrat menghasilkan PBBH antara 0,66 - 0,72 kg/ekor.

Daun kelapa sawit merupakan salah satu hijauan yang disukai oleh ternak sapi, daun dihasilkan dari tunas panen yang dilakukan saat pemanenan TBS (Sitompul 2003 dalam Rohaeni 2006).

Pemanfaatan daun kelapa sawit harus dibuang dulu lidinya karena akan memberikan pengaruh kurang aman terhadap ternak. Daun kelapa sawit dapat diberikan segar untuk ternak sapi, namun bila diberikan lebih dari 20% perlu pengelolaan awal untuk meningkatkan nilai biologisnya (Winugroho & Maryati 1999).

Suharto (2003) dalam Rohaeni (2006) menyatakan bahwa serat buah sawit mempunyai kandungan energi (TDN 56%). Hal ini menunjukkan potensi yang baik, namun kekurangannya adalah kurang disukai ternak.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan palatabilitasnya adalah dengan memberikan perlakuan seperti fermentasi atau mencampur dengan bahan pakan lain sehingga menjadi konsentrat atau pakan lengkap. Pemanfaatan serat buah yang difermentasi sebanyak 15 - 30% untuk pakan sapi perah jantan memberikan kenaikan berat badan antara 1,33 - 1,74 kg/ekor/hari (Rohaeni 2006).



Gambar 46 Limbah tandan kosong kelapa sawit

Sumber: [www.infosawit.com](http://www.infosawit.com)

Tandan kosong dan serat perasan merupakan produk sampingan yang berpotensi, meskipun belum banyak dimanfaatkan. Hal ini disebabkan karena mengandung serat kasar yang cukup tinggi. Hingga saat ini kedua produk tersebut masih dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kompos (Mathius *et al.* 2003).

Tandan kosong sawit (TKS) merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit (PKS) yang jumlahnya sekitar 55 - 58% dari TBS (Gambar 46). Pemanfaatannya disarankan agar dicampur dengan bahan pakan lain yang berkualitas (Mathius *et al.* 2003).

Pemanfaatan tandan kosong untuk ternak sapi harus diberikan perlakuan fisik agar dihasilkan ukuran yang mudah untuk dikonsumsi ternak ( $\pm 2$  cm), pemberiannya antara 30 - 50%. Serat perasan merupakan hasil ekstraksi minyak sawit, mempunyai kandungan gizi dan nilai pencernaan yang rendah (24 - 30%) sehingga pemanfaatannya belum banyak disarankan (Mathius *et al.* 2003).



Gambar 47 Limbah lumpur pabrik pengolahan kelapa sawit  
Sumber: [sawitsawitsaw.blogspot.com](http://sawitsawitsaw.blogspot.com)

Lumpur sawit merupakan limbah yang dihasilkan dalam proses pemerasan buah sawit untuk menghasilkan minyak sawit kasar atau *crude palm oil* (CPO). Jumlah produksi lumpur sawit sangat tergantung dari jumlah buah sawit yang diolah (Sinurat 2003).



Menurut Suharto (2003) dalam Rohaeni (2006), pemanfaatan lumpur sawit memberikan hasil ganda yaitu menambah persediaan bahan pakan dan mengurangi polusi. Kekurangan dari lumpur sawit yaitu tingginya kadar air. Hal ini kemungkinan yang menyebabkan kurang disukai.

Pemanfaatan lumpur sawit untuk ternak tidak bisa tunggal karena kandungan energi rendah dan abu yang tinggi (Mathius *et al.* 2003). Menurut Sinurat (2003) untuk meningkatkan kualitas gizi lumpur sawit dapat dilakukan dengan fermentasi menggunakan *Aspergillus niger*. Selanjutnya hasil analisis proksimat limbah kelapa sawit dari Kalimantan Selatan disajikan pada Tabel 43.

Tabel 43 Kandungan gizi limbah sawit di Kalimantan Selatan

Gizi	Limbah kelapa serat sawit		
	Serat	Lumpur	Bungkil
Bahan kering (%)	61,76	23,64	90,49
Protein kering (%)	4,65	3,43	14,98
Serat kasar (%)	30,19	8,82	16,99
Lemak kasar (%)	2,37	3,67	14,53
Abu (%)	3,7	4,64	3,95
Kalsium (%)	0,48	0,3	-
Fosfor (%)	0,19	0,65	-
BETN (%)	20,85	3,24	-
Energi bruto (kal/g)	1993	774	-
TDN (%)			75,51

Sumber: Dinas Peternakan Kalimantan Selatan (2004)

Bungkil kelapa sawit merupakan produk samping yang mengandung nutrisi dan nilai biologis yang tinggi, maka pemanfaatannya tidak diragukan.

### 5.3. Pemanfaatan Bungkil Sawit sebagai Pakan Unggas

Bungkil Inti Sawit (BIS) merupakan hasil ikutan/sisa ekstraksi inti sawit pada pembuatan minyak sawit. Pada tahun 2004 di Sumatera Barat terdapat luas perkebunan kelapa sawit 273.000 ha dengan kapasitas produksi minyak sawit mentah mencapai 644.384 ton dan bungkil inti sawit 141.764 ton (BPS Sumbar 2004).

Kandungan gizi BIS berdasarkan bahan kering adalah protein kasar 18,60, lemak 6,05, serat kasar 21,08, kalsium 0,34 dan fosfor 0,57%. Penggunaan BIS sebagai pakan ternak unggas terbatas hanya 10% dalam ransum, hal ini disebabkan BIS mengandung serat kasar yang tinggi (Nuraini & Mahendra 2002).



Gambar 48 Bungkil inti sawit

Sumber: <http://mam.com.pk/palm-kernel-cake/>

Upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan serat kasar BIS dapat dilakukan menggunakan teknologi fermentasi. Teknologi fermentasi BIS dapat dilakukan menggunakan bakteri ataupun fungi seperti *Penicillium* sp. (Nuraini & Trisna 2006), isolat selulolitik belalang (Pranata 2015), fungi *Marasmius* sp. (Widjastuti *et al.* 2007) dan *Aspergillus niger* (Ketaren *et al.* 1999).

#### **5.4. Proses Pemanfaatan Bungkil Inti Sawit menjadi Pakan**

##### **5.4.1. Fermentasi menggunakan Isolat Selulolitik Belalang**

Fermentasi bungkil inti sawit menggunakan isolat selulolitik belalang dilakukan oleh Pranata (2015). Proses fermentasi menggunakan isolat selulolitik belalang adalah sebagai berikut:

- Isolat ditumbuhkan pada media cair pada pH 5,5 dan suhu 30 °C. Sampel saluran pencernaan belalang diambil dengan menggunakan peralatan yang sudah disterilkan menggunakan etanol 70%.
- Saluran pencernaan yang telah didapat dimasukkan ke dalam cawan petri dan dicuci kembali dengan akuades steril. Setelah bersih, sampel dihomogenkan dalam akuades dengan perbandingan 1 : 1.
- Mikrobia dari sampel belalang diinokulasikan sebanyak 10% dari volume medium pengkayaan menurut Omelianski (1902) dalam Skinner (1971) dengan komposisi 0,2 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0,1  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0,2 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 0,4 g  $\text{CaCO}_3$ , 2 mL NaCl 1%, 2 tetes resazurin (0,1%), 120 mL  $\text{H}_2\text{O}$  dan 80 mL larutan sampel.
- Sebagai substrat untuk mikrobia selulolitik ditambahkan selulosa sebanyak 2 g ke dalam medium. Kadar air bahan yang difermentasi dibuat 40%.
- BIKS sebanyak 5 kg diberi campuran inokulum mikrobia selulolitik sebanyak 30% dan dimasukkan dalam fermenter dengan kondisi anaerob, kemudian diinkubasi selama 21 hari pada suhu ruang.

#### 5.4.2. Fermentasi menggunakan fungi *Marasmius* sp.

Fermentasi bungkil inti sawit dapat dilakukan dengan mengacu pada Widjastuti *et al.* (2007). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bungkil Inti Sawit, fungi *Marasmius* sp., media agar ekstrak kentang-*Yeast* (PDAY) dan mineral standar ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,5%, KCl 0,05%,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,05%,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,01% dan mineral  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,001).

Tahapan fermentasi menggunakan fungi *Marasmius* sp. adalah sebagai berikut:

##### a. Pembuatan Media Ekstrak Kentang

- Sebanyak 300 g kentang diblender kemudian dimasak dalam 1.000 mL akuades selama 2,5 jam, disaring dengan kain kasa, dan ekstraknya ditambah 30 g gula pasir dan 15 g agar batang, dimasak sampai larut.
- Setelah larut kemudian ditutup dengan kapas dan diautoclave dengan tekanan 120 kPa (17 psi) selama 25 menit, kemudian didinginkan dengan meletakkannya pada posisi miring.

**b. Perbanyakkan Fungi**

- Biakan murni *Marasmius* sp. digoreskan pada media ekstrak kentang-*yeast* steril kemudian diinkubasikan pada suhu 30 °C selama 6 hari.

**c. Pembuatan Inokulum**

- Larutan inokulum terlebih dahulu dibuat dengan cara mengencerkan biakan murni dengan akuades steril kemudian larutan inokulum diinokulasikan pada 80 g BIS dan 15 g jagung steril serta 5% mineral, kemudian diinkubasi selama 2 minggu pada suhu 30 °C, dipanen dan dikeringkan pada suhu 40 °C, digiling dan siap diinokulasi.

**d. Fermentasi Bungkil Inti Sawit**

- Bungkil Inti Sawit sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam kantong plastik 15 x 25 cm, ditambahkan air sebanyak 60 mL kemudian dikukus selama 1 jam sejak air kukusan mendidih, didinginkan dan ditambahkan larutan mineral standar.
- Substrat yang telah ditambahkan larutan mineral standar kemudian diinokulasi dengan dosis inokulum sebanyak 5,0; 7,5; dan 10,0 %, kemudian diinkubasi dengan suhu kamar selama 2, 3 dan 4 minggu.
- Setelah masa inkubasi selesai, bungkil inti sawit yang telah difermentasi dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60 °C selama 24 jam dan setelah kering, digiling.

**e. Larutan Mineral Standar**

- Larutan mineral standar dibuat dengan melarutkan mineral yang terdiri atas mineral  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,5%, KCl 0,05%,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,05%,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,01% dan mineral  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,001 ke dalam 1.000 mL aquades. Larutan mineral standar ditambahkan ke dalam perlakuan, kemudian diaduk sampai homogen.

**5.4.3. Fermentasi menggunakan *Aspergillus niger***

Fermentasi bungkil sawit menggunakan *Aspergillus niger* diambil berdasarkan penelitian Supriyati *et al.* (2008). Bahan yang digunakan yaitu bungkil inti sawit (BIS) kering, *Aspergillus niger*, mineral anorganik dan bahan kimia. Proses fermentasinya adalah sebagai berikut:

- Bungkil inti sawit ditambah air sebanyak 600 mL per kg BIS, kemudian ditiriskan, agar tidak terlalu basah.
- Bahan yang telah ditiriskan, dikukus dan dibiarkan sampai uap air keluar dan ditutup, kemudian dibiarkan selama 30 menit. Proses selanjutnya didinginkan hingga suhunya  $\pm 70^{\circ}\text{C}$  dan diaduk bersama campuran mineral (Kompiang *et al.* 1994).
- Setelah itu dicampur dengan *Aspergillus niger* sebanyak 6 - 10 g per kg bahan, diaduk sampai merata dan dimasukkan ke dalam loyang plastik (*tray*). Selanjutnya difermentasi pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  selama 3 hari.
- Kemudian dilakukan proses enzimatik selama 2 hari dengan cara dipadatkan dalam kantong plastik dengan kondisi hampa udara. Pada proses enzimatik dipergunakan suhu ruang dan  $40^{\circ}\text{C}$ . Tahap selanjutnya adalah pengeringan dalam oven pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama lebih kurang 2 hari.

### 5.5. Pengaruh Fermentasi terhadap Kandungan Nutrisi Bungkil Inti Sawit

Proses fermentasi bungkil inti sawit sebagai pakan ternak mampu meningkatkan kandungan nutrisi yang dimiliki oleh bungkil inti sawit serta menurunkan kadar serat kasar.

Fermentasi terhadap BIS menyebabkan adanya perubahan kandungan nutrisi seperti kandungan protein kasar, fosfor, abu serta energi metabolisme (ME). Kandungan nutrisi bungkil inti sawit sebelum dan sesudah fermentasi menggunakan *Aspergillus niger* ditampilkan pada Tabel 44.

Peningkatan mutu BIS juga dipengaruhi oleh jenis mikroba. Penelitian yang dilakukan oleh Supriyati *et al.* (1998) mendapatkan nilai pencernaan bahan kering dan pencernaan protein meningkat dari 40,65% menjadi 45% dan 50,78% masing-masing menggunakan *A. niger* tipe liar dan NRRL 337. Nilai pencernaan protein BIS juga naik dari 63,87% menjadi 73,05% dan 74,91%.

Selanjutnya, menurut Supriyati *et al.* (1998), kandungan gizi yang dikandung oleh bungkil inti kedelai masih dapat ditingkatkan dengan proses enzimatik (protein kasar meningkat, sementara lemak dan serat

kasar menurun). Enzim dapat memecah struktur kimia, seperti asam amino, asam lemak dan karbohidrat sehingga usus halus dapat menyerap nutrisi dengan mudah (Anggreini *et al.* 2004).

Tabel 44 Kandungan nutrisi bungkil inti sawit sebelum dan sesudah fermentasi

Komponen	Sebelum fermentasi	Sesudah fermentasi	Peningkatan
Serat kasar (%)	21,7	19,75	-8,97
ME (kkal/kg)	2.087	2.413	15,62
Abu (%)	3,5	7,75	121,43
Kalsium (%)	0,36	0,35	-2,78
Pospor (%)	0,71	0,88	23,94
Lemak (%)	9,6	6,7	-30,21
Protein kasar (%)	14,19	25,06	76,6
Protein sejati (%)	14,19	18,99	33,83

Sumber: Bintal *et al.* (1999) dalam Afdi (2006)

Widjastuti *et al.* (2007) juga mendapatkan bahwa berat kering dan protein kasar dari bungkil inti sawit mengalami peningkatan dengan lamanya waktu fermentasi menggunakan fungi *Marasmius* sp., sedangkan kandungan serat kasar mengalami penurunan. Nilai energi metabolisme (ME), retensi nitrogen dan pencernaan dari bungkil inti sawit juga meningkat.

### 5.6. Pengaruh Pemberian Ransum Bungkil Inti Sawit kepada Unggas

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pranata (2015) kepada produksi puyuh jantan didapatkan bahwa pemberian bungkil inti sawit fermentasi dan bungkil inti sawit tidak mempengaruhi berat badan puyuh dan persentase karkas.

Pemberian BIS non fermentasi (NF) sebanyak 10, 20, 30% dan BIS fermentasi (F) sebanyak 10, 20, 30% menyebabkan peningkatan konsumsi pakan sebesar 3,4 sampai 24,7% dan konversi pakan puyuh sebesar 9,4 sampai 18,1%.

Tabel 45 Kadar protein kasar, protein sejati dan serat deterjen netral (SDN) BIS sebelum dan setelah fermentasi (%BK)

Parameter	Proses	<i>Aspergillus niger</i>	
		Liar	NRRL 337
Protein kasar	Tanpa fermentasi	14,19	
	Fermentasi 3 hari	25,17	25,55
	Enzimatis 2 hari	35,61	36,43
Protein sejati	Tanpa fermentasi	13,59	
	Fermentasi 3 hari	19,75	20,25
	Enzimatis 2 hari	24,35	25,06
SDN	Tanpa fermentasi	63,96	
	Fermentasi 3 hari	57,42	57,14
	Enzimatis 2 hari	53,12	51,94

Sumber: Supriyati *et al.* (1998)

Tabel 46 Peningkatan nutrisi bungkil inti sawit menggunakan fungi *Marasmius* sp.

Parameter	2 Minggu	3 Minggu	4 Minggu
Penambahan berat kering (%)	54,02	75,69	76,23
Peningkatan kandungan protein kasar (%)	5,08	27,62	25,65
Penurunan serat kasar (%)	14,25	38,28	38,59

Sumber: Widjastuti *et al.* (2007)

Penelitian lain dilakukan oleh Ketaren *et al.* (1999) yang menggunakan bungkil inti sawit sebagai pakan ayam pedaging. Hasil yang didapatkan yaitu bungkil inti sawit yang belum (BIS) maupun yang sudah difermentasi (FBIS) dapat dipakai 5% dalam pakan ayam pedaging.

Dengan pemberian kadar (5%) tersebut maka dihasilkan nilai konversi pakan yang lebih baik daripada kontrol. Pemberian BIS dan FBIS tidak menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap persentase karkas ayam yang dihasilkan tetapi pemberian FBIS nyata menghasilkan lemak abdomen yang lebih rendah dibandingkan dengan BIS dan pakan kontrol (Ketaren *et al.* 1999).

Tabel 47 Pengaruh pemberian bungkil inti kelapa sawit fermentasi (F) dan non-fermentasi (NF) terhadap penampilan produksi puyuh jantan

Kandungan	Parameter			
	Konsumsi pakan (g/ekor/minggu)	Pertambahan bobot badan (g/ekor/35 hari)	Konversi pakan (%)	Karkas (%)
NF 0%	66,24	123,55	2,86	65,35
NF 10%	68,5	122,34	2,81	64,68
NF 20%	77	118,35	3,38	64,87
NF 30%	80,08	122,24	3,17	65,2
F 10%	73,88	119,24	3,13	66,57
F 20%	80,43	124,72	3,28	65,36
F 30%	82,62	121,95	3,31	64,87

Sumber: Pranata (2015)

Nuraini dan Trisna (2006) menggunakan BIS yang difermentasi dengan *Penicillium* sp. sebagai pakan ayam pedaging. Hasil yang didapat yaitu BIS fermentasi dapat dipakai sampai level 30%. Penggunaan bungkil inti sawit dalam ransum dengan perlakuan hingga 30% mampu meningkatkan rataan konsumsi ransum dan efisiensi ransum, serta menambah bobot badan dari ayam pedaging (Tabel 48).

Tabel 48 Pengaruh pemberian BIS dan FBIS terhadap konsumsi pakan, bobot badan dan FCR ayam pedaging (0 - 6 minggu)

Perlakuan	Kadar (%)	Konsumsi pakan (g/ekor)	Bobot badan	FCR (g/g)	Karkas (% bobot hidup)	Lemak abdomen (% bobot hidup)
Kontrol		3.252	1.500	2,22	66,87	1,79
BIS	5	3.153	1.502	2,16	66,87	2,18
	10	3.074	1.426	2,22	64,99	1,92
	15	3.071	1.513	2,09	63,39	1,14
FBIS	5	3.161	1.513	2,09	66,08	1,38
	10	3.114	1.438	2,23	65,19	1,61
	15	3.176	1.409	2,32	65,96	1,3

Sumber: Ketaren *et al.* (1999)



Tabel 49 Rataan konsumsi ransum, efisiensi ransum dan pertambahan bobot badan pada ayam pedaging

Perlakuan	Parameter		
	Konsumsi ransum	Efisiensi ransum (%)	Pertambahan bobot badan (g/ekor)
0%	1.418,59	63,79	904,45
15%	1.450,31	64,23	931,8
20%	1.424,48	64,43	917,75
25%	1.415,43	64,06	906,57
30%	6.313,79	64,36	910,72

Sumber: Nuraini & Trisna (2006)

## Daftar Pustaka

- Afdi E. 2006. Peningkatan mutu limbah sawit untuk pakan ternak melalui proses fermentasi. *Prosiding Peternakan* 2006. hlm 163-70.
- Anggreini EA, Sidiq F, Wardani WW. 2014. Kualitas nutrisi dari berbagai cara pengolahan bungkil inti sawit. Bekasi (ID).
- Diwyanto K, Sitompul K, Manti I, Mathius IW, Soentoro. 2003. Pengkajian pengembangan usaha sistem integrasi kelapa sawit. *Prosiding Lokakarya Nasional: Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. 9 – 10 September 2003. Bengkulu (ID). hlm 11-22.
- Elisabeth J, Ginting SP. 2003. Pemanfaatan hasil samping industri kelapa sawit sebagai bahan pakan ternak sapi potong. *Prosiding Lokakarya Nasional: Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*; 9 - 10 September 2003. Bengkulu (ID). hlm 110-9.
- Ginting SP, Elisabeth J. 2003. Teknologi pakan berbahan dasar hasil sampingan perkebunan kelapa sawit. *Prosiding Lokakarya Nasional: Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. 9 - 10 September 2003. Bengkulu (ID). hlm 129-36.
- Ketaren PP, Sinurat AP, Zainuddin D, Purwdaria T, KOMPIANG IP. 1999. Bungkil inti sawit dan produk fermentasinya sebagai pakan ayam broiler. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 4(2): 107-12.
- Lubis AU. 1992. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia. Sumatera Utara (ID): Pusat Penelitian Perkebunan Marihat-Bandar Kuala.
- Mathius IW, Sitompul D, Manurung BP, Asmi. 2003. Produk samping tanaman dan pengolahan buah kelapa sawit sebagai bahan dasar pakan komplit untuk suatu tinjauan. *Prosiding Lokakarya Nasional: Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. 9 - 10 September 2003. Bengkulu (ID). hlm 120-8.
- Nuraini, Trisna A. 2006. Respons broiler terhadap ransum yang mengandung bungkil inti sawit fermentasi dengan *Penicillium* sp. *Jurnal Agribisnis Peternakan* 2(2): 45-8.
- Pranata A. 2015. Pengaruh pemberian bungkil inti kelapa sawit yang difermentasi menggunakan isolat selulolitik dari belalang Kembara pada pakan terhadap penampilan produksi puyuh jantan. *Buletin Peternakan* 39(1): 49-56.
- Purba A, Ginting SP. 1997. Integrasi perkebunan kelapa sawit dengan ternak ruminansia. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 5(2): 55-60.
- Rohaeni ES. Potensi limbah sawit untuk pakan ternak sapi di Kalimantan Selatan. *Lokakarya Nasional Tanaman Pakan Ternak*. Kalimantan Selatan (ID): BPTP Kalimantan Selatan.
- Sinurat AP. 2003. Pemanfaatan lumpur sawit untuk bahan pakan unggas. *Wartazoa* 13(2): 39-47.
- Supriyati, Pasaribu T, Hamid H, Sinurat A. 1998. Fermentasi bungkil inti sawit secara substrat padat dengan menggunakan *Aspergillus niger*. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 3(3): 165-70.

- Widjastuti T, Abun, Tanwiriah W, Asmara IY. 2007. Pengolahan bungkil inti sawit melalui fermentasi oleh jamur *Marasmius* sp. guna menunjang bahan pakan alternatif untuk ransum ayam broiler. Makalah Ilmiah. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Winugroho M, Maryati. 1999. Kecernaan daun kelapa sawit sebagai pakan ternak ruminasia. Laporan APBN 1998/1999. Bogor (ID): Balai Penelitian Ternak.

## **VI. LIMBAH SINGKONG**

### **6.1. Kulit Singkong**

Kulit singkong sering kali dianggap sebagai limbah yang tidak berguna oleh sebagian industri berbahan baku singkong. Oleh karena itu, bahan ini masih belum banyak dimanfaatkan dan dibuang begitu saja dan umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak. Kulit singkong dapat menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi, antara lain diolah menjadi tepung mocaf (Salim 2011).

Persentase kulit singkong kurang lebih 20% dari umbinya sehingga per kg umbi singkong menghasilkan 0,2 kg kulit singkong. Kulit singkong lebih banyak mengandung racun asam biru dibandingkan daging umbi yakni 3 - 5 kali lebih besar, tergantung rasanya yang manis atau pahit. Jika rasanya manis, kandungan asam birunya rendah sedangkan jika rasanya pahit, kandungan asam birunya lebih banyak (Salim 2011).



Gambar 49 Limbah kulit singkong

Sumber: [www.semarang.bisnis.com](http://www.semarang.bisnis.com)

Kulit singkong memiliki kandungan HCN yang sangat tinggi yaitu sebesar 18,0 - 309,4 ppm untuk per 100 g kulit singkong (Richana 2013). HCN atau asam sianida merupakan zat yang bersifat racun baik dalam bentuk bebas maupun kimia, yaitu glikosida, sianogen phaseulonathin, linamarin dan metillinamarin/lotaustrain (Coursey 1973 dalam Nindianti 2014).

Jika dikonsumsi terus menerus maka akan menimbulkan penyakit *tropical ataxic neuropathy* dengan gejala timbulnya lesu pada saraf mata dan pendengaran, meningkatkan kadar tiosianat dalam darah serta menyebabkan penyakit gondok. Namun, asam sianida ini mudah hilang selama kulit singkong diproses terlebih dahulu dengan cara perendaman, pengeringan, perebusan, dan fermentasi (Nindianti 2014).

## 6.2. Pemanfaatan Kulit Singkong menjadi Bioetanol

Kulit singkong merupakan salah satu sumber bioetanol dari bahan berserat. Persentase jumlah limbah kulit bagian luar (berwarna coklat dan kasar) sebesar 0,5 - 2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam (berwarna putih kemerah-merahan dan halus) sebesar 8 - 15% (Hikmiyati & Yanie 2010).

Teknologi pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong menggunakan hidrolisa asam dan enzimatis merupakan alternatif dalam mendukung program pemerintah dalam penyediaan bahan bakar non migas terbarukan yaitu BBN (bahan bakar nabati), sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisa asam dan enzimatis yang berkualitas (Hikmiyati & Yanie 2010).

Pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong dilakukan melalui dua tahap yaitu proses hidrolisa asam yang kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi (Hikmiyati & Yanie 2010).

Proses hidrolisa dilakukan untuk mengubah selulosa dari kulit singkong menjadi glukosa. Hidrolisa dengan asam akan memutuskan ikatan polisakarida dan sekaligus memasukkan elemen H<sub>2</sub>O. Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) untuk mengubah glukosa menjadi alkohol (Hikmiyati & Yanie 2010).

Tabel 50 Komposisi kimia dalam kulit singkong/100 g

Parameter	Komposisi (%)
Air	59,40
Karbohidrat	38,70
Lemak	0,20
Protein	0,70
Abu	1,00

Sumber: Artiyani (2011)

### 6.2.1. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Singkong

Proses pembuatan bioetanol dari kulit singkong dapat mengacu pada penelitian Hikmiyati dan Yanie (2010). Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kulit singkong,  $H_2SO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ , fermipan, akuades, NaOH, DNS, KOH.

Alat yang digunakan adalah tangki hidrolisa yang dilengkapi pengaduk, koil pemanas dan termostat serta tangki fermentasi dengan *fermentor lock*. Proses pembuatan bioetanol kulit singkong adalah sebagai berikut:

#### a. Proses *Pretreatment*

Dalam proses pembuatan bioetanol, sebaiknya dilakukan proses *pretreatment* terhadap bahan baku yang akan digunakan. Penelitian yang dilakukan oleh Hikmiyati dan Yanie (2010) tidak menggunakan proses *pretreatment* kulit singkong sebelum dihidrolisis. Proses *pretreatment* ini mengacu pada penelitian Artiyani (2011). Tahapan *pretreatment* limbah kulit singkong adalah sebagai berikut:

- Kulit singkong dicuci bersih, dipotong kecil-kecil, dikeringkan dan dihaluskan seperti tepung.
- Kulit singkong yang telah halus direndam menggunakan NaOH 10% selama 30 menit.
- Setelah direndam, kulit singkong dipanaskan pada suhu 115 °C selama 1 jam.
- Suspensi yang terbentuk selanjutnya disaring sehingga terpisah filtrat dan residu selulosanya.

## b. Proses Hidrolisis

- Sebanyak 500 g tepung kulit singkong dihidrolisa dengan 5 liter larutan  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  0,3 M pada suhu  $120^\circ C$  selama 30 menit. Kemudian hasil hidrolisa dianalisa kadar glukosanya dengan spektrofotometer.
- Dari hasil analisa glukosa, konsentrasi asam yang menghasilkan kadar glukosa tertinggi digunakan untuk menghidrolisa tepung kulit singkong, lalu dilanjutkan dengan proses fermentasi cairan hasil hidrolisa menggunakan fermipan (ragi roti) dengan waktu fermentasi 96 jam.

## c. Proses Fermentasi

- Sebelum dilakukan proses fermentasi, larutan hasil hidrolisa disaring dan diatur pHnya sampai 4,5 - 5 dan ditambahkan nutrient  $KH_2PO_4$  dan  $(NH_4)_2SO_4$  masing-masing sebanyak 3 g/L.
- Sebelum proses fermentasi, dilakukan inokulasi *yeast* dengan cara fermipan 5 g dimasukkan ke dalam larutan hasil hidrolisa sebanyak 5% dari volume total, kemudian diaerasi selama 24 jam. Inokulum ditambahkan ke dalam sisa larutan hidrolisa dan dilakukan proses fermentasi secara anaerob.
- Pada hasil fermentasi akan terbentuk 3 lapisan yaitu lapisan protein dan etanol-air pada 2 lapisan teratas. Lapisan etanol-air dipisahkan dengan endapannya (protein), kemudian campuran etanol-air dianalisa untuk mengetahui kadar etanol (% v/v) yang dihasilkan.

## d. Distilasi

Proses distilasi ini mengacu pada Sukmawati dan Milati (2009), tahapan distilasi etanol dari kulit singkong adalah sebagai berikut:

- Analisa kadar etanol dengan piknometer
  - a) Piknometer kosong ditimbang dalam keadaan bersih dan kering (a g)
  - b) Piknometer diisi dengan akuades yang telah diketahui berat jenisnya ( $r$ ) lalu ditimbang kembali (b g). Volume piknometer yang sebenarnya dihitung menggunakan:

$$V_{piknometer} = \frac{(b-a) \text{ gram}}{\rho \text{ aquadest}}$$

- c) Isi piknometer menggunakan etanol hasil fermentasi, lalu timbang berat piknometer (c g). Berat jenis larutan didapat menggunakan persamaan:

$$\rho \text{ etanol} = \frac{(c-a) \text{ gram}}{v \text{ piknometer}}$$

### 6.2.2. Karakteristik Bioetanol Kulit Singkong

Penelitian Artiyani (2011) yang membuat bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* mendapatkan proses *pretreatment* yang optimum adalah *pretreatment* dengan NaOH 10%.

*Pretreatment* ini mendegradasi lignin dan banyak menghasilkan glukosa. Lignin yang tertinggal dalam tepung hanya sebesar 2,035% dan kadar glukosa yang diperoleh sebesar 4,279% (Artiyani 2011).

Bioetanol yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh teknik hidrolisis yang dilakukan dalam pembuatan bioetanol. Penelitian Artiyani (2011) mendapatkan proses hidrolisis yang baik dalam menghasilkan glukosa adalah hidrolisis asam dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4% dengan waktu hidrolisis 240 menit.

Sedangkan hidrolisis biologis *Trichoderma viride* menghasilkan glukosa terbaik pada konsentrasi 1% dengan waktu hidrolisis 72 jam. Konsentrasi kadar glukosa menggunakan hidrolisis kimia dan biologi disajikan pada Tabel 51 dan Tabel 52.

Penelitian yang dilakukan oleh Hikmiyati dan Yanie (2010) mendapatkan bahwa Konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang paling optimum pada proses hidrolisa adalah 0,3 M dengan kadar glukosa yang dihasilkan sebesar 28,31 g/L. Waktu fermentasi optimum dicapai pada saat 96 jam dengan kadar etanol 1,95 % (v/v) dan densitas sebesar 1,052 g/mL. Hasil penelitian Hikmiyati dan Yanie disajikan pada Gambar 50 dan Gambar 51.



Tabel 51 Konsentrasi glukosa dari proses hidrolisis asam menggunakan  $H_2SO_4$  dengan variasi konsentrasi dan lama hidrolisis

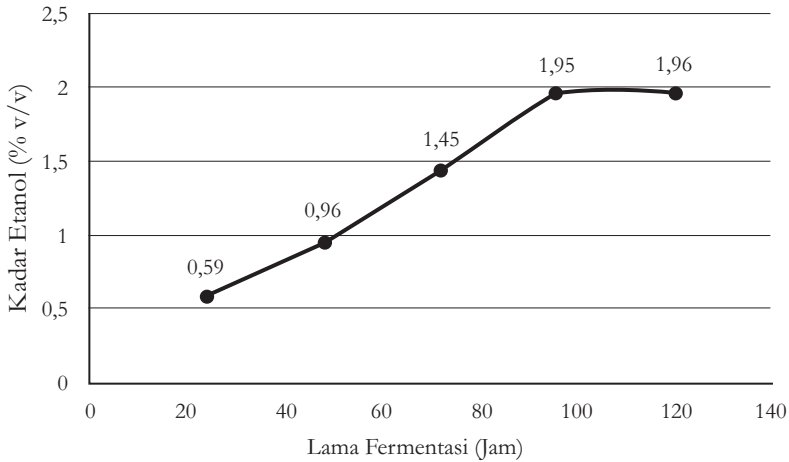
Waktu (Menit)	Konsentrasi $H_2SO_4$ (%)	Gula Reduksi (%)
120	0,25	2,32
	2,5	2,72
	4	3,14
180	0,25	2,66
	2,5	3,33
	4	3,66
240	0,25	3,09
	2,5	3,64
	4	4,16

Sumber: Artiyani (2011)

Tabel 52 Konsentrasi glukosa dari hidrolisis biologis pada variasi konsentrasi dan lama hidrolisis menggunakan *T. viride*

Waktu (jam)	Konsentrasi <i>T. viride</i> (%)	Gula reduksi (%)
24	0,5	1,34
	0,75	2,52
	1	2,64
48	0,5	1,52
	0,75	2,01
	1	2,74
72	0,5	1,66
	0,75	2,16
	1	3,01

Sumber: Artiyani (2011)



Gambar 50 Kurva pengaruh lama fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan  
Sumber: Hikmiyati & Yanie (2010)

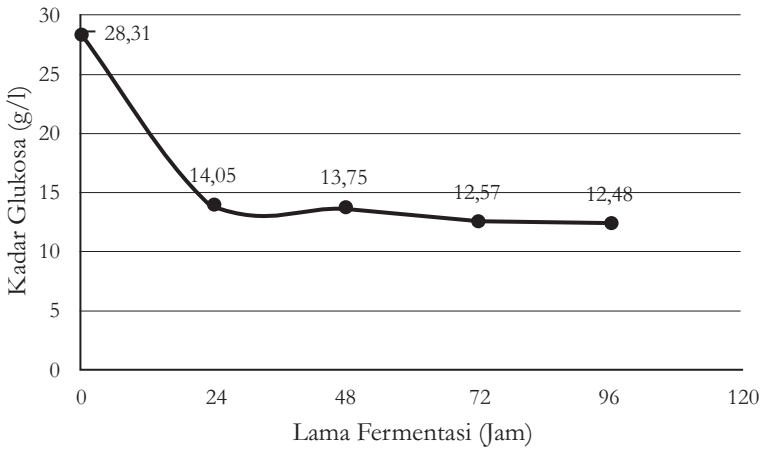
Dari Gambar 50, etanol yang didapat dari hasil uji Hikmiyati dan Yanie (2010) memiliki kadar etanol yang semakin besar dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini juga berhubungan dengan jumlah pengurangan glukosa (*reducing sugar*) pada tiap waktu fermentasi.

Dari hasil penelitian didapat bahwa semakin lama waktu fermentasi, jumlah pengurangan glukosa (*reducing sugar*) juga semakin besar. Glukosa digunakan sebagai makanan untuk pertumbuhan mikroba dan pembentukan etanol sebagai produk fermentasi.

Semakin besar jumlah pengurangan glukosa maka etanol yang terbentuk pun semakin banyak, sehingga kadar (% v/v) dari etanol pun semakin besar (Hikmiyati & Yanie 2010).

Berdasarkan kadar % v/v dari etanol dan *reducing sugar* pada Gambar 50 dan 51 dapat dijelaskan bahwa pada saat 96 jam mikroba (*Saccharomyces cerevisiae*) memiliki aktivitas paling besar atau berada pada *logarithmic phase*. Setelah 96 jam, mikroba akan mengalami *stationary phase*, jumlah mikroba yang tumbuh sama banyaknya dengan mikroba yang mati sehingga etanol yang terbentuk cenderung konstan (Hikmiyati & Yanie 2010).

Setelah itu mikroba akan berlanjut menuju *death phase*/fase kematian. Hal ini sesuai dengan pertumbuhan mikroba. Pada saat 24, 48 dan 72 jam etanol yang dihasilkan belum optimal karena *yeast Saccharomyces cerevisiae* berada pada tahap *lag phase* dan *exponential phase*. Dengan demikian aktivitas untuk pembentukan produk etanol belum optimal (Hikmayati & Yanie 2010).



Gambar 51 Kurva pengaruh waktu fermentasi terhadap pengurangan kadar glukosa  
 Sumber: Hikmiyati & Yanie (2010)

## Daftar Pustaka

- Artiyani A. 2011. Bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae*. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-16020-Abstract\\_id.pdf](http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-16020-Abstract_id.pdf) (18 Agustus 2016).
- Hikmiyati N, Yanie NS. 2010. Pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisa asam dan enzimatis. Semarang (ID): Universitas Diponegoro. [http://eprints.undip.ac.id/3644/1/MAKALAH\\_BIOETANOL\\_DARI\\_KULIT\\_SINGKONG\\_Nopita\\_pdf.Pdf](http://eprints.undip.ac.id/3644/1/MAKALAH_BIOETANOL_DARI_KULIT_SINGKONG_Nopita_pdf.Pdf) (18 Agustus 2016).
- Salim E. 2011. Mengolah singkong menjadi tepung mocaf. Bisnis produk alternatif pengganti terigu. Yogyakarta (ID): Lily Publisher.
- Sukmawati RF, Milati S. 2009. Pembuatan bioetanol dari kulit singkong. Laporan Tugas Akhir. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Nindianti RT. 2014. Pemanfaatan limbah kulit singkong dan gliserin dari minyak jelantah dalam pembuatan plastik *biodegradable* [Laporan akhir]. Palembang (ID): Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Richana N. 2013. Mengenal potensi ubi kayu & ubi jalar. Bandung (ID): Nuansa Cendikia.

### 6.3. Fermentasi Kulit Singkong sebagai Pakan Ternak

Kulit singkong saat ini mulai banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Sandi *et al.* 2013). Wikanastri *et al.* (2012) menyatakan bahwa kandungan energi (TDN) dan nutrisi dalam limbah kulit singkong yaitu bahan kering 17,45%, protein 8,11%, TDN 74,73%, serat kasar 15,20%, lemak kasar 1,29%, kalsium 0,63%, dan fosfor 0,22%.

Tabel 53 Komposisi kimia kulit umbi singkong

Kandungan nutrisi	Kulit umbi
Protein kasar (%)	4,80
Serat kasar (%)	21,20
Ekstrak eter (%)	1,22
Abu (%)	4,20
Ekstrak tanpa N (%)	68,00
Ca (%)	0,36
P (%)	0,11
Mg (%)	0,23
Energi metabolis (kkal/kg)	2960

Sumber: Devendra (1977) dalam Hidayat (2009)

Penggunaan kulit singkong sebagai pakan ternak ada kekurangannya yaitu karena adanya zat anti nutrisi HCN. HCN dapat dikurangi dengan perlakuan fisik dan biologis. Perlakuan fisik di antaranya dengan pemanasan, pencacahan dan perendaman. Sedangkan perlakuan biologis dapat dilakukan dengan fermentasi (Prasetyo 2005).

Pada fermentasi substrat padat terjadi peristiwa biodegradasi senyawa polimer karena aktivitas metabolisme mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan dapat berupa bakteri maupun fungi (Tijani *et al.* 2012 dalam Stephanie & Purwadaria 2013).

Fungi lebih disarankan untuk substrat seperti kulit singkong karena miselia fungi dapat meliputi substrat selama pertumbuhannya sambil mengekskresikan enzim hidrolisis yang dapat mengurai lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang terdapat pada kulit singkong xilanase (Tijani *et al.* 2012 dalam Stephanie & Purwadaria 2013).

*Panus tigrinus* diketahui dapat menghasilkan peroksidase, lakase, selobiase, endoglukanase dan xilanase (Tijani *et al.* 2012 dalam

Stephanie & Purwadaria 2013). *Aspergillus flavus*, *A. niger* dan *Penicillium* sp. diketahui dapat menghasilkan selulase, amilase, hemiselulase, katalase, pektinase dan xilanase (Purwadaria *et al.* 1997 & Iyayi 2004 dalam Stephanie & Purwadaria 2013).

*Leuconostoc mesenteroides* yang menghasilkan enzim  $\beta$ -glukosidase juga bisa digunakan untuk menurunkan kandungan HCN kulit singkong (Sandi *et al.* 2013).

### 6.3.1. Teknologi Fermentasi Kulit Singkong

Penelitian fermentasi pada kulit singkong telah banyak dilakukan, Darma *et al.* (1991) mengemukakan proses fermentasi tersebut:

- Kulit singkong dicuci dengan air bersih untuk dihilangkan kotorannya yang menempel, setelah bersih ditiriskan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam.
- Kulit singkong yang telah kering tersebut digiling berbentuk butiran kecil yang bertujuan untuk memperluas permukaan fermentasi.
- Kulit singkong kemudian dikukus dengan penambahan air bersih pada kulit singkong giling dengan perbandingan 1,2 : 1. Pengukusan dilakukan selama 30 menit dihitung pada saat uap air mulai keluar dari permukaan atas kulit singkong yang dikukus. Setelah terjadi gelatinisasi dan matang, diangkat lalu didinginkan.
- Substrat yang telah dingin diberi urea dan garam mineral dengan perbandingan untuk satu kg kulit singkong matang ditambah 31,25 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 16,7 g urea, 7,19 g  $\text{NaPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 2,08 g  $\text{MgSO}_4$ , 0,63 KCl, 0,31 g ferrosulfat dan 0,28 g  $\text{CaCl}_2$ .
- Setelah urea dan mineral bercampur merata, lalu diinokulasikanlah spora fungi *Aspergillus niger* pada substrat sebanyak 1 g dengan konsentrasi spora  $10^{12}$ /g. Substrat yang telah diberi spora diletakkan pada wadah persegi empat yang berlubang terutama pada bagian dasarnya untuk membuang uap air yang terbentuk selama fermentasi.
- Fermentasi dilakukan pada ruangan bersuhu 32 - 33 °C dengan kelembaban 90% selama 3 - 4 hari di mana miselium dari fungi *A. niger* telah menyebar merata dan berwarna putih.

- Setelah selesai proses fermentasi, produk dipotong-potong dan dikeringkan dalam oven yang bersuhu 60 °C selama 48 jam. Produk yang telah kering tadi, lalu digiling sehingga hasil akhirnya berupa tepung.

### 6.3.2. Karakteristik Kulit Singkong Fermentasi

Penelitian Hersoelistyorini dan Abdullah (2010) dalam Wikanastri *et al.* (2012) menyatakan bahwa proses fermentasi menggunakan inokulum ragi tape dapat meningkatkan kandungan protein kulit singkong dari 10,03% menjadi 20,91% pada fermentasi hari kelima. Dengan demikian, selain dapat menurunkan kadar sianida dalam kulit singkong, proses fermentasi juga dapat meningkatkan kandungan protein bahan (Tabel 54).

Purwadaria *et al.* (1997) dalam Stephanie & Purwadaria (2013) melaporkan proses fermentasi kulit singkong dengan *A. niger* menurunkan kadar pati pada awal fermentasi sampai dengan masa inkubasi hari ketiga, sedangkan kadar serat kasar mengalami kenaikan. Penurunan kadar pati berkorelasi dengan produksi amilase, sedangkan kadar serat berkorelasi dengan kadar kitin pada dinding sel miselia.

Serat kasar mengalami penurunan setelah kadar pati relatif rendah dan produksi enzim selulase terinduksi pada hari ke-4, berlanjut sampai dengan hari ke-5 fermentasi. Dapat disimpulkan induksi selulase terjadi untuk memecah selulosa menjadi gula sederhana yang digunakan fungi untuk mempertahankan pertumbuhannya.

Produksi selulase pada kulit singkong yang difermentasi dengan *Rhizopus* sp. dilaporkan pula oleh Ofuya dan Nwajiuba (1990) dalam Stephanie dan Purwadaria (2013). Produksi enzim selulase yang tidak diproduksi unggas ini akan sangat berguna bila tetap dapat dipertahankan setelah proses pengeringan produk fermentasi.

Tabel 54 Komposisi kimia kulit singkong tanpa fermentasi dan setelah fermentasi menggunakan *Aspergillus niger*

Zat gizi	Tanpa fermentasi <sup>*</sup>	Fermentasi dengan <i>A. niger</i> <sup>**</sup>
HCN (%)	-	0
Urea	-	0,48
Protein kasar (%)	4,80	28
Serat kasar (%)	21,20	14,96
Ekstrak eter (%)	1,22	-
Abu (%)	4,20	-
Ekstrak tanpa N (%)	68,00	-
Ca (%)	0,36	1,69
P (%)	0,11	0,68
Mg (%)	0,23	-
Energi metabolis (kkal/kg)	2960	2700

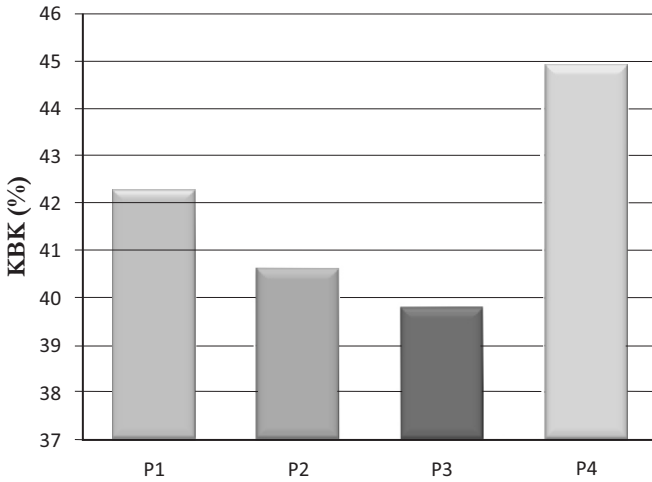
Sumber: <sup>\*</sup>Devendra (1997) dan <sup>\*\*</sup>Supriyadi (1995) dalam Hidayat (2009)

Berdasarkan Sandi *et al.* (2013), proses ensilase kulit singkong dapat menurunkan kandungan HCN kulit singkong segar sampai fermentasi hingga 100%. Semakin tinggi penggunaan kulit singkong yang difermentasi menggunakan *Leuconostoc mesenteroides* tidak menunjukkan perbedaan yang berarti pada pencernaan bahan kering (KBK) maupun pencernaan bahan organik (KBO) (Gambar 52 dan Gambar 53).

Pada penelitian Oboh (2006), terjadi penurunan kadar sianogenik sebesar 86,1% setelah fermentasi. Hal ini didukung pula dengan penelitian Adamafio *et al.* (2010) yang penurunannya mencapai 86,2%.

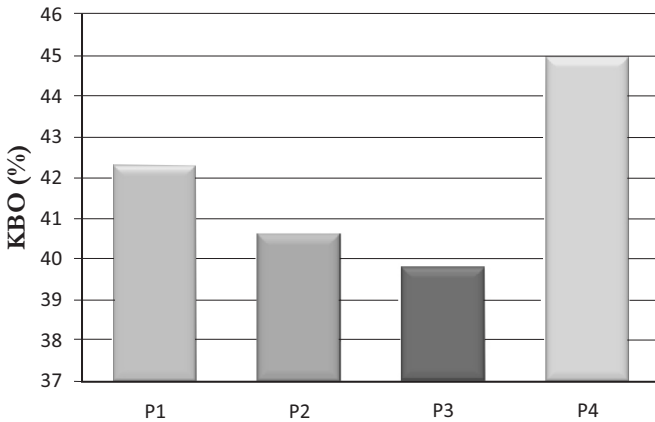
Persentase penurunan kadar senyawa sianogenik melalui proses fermentasi jauh lebih besar dibandingkan dengan proses pemanasan atau pengeringan yang penurunannya hanya berkisar 47%. Hal ini disebabkan oleh mikroorganismenya yang digunakan untuk fermentasi juga dapat mengekskresikan enzim linamarase ekstraseluler sehingga senyawa sianogenik yang didegradasi pun menjadi lebih banyak Adamafio *et al.* (2010).





Gambar 52 Rataan pencernaan bahan kering (KBK) pada perlakuan pakan tanpa kulit singkong fermentasi (P1), pakan dengan ensilase kulit singkong 10% (P2), 20% (P3), dan 30% (P4).

Sumber: Sandi *et al.* (2013)



Gambar 53 Rataan pencernaan bahan kering pada perlakuan pakan tanpa kulit singkong fermentasi (P1), pakan dengan ensilase kulit singkong 10% (P2), 20% (P3), dan 30% (P4)

Sumber: Sandi *et al.* (2013)

### **6.3.3. Pemanfaatan Kulit Singkong Fermentasi sebagai Pakan Unggas**

Penggunaan kulit singkong untuk pakan ternak non-ruminansia masih sangat terbatas karena kadar seratnya yang cukup tinggi dapat menghambat pertumbuhan ternak monogastrik, terutama unggas. Sebaliknya pada ternak ruminansia proses fermentasi pada rumen mencerna serat dengan bantuan enzim pengurai serat yang dihasilkan mikroba rumen (Stephanie & Purwadaria 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Masroh *et al.* (2014) yang menambahkan tepung kulit singkong fermentasi pada pakan puyuh, didapatkan bahwa penambahan tepung kulit singkong terfermentasi sampai tingkat 10% mampu meningkatkan konsumsi pakan namun menurunkan konversi pakan pada burung puyuh.

Wiradimaja *et al.* (2005) dalam Masroh *et al.* (2014) melaporkan puyuh pertama bertelur berumur antara 35 - 72 hari dengan rata-rata umur 41 hari. Namun Diwayanti (2012) dalam Masroh *et al.* (2014) menyatakan bahwa puyuh mencapai rata-rata dewasa kelamin pada umur enam minggu (42 hari), tetapi ditemukan juga yang lebih lama/tua dari umur tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Masroh *et al.* (2014) memperoleh data umur pertama bertelur 46 - 48 hari. Suprijatna *et al.* (2007) dalam Masroh *et al.* (2014) menambahkan bahwa umur pertama bertelur pada puyuh lebih lama disebabkan oleh laju pertumbuhan yang terhambat karena menurunnya sintesis protein akibat cekaman panas.

Supriyadi (1995) menyatakan bahwa penggunaan produk fermentasi kulit singkong sampai 10% tidak mengakibatkan penurunan pertambahan bobot badan ayam pedaging, tetapi pada tingkat penggunaan di atas 10% menimbulkan penurunan pertambahan bobot badan penggunaan produk fermentasi kulit singkong. Hal ini diduga karena nilai kecernaan protein produk fermentasi bernilai rendah bagi ternak unggas.

Tabel 55 Data rata-rata konsumsi pakan, penambahan bobot badan, konversi pakan dan umur pertama bertelur dari puyuh yang diberikan kulit singkong fermentasi

Parameter	Konsentrasi kulit singkong fermentasi (%)			
	0	8	10	12
Konsumsi pakan (g/ekor/hari)	14,28±0,25	15,25±0,27	15,70±0,22	15,62±0,71
Pertambahan bobot badan (g/ekor/hari)	3,69±0,09	3,67±0,13	3,61±0,19	3,71±0,07
Konversi pakan	3,88±0,12	4,16±0,17	4,36±0,24	4,21±0,18
Umur pertama bertelur (hari)	46,83±2,04	47,17±1,47	47,33±1,97	48,17±2,23

Sumber: Masroh *et al.* (2014)

Supriyadi (1995) menyatakan bahwa nilai pencernaan protein dari hasil fermentasi kulit singkong hanya 55,69%, jauh di bawah syarat kualitas bahan pakan berkualitas baik, yaitu yang mempunyai nilai pencernaan protein minimal 85% (Hidayat 2009).

Tabel 56 Berbagai perlakuan kulit singkong terhadap konversi pakan

Perlakuan	Kadar produk pada pakan (%)	Konversi pakan	Jenis ayam
Tanpa fermentasi	21,2	2,7	Petelur*
Rendam air abu	29,7	2,8	Petelur
Fermentasi ( <i>A. niger</i> )	10	2,1	Pedaging**

Sumber: \*Olamdujoye *et al.* (2010); \*\*Supriyadi (1995)

## Daftar Pustaka

- Adamafio NA, Sakyamah M, Tettey J. 2010. Fermentation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) pulp juice improves nutritive value of cassava peel. Afr J Biochem Res. 4(3): 51-6.
- Darma J, Purwadaria T, Supriyati. 1991. Protein enrichment: Studi cassava enrichment melalui proses biologi untuk ternak monogastrik. Laporan Penelitian. Bogor (ID): Balai Penelitian Ternak.
- Hidayat C. 2009. Peluang penggunaan kulit singkong sebagai pakan unggas. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2009. hlm. 655-65.
- Masroh FK, Sudjarwo E, Widodo E. 2014. Pengaruh penambahan tepung kulit singkong terfermentasi terhadap performans pertumbuhan dan umur pertama bertelur pada puyuh. Malang (ID): Univeristas Brawijaya. <http://fapet.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/06/jurnal-Fidia.pdf> (19 Agustus 2016).
- Oboh G. 2006. Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus* spp. solid media fermentation techniques. J Biotechnol. 9: 46-9.
- Olamdujoye IO, Ojebiyi O, Amao OA. 2010. Effect of feeding processed cassava (*Manihot esculenta* Crantz) peel meal based diet on the performance characteristic, egg quality and blood profile of laying chicken. Agri Trop Subtrop 43: 119-26.
- Prasetyo H. 2005. Pengaruh penggunaan kulit ubi kayu (*Manihot utilisima*) fermentasi sebagai substitusi konsentrat komersial terhadap performan domba lokal jantan [Skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Sandi YO, Rahayu S, Suryapratama W. 2013. Upaya peningkatan kualitas kulit singkong melalui fermentasi menggunakan *Leuconostoc mesenteroides* pengaruhnya terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik secara *in vitro*. Jurnal Ilmiah Peternakan 1(1): 99-108.
- Supriyadi. 1995. Pengaruh tingkat penggunaan hasil fermentasi kulit ubi kayu oleh jamur *Aspergillus niger* dalam ransum terhadap performa ayam broiler periode starter [Skripsi]. Bandung (ID): Universitas Padjajaran.
- Wikanastri H, Utama CS, Suyanto A. 2012. Aplikasi proses fermentasi kulit singkong menggunakan starter asal limbah kubis dan sawi pada pembuatan pakan ternak berpotensi probiotik. Seminar Hasil-Hasil Penelitian–LPPM UNIMUS 2012. Semarang (ID): Universitas Muhammadiyah.

#### 6.4. Pemanfaatan Limbah Cair Tepung Tapioka untuk Pembuatan *Nata de cassava* dan Membran Selulosa Asetat

*Nata de cassava* adalah makanan pencuci mulut yang kaya serat terbuat dari air hasil samping produksi tapioka melewati proses fermentasi menggunakan *Acetobacter xylinum*. Produk *nata de cassava* berbentuk gel, tekstur kenyal, warna putih agak transparan, mengkilap atau *glossy*, licin, aroma netral, rasa tawar (Balitbang Pertanian 2011).

*Nata de cassava* secara biokimia adalah untaian atau rajutan selulosa yang dihasilkan dan disekresikan oleh sel-sel *A. xylinum* yang menyerap air. Selulosa dihasilkan oleh *A. xylinum* melalui proses asimilasi pengubahan gula sederhana gula glukosa menjadi senyawa karbohidrat yang lebih kompleks berupa selulosa. Selulosa tampak mata seperti benang, atau seperti kapas (Balitbang Pertanian 2011).



Gambar 54 *Nata de cassava*

Sumber: Badan Litbang Pertanian (2011)

Nilai nutrisi *nata de cassava* sangat rendah, tidak mengandung vitamin, lemak dan protein. Kalori yang dihasilkan sangat rendah karena secara biokimia sebenarnya merupakan selulosa yang menyerap air. Manusia tidak memiliki enzim selulase dalam pencernaannya, sehingga tidak dapat mencerna (Balitbang Pertanian 2011).

*Nata de cassava* menjadi gula sederhana berupa glukosa sebagai sumber energi. Hal tersebut menyebabkan *nata de cassava* tidak menyebabkan kegemukan, sehingga *nata de cassava* cocok sebagai pangan diet. Namun dari sisi sensasi cita rasa, tekstur atau kekenyalan *nata de cassava* memberi cita rasa yang menarik dan disukai oleh konsumen (Balitbang Pertanian 2011).

#### **6.4.1. Proses Pembuatan *Nata de Cassava***

Proses pembuatan *nata de cassava* mengacu pada Badan Litbang Pertanian (2011). Tahapan pembuatan *nata de cassava* meliputi persiapan substrat, perbanyakkan bibit bakteri, produksi *nata de cassava* dan pengolahan *nata de cassava*. Proses pembuatan *nata de cassava* adalah sebagai berikut:

##### **a. Persiapan Substrat *Nata de cassava***

Substrat adalah makanan sumber nutrisi bagi mikroba *A. xylinum*. Hasil samping produksi tapioka berbentuk cair dapat dimanfaatkan sebagai substrat perbanyakkan bibit cair *A. xylinum* maupun digunakan sebagai substrat produksi *nata de cassava*. Cara pembuatan substrat *nata de cassava* adalah sebagai berikut:

- a) Air hasil samping produksi tapioka umur satu hari hingga dua hari sebanyak 20 liter diambil dengan ember, air tapioka disaring dengan menggunakan saringan untuk memisahkan kotoran lain.
- b) Air hasil samping produksi tapioka dimasukkan ke dalam panci *stainless steel*, kemudian direbus dan ditambahkan asam cuka dapur (25%) sebanyak 1,0% atau sebanyak 200 mL dan diaduk hingga merata.
- c) Tambahkan gula sukrosa atau gula pasir sebanyak 2,5% sambil diaduk agar terlarut sempurna, ditambahkan urea atau ZA sebanyak 0,2% atau sebanyak 40 g diaduk hingga merata, lalu dididihkan selama 15 menit.
- d) Setelah mendidih selama 15 menit diangkat, panci yang berisi substrat tetap pada keadaan tertutup agar tidak terkena debu atau terkontaminasi. Biarkan media yang telah steril menjadi dingin hingga suhu di bawah 40 °C (suam-suam kuku). Substrat siap digunakan untuk perbanyakkan bibit *A. xylinum* cair maupun digunakan untuk produksi *nata de cassava*. Suhu substrat tidak boleh

melebihi 40 °C agar *A. xylinum* dapat tumbuh dan menghasilkan selulosa atau *nata de cassava* dengan baik dan optimal. Pembentukan selulosa yang optimal ditandai dengan terbentuknya lapisan seperti jeli setelah diperam atau diinkubasi selama minimal 2 - 3 hari.

### **b. Perbanyak Bibit Cair *A. xylinum***

Produksi *nata de cassava* menggunakan media seperti air kelapa, air limbah, cair produksi tahu, air dari jus buah, air hasil samping produksi tapioka dan sebagainya. Cara perbanyak adalah sebagai berikut:

- a) Siapkan botol volume 500 mL yang telah dicuci bersih dengan sabun lalu botol disterilkan dengan cara dibilas air panas mendidih dengan cara digojog, kemudian air panas dalam botol dikeluarkan atau dibuang.
- b) Botol steril dalam posisi dibalik dijemur pada terik sinar matahari hingga sisa air panas kering lalu botol diisi dengan media atau substrat cair yang telah didinginkan sebanyak 450 mL.
- c) Media dalam botol diinokulasi dengan menggunakan bibit *A. xylinum* sebanyak 50 mL digojog perlahan agar tercampur merata lalu diperam atau diinkubasi pada suhu kamar selama 3 - 4 hari tanpa digojog.
- d) Bibit siap digunakan memiliki ciri terbentuknya selaput jel tipis di permukaan substrat.

### **c. Produksi *Nata de cassava***

Produksi *nata de cassava* biasa dilakukan menggunakan nampan plastik steril. Proses produksi *nata de cassava* adalah sebagai berikut:

- a) Substrat steril sebanyak 20 L diinokulasi dengan bibit *A. xylinum* MGCa 10.5 cair sebanyak 10% atau sebanyak 2 L.
- b) Substrat diaduk dengan pengaduk steril agar substrat dan bibit tercampur merata.
- c) Nampan steril diisi dengan substrat yang telah disiapkan dengan kedalaman media 2 cm.
- d) Nampan ditutup dengan kertas koran bersih/steril lalu diinkubasi pada suhu ruang, selama delapan hari. Pada saat panen tebal *nata de cassava* mencapai 1,25 - 1,5 cm.
- e) Produksi *nata de cassava* dilakukan di tempat yang bersih, bebas debu serta memungkinkan tersedianya sirkulasi udara secara baik. Selama

proses fermentasi atau inkubasi dijaga agar tidak ada hewan kecil yang masuk menyebabkan kontaminasi seperti semut, cicak, kecoa, tikus dan lain-lain.

#### **d. Pengolahan dan Pengemasan *Nata de Cassava***

Proses pengolahan *nata de cassava* adalah sebagai berikut:

- a) *Nata de cassava* dalam bentuk lembaran dicuci dengan air bersih, selaput tipis dikerok hingga bersih.
- b) *Nata de cassava* dipotong berbentuk kubus, dicuci dan dibilas menggunakan air bersih sebanyak tiga kali hingga tawar. Untuk menuntaskan hilangnya rasa asam yang tersisa dalam *nata de cassava* dilakukan perebusan hingga mendidih selama 15 menit dan dibilas air bersih, *nata de cassava* akan terasa tawar.
- c) *Nata de cassava* direbus dalam air berisi gula 5%, ditambahkan perasa (*flavor*) sesuai selera, dididihkan selama 15 menit.
- d) *Nata de cassava* didinginkan hingga suhu sekitar 30 °C.
- e) *Nata de cassava* dikemas pada kemasan plastik, atau kemasan *cup* steril. Sebaiknya *nata de cassava* disimpan dalam kulkas selama sehari sebelum dikonsumsi agar *nata de cassava* terasa manis dan segar.

##### **6.4.1.1. Karakteristik *Nata de cassava***

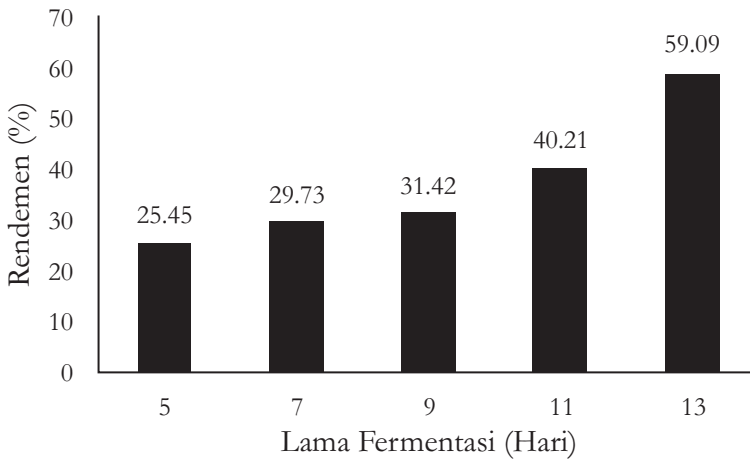
Mengacu pada penelitian Putriana dan Aminah (2013), karakteristik *nata de cassava* dapat dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi. Peningkatan lama waktu fermentasi dapat meningkatkan ketebalan *nata* dan rendemen, tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar serat *nata*. Selain itu, peningkatan lama waktu fermentasi menyebabkan warna dari *nata* yang terbentuk menurun.

Nainggolan (2009) dalam Putriana dan Aminah (2013) menyatakan bahwa seiring dengan lama fermentasi, pertumbuhan akan menurun secara perlahan karena berkurangnya kadar gula dan timbulnya asam. Ketebalan paling baik terjadi pada lama fermentasi hari ke-13. Hal ini menggambarkan bahwa lama fermentasi mempengaruhi aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dalam menghasilkan *nata de cassava*.

Semakin lama waktu fermentasi maka *nata* yang terbentuk semakin berat, sehingga rendemen *nata* juga meningkat. Lama fermentasi yang



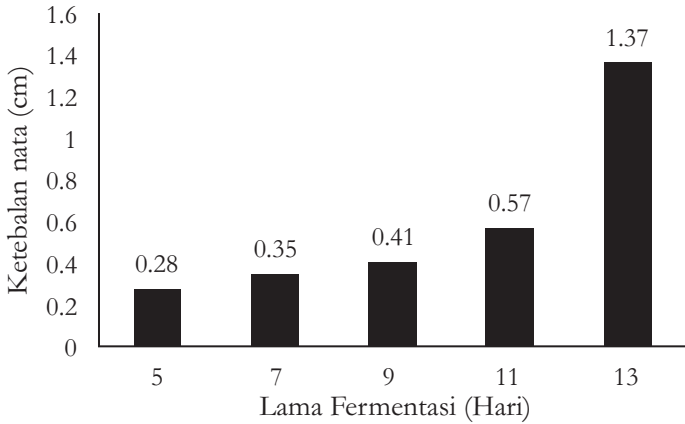
berbeda dihasilkan kadar selulosa yang berbeda. Semakin tinggi kadar selulosa nata, *nata de cassava* semakin berat dan rendemen meningkat. Hal ini juga dapat menurunkan warna *nata* karena semakin tebal *nata* maka warna yang dihasilkan semakin gelap (Gambar 55 dan Gambar 56) (Putriana & Aminah 2013).



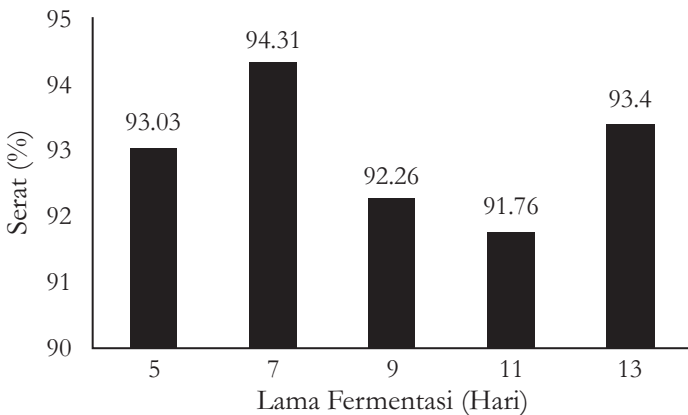
Gambar 55 Rendemen *Nata de cassava* berdasarkan lama fermentasi  
Sumber: Putriana & Aminah (2013)

Lama fermentasi *Nata de cassava* tidak berpengaruh terhadap kadar serat *nata* yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena pada lama fermentasi hari ke-7 bakteri *Acetobacter xylinum* berada dalam fase eksponensial karena bakteri *Acetobacter xylinum* mengeluarkan enzim ekstraseluler polimerase untuk menyusun polimer glukosa menjadi selulosa sehingga matrik *nata* lebih banyak diproduksi pada fase ini (Gambar 52) (Putriana & Aminah 2013).

Faktor lain yang berpengaruh terhadap hasil *nata* adalah wadah fermentasi. Agar hasil *nata* lebih banyak, maka digunakan wadah yang berbentuk segi empat dan luas permukaannya besar. Hal ini disebabkan pada kondisi tersebut pertukaran oksigen dapat berlangsung dengan baik. Gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh bakteri *A. xylinum* secara bertahap mengapungkan *nata* ke permukaan (Sani 2012).



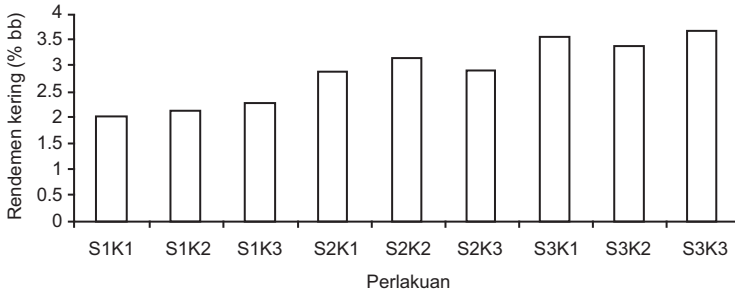
Gambar 56 Ketebalan *Nata de cassava* berdasarkan lama waktu fermentasi  
Sumber: Putriana & Aminah (2013)



Gambar 57 Kandungan kadar serat *Nata de cassava* dengan variasi lama fermentasi  
Sumber: Putriana & Aminah (2013)

Pada penelitian Naufalin dan Wibowo (2004), didapatkan bahwa hasil samping pengolahan tapioka (onggok) dapat digunakan sebagai medium untuk pembuatan *nata*.

Pembuatan *nata de cassava* dapat dilakukan dengan menggunakan penambahan sukrosa dan ekstrak kecambah. Penambahan sukrosa 7,5% dan ekstrak kecambah 0,75% merupakan kondisi optimum untuk mendapatkan nilai rendemen tertinggi. Hasil penelitian Naufalin dan Wibowo (2004) dapat dilihat pada Gambar 53 dan Gambar 54.

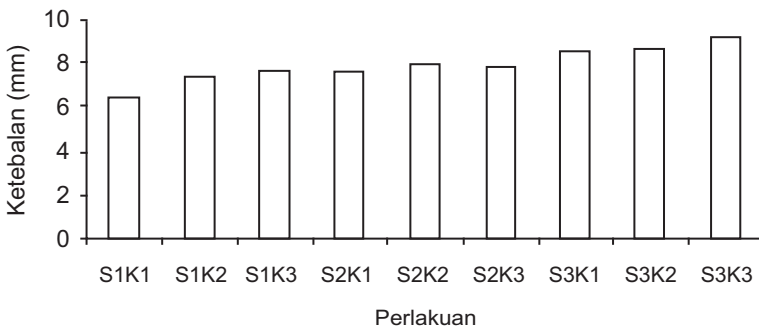


Keterangan: S1 = sukrosa 2,5%; S2 = sukrosa 5%; S3 = sukrosa 7,5%; K1 = ekstrak kecambah 0,25%; K2 = ekstrak kecambah 0,5%; K3 = ekstrak kecambah 0,75%

Gambar 58 Pengaruh perlakuan variasi penambahan konsentrasi sukrosa dan ekstrak kecambah terhadap rendemen kering *Nata de cassava* yang dihasilkan

Sumber: Naufalin & Wibowo (2014)

Kombinasi penambahan sukrosa 7,5% dan ekstrak kecambah 0,75% dengan waktu inkubasi 10 hari diperoleh rendemen 41,4% dengan ketebalan 9,16 mm dan serat nata 99,00%.



Keterangan: S1 = sukrosa 2,5%; S2 = sukrosa 5%; S3 = sukrosa 7,5%; K1 = ekstrak kecambah 0,25%; K2 = ekstrak kecambah 0,5%; K3 = ekstrak kecambah 0,75%

Gambar 59 Pengaruh perlakuan variasi penambahan konsentrasi sukrosa dan ekstrak kecambah terhadap ketebalan *Nata de cassava* yang dihasilkan

Sumber: Naufalin & Wibowo (2014)

## **Daftar Pustaka**

- Badan Litbang Pertanian. 2011. Produksi *Nata de cassava* dengan substrat limbah cair tapioka. *Agroinovasi*. Edisi 9-15 Nopember 2011 No 3430.
- Naufalin R, Wibowo C. 2004. Pemanfaatan hasil samping pengolahan tepung tapioka untuk pembuatan *nata de cassava*: kajian penambahan sukrosa dan ekstrak kecambah. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 15(2): 153-8.
- Putriana I, Aminah S. 2013. Mutu fisik, kadar serat dan sifat organoleptik *Nata de cassava* berdasarkan lama fermentasi. *Jurnal Pangan dan Gizi* 4(7): 30-8.
- Sani CDS. 2012. Potensi *Nata de cassava* dari limbah cair tapioka sebagai membran selulosa asetat [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

## 6.5. Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat dari Limbah Cair Tepung Tapioka

Plastik merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai pengemas yang bersifat tidak bisa didegradasi hayati (*non biodegradable*) di lingkungan karena mikroorganisme tidak mampu mengubah dan mensintesis enzim yang khusus untuk mendegradasi polimer berbahan dasar petrokimia (Darni *et al.* 2008 dalam Hidayati *et al.* 2015).

Beberapa bahan seperti polisakarida, protein dan lipid dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *biodegradable* film (biofilm) sebagai pengemas (Tharanathan 2003; Alves *et al.* 2006; Vieira *et al.* 2011).

Penanganan limbah cair tapioka melalui proses bioteknologi dengan bantuan bakteri *A. xylinum*, akan menghasilkan *nata de cassava*. *Nata* merupakan selulosa yang dihasilkan oleh bakteri. Selulosa bakteri ini dapat dimodifikasi menjadi selulosa asetat agar memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi (Sani 2012).

Selulosa mikrobial adalah jenis selulosa yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Selulosa mikrobial bersifat *renewable* (dapat diperbarui), mempunyai karakteristik yang unik dan relatif lebih murni dibandingkan dengan selulosa kayu. Selulosa mikrobial merupakan salah satu alternatif sumber selulosa pada pembuatan selulosa asetat (Syamsu & Kuryani 2014).

Selulosa mikrobial mempunyai beberapa keunggulan antara lain relatif murni sehingga tidak membutuhkan proses delignifikasi, sifat hidrofilik yang sangat tinggi dan dapat diproduksi dari berbagai macam substrat yang relatif mudah dan murah. Berdasarkan keunggulan yang dimiliki tersebut maka selulosa jenis ini merupakan alternatif sumber selulosa yang relatif murni pada produksi selulosa asetat (Syamsu & Kuryani 2014).

Biofilm yang terbuat dari jenis polisakarida yang berasal dari tanaman seperti pati, selulosa, agar-agar dan karagenan serta polisakarida yang berasal dari hewan seperti kitin dan kitosan pada umumnya masih bersifat kaku dan rapuh sehingga belum dapat dimanfaatkan untuk pengemas sehingga perlu penambahan *plasticizer* (Hidayati *et al.* 2015).

*Plasticizer* umum yang digunakan dalam produksi film pati adalah air, gliserol, sorbitol dan polihidroksi berat molekul rendah lainnya. Gliserol dan sorbitol banyak digunakan sebagai *plasticizer* karena stabilitas dan tidak beracun. Penambahan pemlastis dapat meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas terhadap uap air dan gas (Hidayati *et al.* 2015).

### 6.5.1. Proses Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat *Nata de cassava*

Proses pembuatan biofilm selulosa asetat dari *Nata de cassava* mengacu pada penelitian Syamsu dan Kuryani (2014). Tahapan yang dilalui yaitu pembuatan *nata de cassava*, pembuatan serbuk selulosa mikrobial, pembuatan selulosa asetat dan pembuatan biofilm. Proses pembuatan biofilm selulosa asetat dari *nata de cassava* adalah sebagai berikut:

#### a. Pembuatan *Nata de cassava*

- Limbah cair tapioka disaring menggunakan saringan plastik untuk menghilangkan kotoran kemudian diambil filtrat sebanyak 1.000 mL. Gula pasir sebanyak 10% (b/v) dan amonium sulfat sebanyak 0,5% (b/v) ditambahkan ke dalam filtrat limbah cair tapioka.
- Larutan kemudian dipanaskan hingga mendidih sambil diaduk. Setelah mendidih, larutan dituang ke wadah fermentasi berupa loyang plastik yang disterilkan dengan air mendidih kemudian diatur pH menjadi 3,5 – 4,5 menggunakan asam asetat glasial.
- Wadah kemudian ditutup dengan kertas koran yang disterilkan dengan sinar UV, lalu diikat dengan karet dan didiamkan selama satu malam. Keesokan harinya, sebanyak 20% (v/v) inokulum dituang ke dalam media secara aseptis dan diinkubasi selama 8 hari hingga terbentuk *nata*.

#### b. Pembuatan serbuk selulosa mikrobial

- Lembaran *nata de cassava* dicuci berulang dengan air dan dikelupas lapisan terluarnya kemudian direbus hingga mendidih untuk mematikan bakteri yang tersisa.
- *Nata* kemudian dimurnikan dengan perendaman dalam larutan NaOH 1% (b/v) selama 24 jam lalu dinetralkan dengan perendaman dalam larutan asam asetat teknis 1% (v/v) selama 24 jam.

- *Nata* selanjutnya dipress dengan pengempa hidrolis untuk mengurangi kandungan air dan mempercepat proses pengeringan.
- Pengeringan *nata* dilakukan dengan penjemuran dalam *greenhouse* selama 2 hari. *Nata* yang telah kering kemudian dipotong kecil lalu digiling menggunakan *hammer mill* 40 mesh.

### c. Pembuatan Selulosa Asetat

- Sebanyak 10 g serbuk selulosa mikrobial dicuci untuk menyerap kandungan air dengan asam asetat glasial 50 mL lalu disaring dengan *vacuum filter*.
- Serbuk *nata* yang telah bebas air kemudian diaktivasi dengan asam asetat glasial 50 mL dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 mL sebagai katalis dalam *shaker* inkubator pada suhu 38 °C selama 30 menit. Asetat anhidrid ditambahkan sebagai pelarut dalam proses asetilasi dengan rasio serbuk nata : asetat anhidrida 1 : 5 (b:v) (Soebrata *et al.* 2012).
- Proses asetilasi dilakukan pada *shaker inkubator* selama 2 jam dengan suhu 38 °C hingga terbentuk larutan yang lebih kental berwarna coklat.
- Setelah proses asetilasi selesai, suspensi dihidrolisis dengan larutan asam asetat encer dengan perbandingan 1 : 2 (asam asetat : akuades) sebanyak 12 mL dalam *shaker* inkubator pada suhu 50 °C selama 30 menit.
- Larutan kemudian disentrifugasi. Supernatan yang diperoleh dimasukkan ke dalam 500 mL akuades sehingga terbentuk serpihan selulosa asetat berwarna putih. Serpihan selulosa asetat kemudian disaring menggunakan *vacuum filter* dan dicuci dengan akuades sampai bau asam hilang. Serpihan kemudian dikeringkan dalam oven 50 °C selama 6 jam.

### d. Pembuatan Biofilm

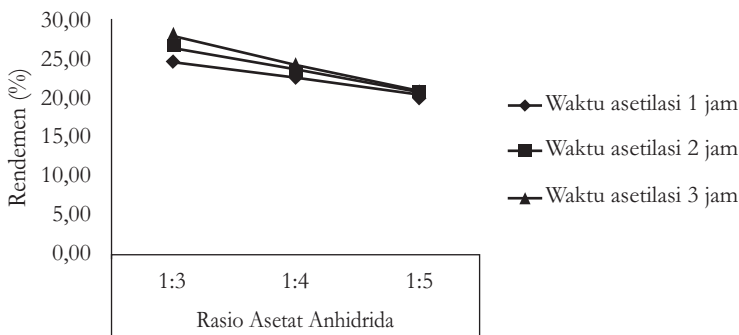
- Sebanyak 10 g selulosa asetat dilarutkan dalam 45 mL aseton dan diaduk menggunakan *stirer* hingga tercampur rata. Pemlastis gliserin ditambahkan ke dalam larutan dengan variasi 25% dari bobot selulosa asetat. Larutan yang dihasilkan dituang pada plat kaca 30 × 25 cm lalu dikeringkan selama 1 jam pada suhu 60 °C.

### 6.5.1.1. Karakteristik Biofilm dan Selulosa Asetat *Nata de cassava*

Soebrata *et al.* (2012) mendapatkan bahwa membran selulosa asetat dari *Nata de cassava* mempunyai potensi sebagai membran mikrofiltrasi. Selulosa asetat hasil sintesis memiliki nilai kadar asetil 40,38% dan kadar air 21,49%. Membran selulosa asetat optimum pada tekanan 7,5 psi dengan nilai fluks rata-rata terbesar 192,74 l/m<sup>2</sup>/jam. Nilai indeks rejeksi sukrosa 1.000 ppm adalah 27,17%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Syamsu dan Kuryani (2014) didapatkan bahwa rendemen turun seiring bertambahnya rasio asetat anhidrida, namun meningkat seiring bertambahnya waktu asetilasi. Asetat anhidrida tidak semua dapat bereaksi dengan selulosa hingga rasio produk dan bahan yang digunakan semakin kecil.

Peningkatan waktu asetilasi memberikan kesempatan pada selulosa untuk bereaksi dengan asetat anhidrida sehingga rendemen meningkat. Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap rendemen selulosa asetat dapat dilihat pada Gambar 60 (Syamsu & Kuryani 2014).



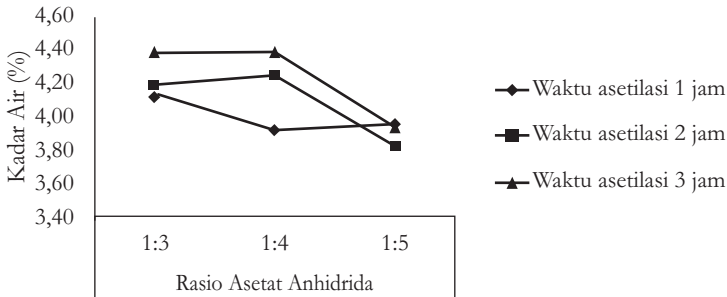
Gambar 60 Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap rendemen selulosa asetat.

Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)

Kadar air cenderung turun seiring bertambahnya rasio asetat anhidrida, namun naik seiring bertambahnya waktu asetilasi. Hasil uji keragaman terhadap kadar air selulosa asetat menunjukkan bahwa baik rasio asetat anhidrida maupun waktu asetilasi tidak berpengaruh terhadap kadar air selulosa asetat (Syamsu & Kuryani 2014).



Hal ini disebabkan kadar air selulosa asetat lebih dipengaruhi oleh waktu dan suhu pengeringan (Syamsu & Kuryani 2014). Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap kadar air selulosa asetat dapat dilihat pada Gambar 61.



Gambar 61 Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap kadar air selulosa asetat

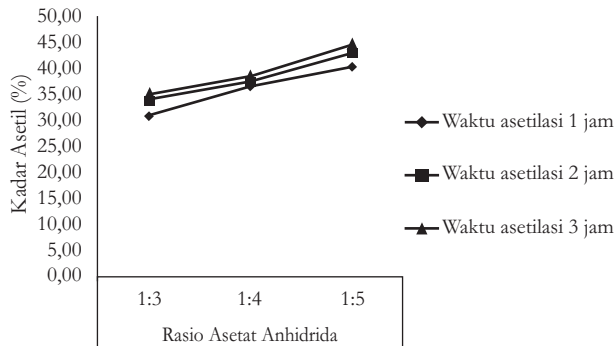
Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)

Kadar asetil selulosa asetat meningkat seiring bertambahnya rasio asetat anhidrida maupun waktu asetilasi. Hasil uji keragaman kadar asetil menunjukkan bahwa rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi berpengaruh terhadap kadar asetil selulosa asetat (Syamsu & Kuryani 2014).

Peningkatan jumlah asetat anhidrida maupun waktu asetilasi memberikan kesempatan bagi selulosa untuk bereaksi membentuk selulosa asetat. Semakin banyak selulosa yang terkonversi menjadi selulosa asetat semakin tinggi pula kadar asetilnya (Syamsu & Kuryani 2014).

#### a. Karakteristik Biofilm

Pada penelitian Syamsu dan Kuryani (2014) didapatkan bahwa biofilm yang terbentuk dengan menggunakan penambahan gliserin 15% dan 25% memiliki rata-rata kekuatan tarik  $320,50 \text{ kgf/cm}^2$ , elongasi 3,06%, WVTR  $461,97 \text{ g/m}^2/24 \text{ jam}$ , dan daya serap air 10,52%.

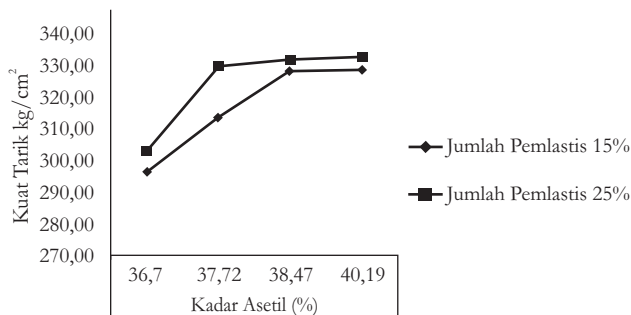


Gambar 62 Hubungan rasio asetat anhidrida dan waktu asetilasi terhadap kadar asetil selulosa asetat

Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)

Peningkatan kadar asetil dan jumlah pemlastis yang diberikan dapat meningkatkan kuat tarik biofilm, elongasi, laju transmisi uap (WVTR) dan daya serap air. Kadar asetil yang semakin tinggi mengakibatkan jumlah polimer semakin banyak sehingga kerapatannya semakin tinggi dan mengakibatkan kenaikan kekuatan tarik.

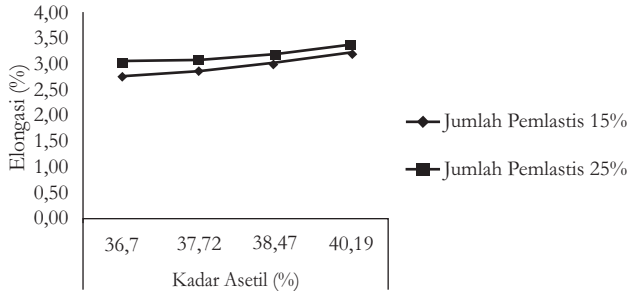
Pemlastis berfungsi mengikat polimer tersebut sehingga dihasilkan biofilm yang lebih elastis. Grafik karakteristik dari penelitian Syamsu dan Kuryani (2014) dapat dilihat pada Gambar 63, Gambar 64, Gambar 65 dan Gambar 66.



Gambar 63 Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap kuat tarik biofilm

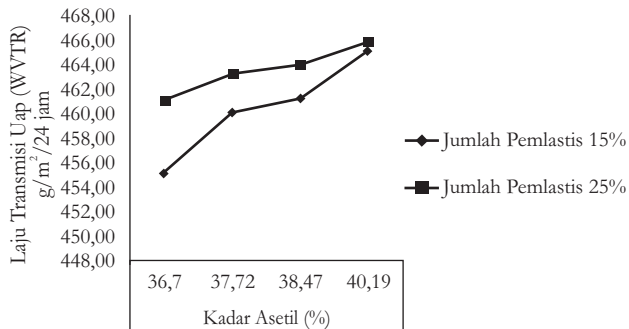
Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)

Hasil uji keragaman laju transmisi uap (WVTR) biofilm menunjukkan bahwa kadar asetil dan jumlah pemlastis berpengaruh terhadap laju transmisi uap (WVTR). Polimer selulosa asetat bersifat hidrofilik. Selain itu penambahan jumlah pemlastis dapat meningkatkan permeabilitas (Syamsu & Kuryani 2014).

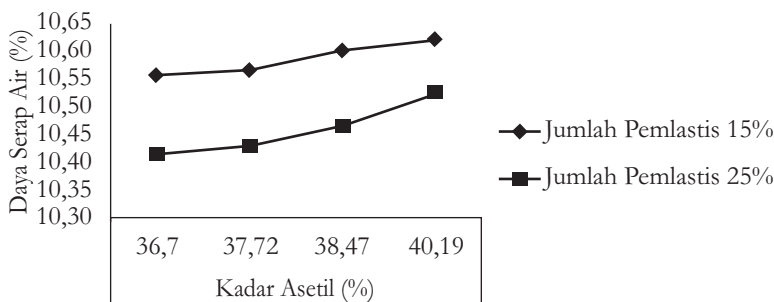


Gambar 64 Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap elongasi biofilm  
 Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)

Daya serap air biofilm meningkat seiring peningkatan kadar asetil, namun menurun seiring bertambahnya jumlah pemlastis. Hasil uji keragaman daya serap air biofilm menunjukkan bahwa hanya jumlah pemlastis yang berpengaruh terhadap daya serap air. Peningkatan jumlah pemlastis yang akan mengisi ruang diantara polimer menyebabkan berkurangnya jumlah air yang dapat diserap (Syamsu & Kuryani 2014).



Gambar 65 Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap laju transmisi uap (WVTR) biofilm  
 Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)



Gambar 66 Hubungan kadar asetil dan jumlah pemlastis terhadap daya serap air biofilm

Sumber: Syamsu & Kuryani (2014)

Penelitian lain biofilm dari *nata de cassava* dilakukan oleh Hidayati *et al.* (2015) menggunakan sorbitol sebagai pemlastis. Hasil perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi sorbitol 9% dengan hasil penampakan visual yaitu berwarna transparan berserabut putih, kuat tarik sebesar 11,76 MPa, persen perpanjangan sebesar 13,28%, kelarutan sebesar 72,08%, dan dapat terdegradasi selama 5 minggu.

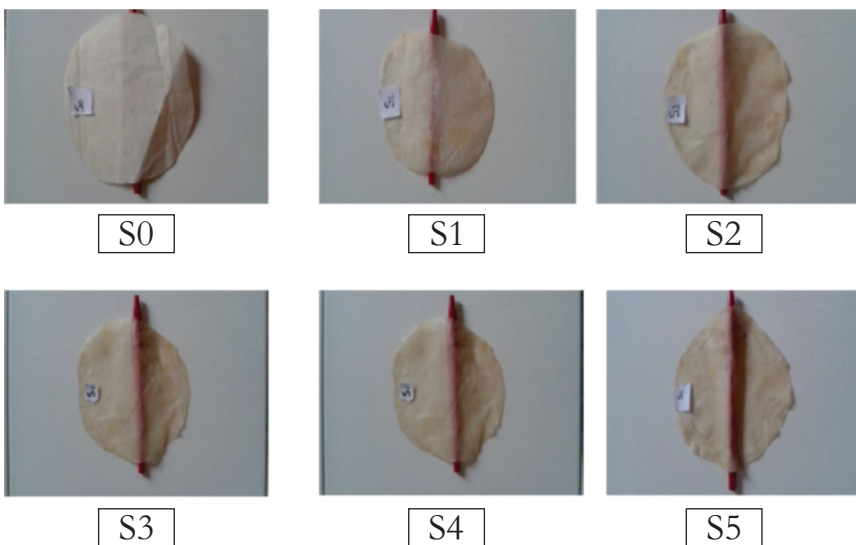
Penampakan visual dari biofilm yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sorbitol yang ditambahkan maka biofilm yang dihasilkan semakin transparan. Hal ini diduga bahwa penambahan sorbitol dapat menyebabkan pati yang terkandung dapat tergelatinisasi secara sempurna. Selain itu disebabkan karena berkurangnya ikatan hidrogen (gugus hidroksil) pada pati (Hidayati *et al.* 2015).

Konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata terhadap kuat tarik biofilm. Hasil uji lanjut BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan penambahan sorbitol 0% berbeda nyata dengan perlakuan penambahan sorbitol 3, 6, 9, 12, dan 15%. Sedangkan perlakuan penambahan sorbitol 12 dan 15% tidak berbeda nyata (Hidayati *et al.* 2015).

Peningkatan konsentrasi sorbitol dapat menurunkan kuat tarik biofilm (Gambar 67). Menurut Lai *et al.* (1997) dan Cheng *et al.* (2006) plasticizer dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus.

Hal ini menyebabkan molekul-molekul *plasticizer* dapat mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk melakukan suatu pergerakan (mudah bergerak) sehingga kekakuannya menurun yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik (Suppakul *et al.* 2006).

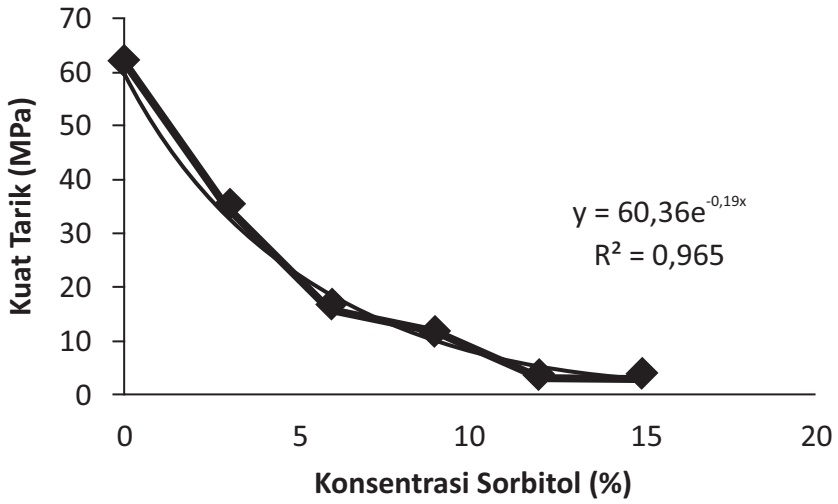
Penambahan sorbitol berpengaruh terhadap persentase pemanjangan biofilm yang dihasilkan. Peningkatan persen perpanjangan terjadi karena *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas film polimer dengan cara mengganggu ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang (Hidayati *et al.* 2015).



Gambar 67 Penampakan visual biofilm dengan penambahan sorbitol

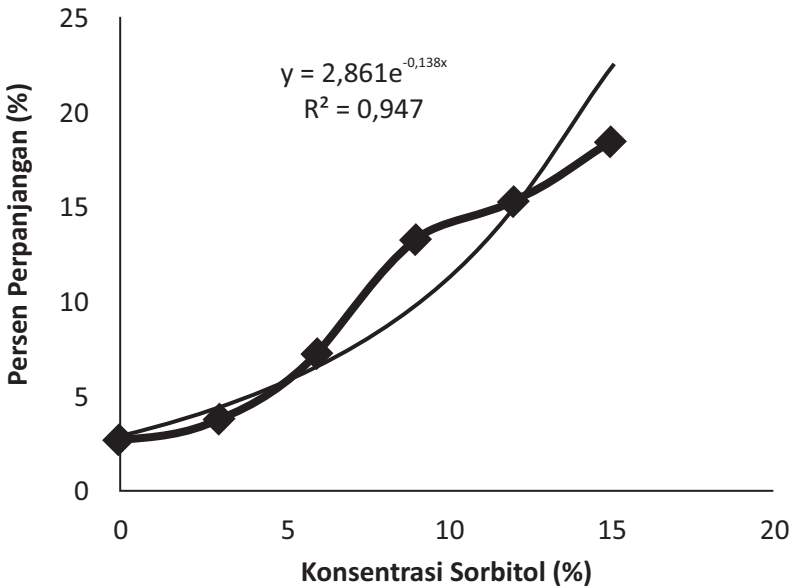
Keterangan: S0 = biofilm dengan sorbitol 0%; S1 = biofilm dengan sorbitol 3%; S2 = biofilm dengan sorbitol 6%; S3 = biofilm dengan sorbitol 9%; S4 = biofilm dengan sorbitol 12%; S5 = biofilm dengan sorbitol 15%

Sumber: Hidayati *et al.* (2015)



Gambar 68 Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap kuat tarik biofilm dari *nata de cassava*

Sumber: Hidayati *et al.* (2015)



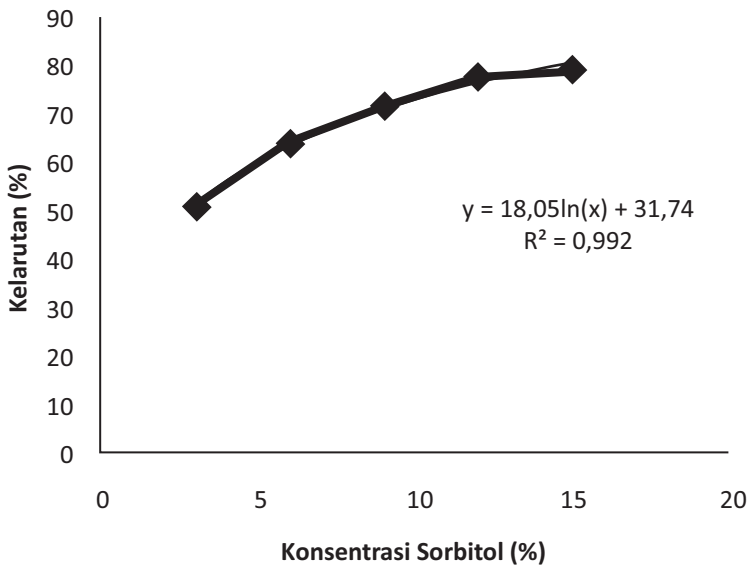
Gambar 69 Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap persen perpanjangan biofilm dari *nata de cassava*

Sumber: Hidayati *et al.* (2015)

Selulosa memiliki tiga gugus hidroksil sehingga memungkinkan selulosa untuk membentuk banyak ikatan hidrogen. Banyaknya ikatan hidrogen ini menyebabkan kekakuan dan gaya antar rantai yang tinggi sehingga selulosa tidak larut dalam air. Namun dengan penambahan sorbitol mampu menurunkan gaya intermolekuler pada biofilm sehingga nilai kelarutannya bertambah (Hidayati *et al.* 2015).

Sorbitol merupakan senyawa yang dapat larut sempurna dalam air, sehingga semakin tinggi konsentrasi sorbitol maka semakin tinggi pula nilai kelarutannya.

Selain itu, hasil uji biodegradabilitas menunjukkan bahwa biofilm dari nata de cassava dengan perlakuan konsentrasi sorbitol yang ditimbun dalam tanah dapat terdegradasi setelah dilakukan penimbunan dalam tanah selama lima minggu yang ditandai dengan kerusakan lembaran biofilm (Hidayati *et al.* 2015).

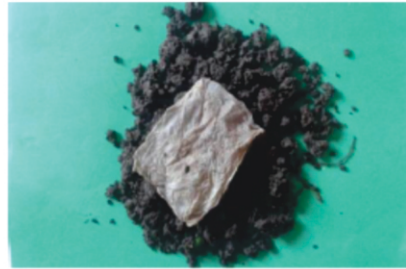


Gambar 70 Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap kelarutan biofilm dari *nata de cassava*

Sumber: Hidayati *et al.* (2015)



Pengamatan Minggu ke-0



Pengamatan Minggu ke-1



Pengamatan Minggu ke-2



Pengamatan Minggu ke-3



Pengamatan Minggu ke-4



Pengamatan Minggu ke-5

Gambar 71 Pengamatan degradasi biofilm dengan sorbitol  
Sumber: Hidayati *et al.* (2015)

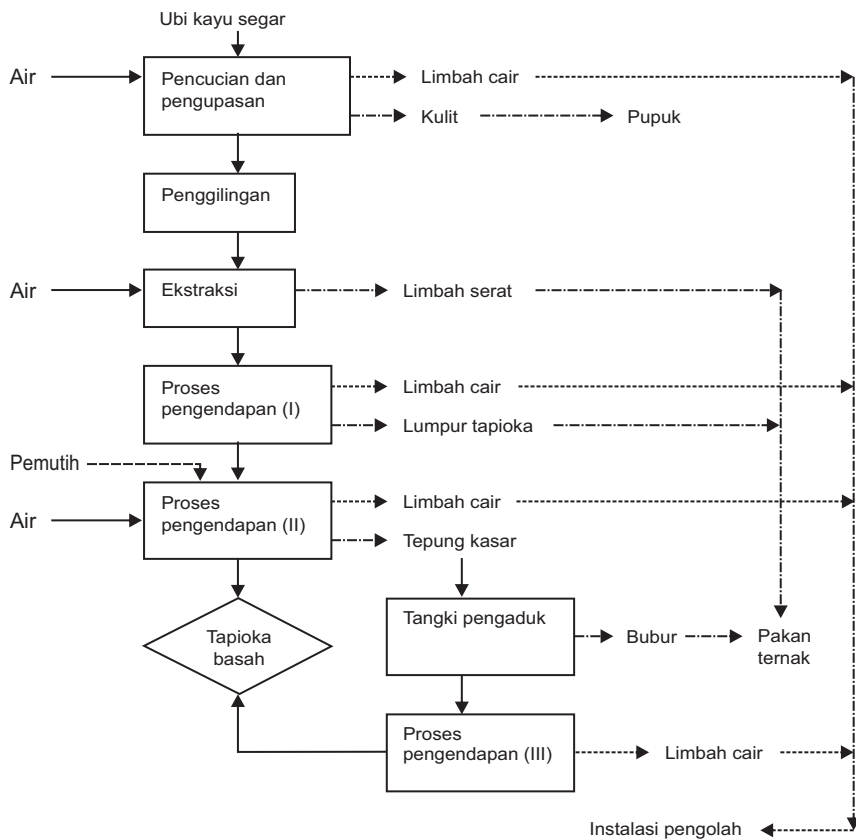


## Daftar Pustaka

- Alves V, Costa, N, Hilliou L, Laratonda F, Goncalves M, Sereno A, Coelho I. 2006. Design of biodegradable composite film food packaging. *Desalination* 199(1-3): 331-3.
- Hidayati S, Zuidar AS, Ardiani A. 2015. Aplikasi sorbitol pada produksi bio film dari *nata de cassava*. *Reaktor* 15(3): 196-204.
- Soebrata BM, Mulijani S, Sani CDS. 2012. *Nata de cassava* dari limbah cair tapioka sebagai membran selulosa asetat. Dalam: Dahlan K, Mulijani S, Nugrahani EH, Suryani, Kurnia A, June T, Miftahudin, Charlena, Sianturi P, Wijaya SH, Sumaryada TI, Nurcholis W, Indahwati, Kusnanto A, editor. Sains sebagai landasan inovasi dalam bidang energi, lingkungan, dan pertanian berkelanjutan. Seminar Nasional Sains V; 10 November 2012; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. hlm. 845-54.
- Syamsu K, Kuryani T. 2014. Pembuatan biofilm selulosa asetat dari selulosa mikrobial *nata de cassava*. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia* 3(1):126-33.
- Tharanathan RN. 2003. Biodegradable film and composite coatings: Past, present and future. *Food Science & Technology* 14(3): 71-8.
- Vieira MGA, Silva MAD, Santos LOD, Beppu MM. 2011. Natural based plasticizer and biopolymer film: A review. *European Polymer Journal*. 47(3): 254-63.

### 6.6. Pemanfaatan Limbah Cair Tapioka sebagai Biogas

Limbah yang berasal dari proses pencucian pati dan pengendapan, sebagian besar mengandung pati terlarut, sianida, nitrogen dan fosfor dalam konsentrasi rendah. Sedangkan limbah cair dari proses pencucian ubi kayu mengandung kotoran tanah, serpihan kulit dan kemungkinan pati terlarut. Berikut disajikan proses produksi tapioka untuk skala industri kecil (Gambar 72).



Gambar 72 Proses produksi tapioka  
Sumber: Phuong (2006) dalam Kurniawan (2009)

Kandungan organik dalam limbah cair tepung tapioka ini berkisar 7.000 - 30.000 ppm (Rahmatul 2013). Menurut Tjiptadi (1985) diacu dalam Priyono (2002), limbah cair tapioka dari hasil pengendapan memiliki nilai BOD sebesar 1.450,8 – 3.030,3 mg/L dengan rata-rata 2.313,54 mg/L, COD sebesar 3.200 mg/L dan padatan terlarut 638,0 - 2.836,0 mg/L serta kandungan sianida (CN) sebesar 19,58 - 33,75 mg/L.

Phuong (2006) dalam Kurniawan (2009) menyatakan biasanya industri berskala kecil memiliki kapasitas produksi sebesar 4 - 5 ton/hari. Dalam memproduksi 1 ton tapioka akan dihasilkan sekitar 12 m<sup>3</sup> limbah cair dengan kandungan COD 11.000 - 13.500 mg/L, SS 4.200 - 7.600 mg/L dengan pH 4,5 - 5,0 pada industri skala kecil. Berikut disajikan, karakteristik limbah cair tapioka pada Tabel 57.

Tabel 57 Karakteristik limbah cair industri tapioka

Karakteristik	Industri tapioka		
	Kecil	Menengah	Besar
Bahan baku (ton/hari)	5	20	200 - 600
Debit (m <sup>3</sup> /hari)	22	80	1.200
BOD (ppm)	5.055	5.439	3.075
COD (ppm)	16.202	25.123	5.158
SS (ppm)	3.415	3.442	1.342
pH	5,50	4,50	5,00
Sianida (ppm)	0,13	0,12	0,22

Sumber: BPPI Semarang, Laporan Teknologi Pengolahan Air Limbah Buangan Industri Tapioka diacu dalam Priyono (2002).

Air limbah yang dihasilkan industri tapioka ini merupakan limbah yang masih banyak mengandung bahan-bahan organik dan dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*) agar tidak menimbulkan pencemaran. Saat ini sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang banyak diterapkan di industri tapioka adalah pengolahan limbah secara biologis anaerobik diikuti dengan sistem biologis fakultatif dan aerobik.

Sistem biologis anaerobik sebagai sistem utama dalam pengolahan air limbah industri tapioka menghasilkan gas CH<sub>4</sub> (metana), CO<sub>2</sub> dan gas lain. Kedua gas tersebut merupakan gas rumah kaca yang dapat menim-

bulkan pemanasan global. Gas metana yang dihasilkan air limbah industri tapioka merupakan gas yang dapat dibakar (*flameable gas*), sehingga merupakan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan (*renewable*) (Rahmatul *et al.* 2013).

Karakteristik dari limbah tapioka yang asam dan beracun (sianida) akan menghambat proses perombakan bahan organik oleh bakteri, sehingga perlu dilakukan penetralan dengan penambahan bakteri yang dapat mendegradasi sianida sebelum limbah cair diolah. Kotoran sapi perah merupakan salah satu bahan yang dapat ditambahkan pada limbah cair tapioka sebelum diolah secara anaerobik (Vegantara 2009).

### **6.6.1. Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Tapioka**

Tahapan pembuatan biogas terdiri dari pengolahan awal dan pembuatan biogas. Proses pembuatan biogas dari limbah cair tapioka adalah sebagai berikut:

#### **a. Pengolahan Awal**

Proses pengolahan awal limbah cair tapioka mengacu pada Vegantara (2009). Proses pengolahan awal limbah cair tapioka adalah sebagai berikut:

- Kotoran sapi perah yang dicampurkan sebelumnya telah dibersihkan dari bahan-bahan lain seperti potongan rumput, pasir dan sebagainya. Sebelum dimasukkan ke dalam bioreaktor, campuran kotoran sapi perah dan limbah cair tapioka dihomogenkan terlebih dahulu dengan kadar 70% limbah cair tapioka dan 30% kotoran sapi.

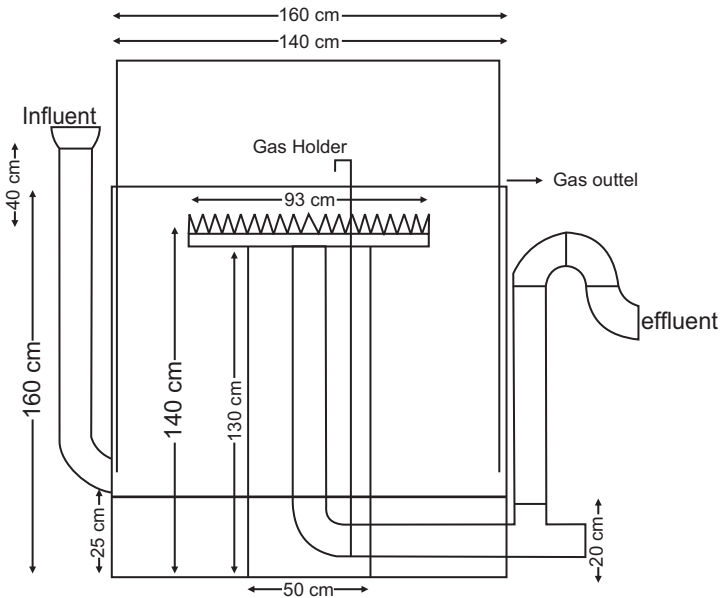
#### **b. Proses Pembuatan Biogas**

##### **A. Skala Besar (3.000 liter)**

Proses pembuatan biogas dari limbah cair tapioka dengan skala besar dapat dilakukan dengan mengacu pada penelitian Rahmatul *et al.* (2013). Rahmatul *et al.* (2013) membuat biogas dari limbah cair tapioka menggunakan reaktor anaerobik berkapasitas 3.000 liter. Proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

## Desain Reaktor

Reaktor ini terdiri dari beberapa elemen seperti rangka *reactor*, *reactor*, *gas holder* dan distributor. Distributor ini berfungsi untuk mendapatkan waktu tinggal aktual yang lebih besar daripada waktu tinggal secara teoritis, sehingga dapat diperoleh hasil biogas yang lebih maksimal.



Gambar 73 Rangkaian alat percobaan

Sumber: Rahmatul *et al.* (2013)

## Starter Reaktor

- Starter awal yang dimasukkan berasal dari effluent reaktor yang sudah stabil menghasilkan biogas. Reaktor siap dimasukkan feed awal ketika starter sudah tidak menghasilkan biogas kembali.

## Persiapan Bahan

- Limbah cair tepung tapioka yang sudah dibuat, selanjutnya diencerkan dengan air hingga mencapai COD 3.000 - 10.000 mg/L. Limbah yang telah diencerkan tadi kemudian dinetralkan dengan

NaOH hingga mencapai pH 7. Nutrien urea ditambahkan pula ke dalam limbah tersebut dengan rasio COD : N sebesar 300 : 5. Bahan limbah cair ini dipersiapkan setiap harinya.

### **Organic Loading Rate (OLR)**

- Selama proses operasi, dimasukkan OLR sebesar 0,4; 0,7; 1 dan 1,4 kgCOD/m<sup>3</sup>/hari.

### **Pengukuran biogas**

Biogas yang terbentuk di dalam reaktor akan tertahan pada gas holder. Semakin banyak gas yang dihasilkan, maka gas holder akan semakin tinggi. Kenaikan ketinggian dari gas holder diukur setiap harinya untuk mengetahui laju produksi biogas. Volume biogas yang dihasilkan pada keadaan STP adalah sebagai berikut:

$$V_{std} = V_{gas} \times \frac{P}{P_{std}} \times \frac{T_{std}}{T}$$

di mana:

$V_{std}$  = Volume biogas yang dihasilkan pada STP, m<sup>3</sup>

$V_{gas}$  = Volume biogas di dalam gas holder, m<sup>3</sup>

$P_{std}$  = Tekanan pada STP, 1.013 cmH<sub>2</sub>O

$P$  = Tekanan di dalam gas holder, cmH<sub>2</sub>O

$T_{std}$  = Temperatur pada STP, 273 K

$T$  = Temperatur di dalam gas holder, K

## **B. Skala Laboratorium**

### **Persiapan inokulum**

- Inokulum berasal dari limbah tapioka itu sendiri, berupa *sludge* (lumpur aktif) yang dapat langsung dimanfaatkan sebagai sumber inokulum (*starter*) dalam pencernaan anaerob (*digester*).

### **Pembuatan biogas**

Sistem yang digunakan untuk pembuatan biogas dalam penelitian ini adalah sistem curah, yaitu dengan cara penggantian bahan dilakukan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah dicerna dari tangki pencerna setelah produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru. Sistem ini terdiri dari dua komponen, yaitu tangki pencerna dan tangki pengumpul gas.

- Langkah pertama yang dilakukan dalam mencampur substrat dengan sumber inokulum dalam *digester* adalah sumber inokulum dimasukkan terlebih dahulu ke dalam *digester* dengan konsentrasi tertentu (pada penelitian digunakan konsentrasi 20% dari 4 L volume kerja *digester* atau setara dengan 0,8 L).
- Langkah selanjutnya adalah substrat dimasukkan ke dalam *digester* sebanyak volume yang tersisa dari volume kerja *digester* yaitu 80% dari 4 L, atau kurang lebih 3,2 L.
- Setelah semua bahan dimasukkan dalam *digester* (jerigen), *digester* harus segera ditutup rapat. Proses fermentasi berjalan selama kurang lebih empat puluh lima hari, hingga biogas terbentuk. Setelah biogas terbentuk maka biogas akan dialirkan dari tangki pencerna (jerigen) ke dalam tangki pengumpul gas (botol 600 mL) melalui selang kecil.
- Sebelumnya, tangki pengumpul gas sudah penuh terisi air (600 mL), sehingga ketika gas masuk ke dalam tangki pengumpul gas, maka air akan terdorong keluar dan biogas akan masuk ke dalam tangki tersebut (menggantikan air). Dengan demikian, dapat diketahui volume gas yang masuk ke dalam tangki pengumpul gas sama dengan volume air yang ke luar dari botol pengumpul gas.
- Selama proses fermentasi berjalan, dilakukan agitasi sebanyak 2 kali setiap harinya.

#### 6.6.1.1. Karakteristik Biogas Limbah Cair Tapioka

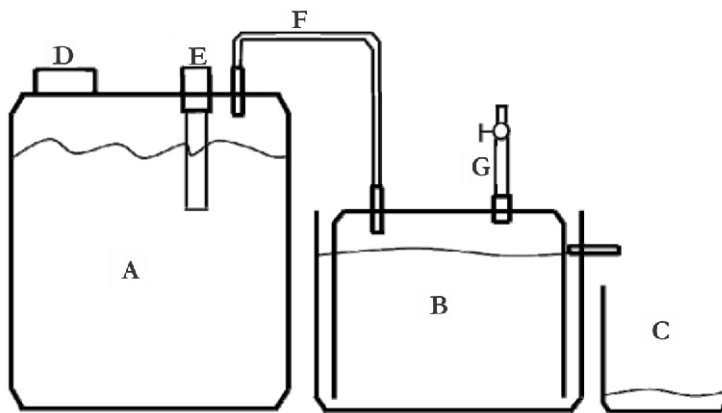
Vegantara (2009) mengatakan bahwa penambahan kotoran sapi perah pada limbah cair tapioka berpengaruh pada pH, COD dan TS, tetapi penambahan tersebut tidak mempengaruhi kadar sianida pada limbah cair tapioka.

Penambahan kotoran sapi perah kurang dari taraf 20% tidak mempengaruhi nilai COD. Semakin besar persentase pemberian kotoran sapi perah, maka semakin besar pula nilai TS yang dihasilkan. Penambahan kotoran sapi perah dapat mengubah pH limbah menjadi lebih mendekati netral. Tanpa penambahan kotoran sapi perah, limbah cair tapioka dapat terdegradasi dengan baik.

Hal ini ditandai dengan besarnya persentase penurunan nilai COD dan TS limbah cair tapioka tanpa penambahan kotoran sapi perah selama 30

hari difermentasi anaerob. Akan tetapi, penurunan ini tidak diikuti dengan penurunan kadar sianida dalam limbah serta pH yang masih rendah.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan dengan perbandingan 30% kotoran sapi perah dan 70% limbah cair tapioka merupakan perlakuan terbaik dalam penelitian ini dalam mengolah limbah cair tapioka. Hasil penelitian Vegantara (2009) dapat dilihat pada Tabel 58.



Keterangan: A: bioreaktor; B: tabung silinder; C: ember sebagai penampung air; E: tempat pengukuran suhu, pH dan *port sampling*; F: selang untuk mengalirkan gas; G: keran gas (*gas port sampling*)

Gambar 74 Contoh desain bioreaktor yang dapat digunakan dalam pembuatan biogas limbah cair tapioka skala laboratorium

Sumber: Kurniawan (2009)

Pada penelitian Rahmatul *et al.* (2013) yang menggunakan reaktor anaerobik 3.000 liter berdistributor didapatkan bahwa biodegradasi limbah cair tepung tapioka pada reaktor anaerobik 3.000 liter berdistributor mempunyai efisiensi COD *removal* terbesar yaitu 51,8% dengan COD masuk 7.000 mg/L dan OLR 1 kg COD/m<sup>3</sup>/hari.

Semakin besar OLR yang dimasukkan ke dalam reaktor, maka didapatkan produksi biogas yang semakin meningkat. Selain itu % COD *removal* juga semakin meningkat jika dilakukan penambahan OLR



yang masuk ke dalam reaktor. Pada penelitian ini terjadi peningkatan jumlah produksi gas/kg COD *removal* seiring meningkatkannya OLR yang masuk. Hasil penelitian Rahmatul *et al.* (2013) dapat dilihat pada Tabel 59 dan Gambar 76.

Tabel 58 Perubahan komposisi kimia limbah cair tapioka dengan variasi penggunaan urea

Perlakuan (%)	Penurunan (%)			Peningkatan (%)
	COD	TS	CN	pH
Kontrol	59,4	28,87	71,52	16,97
10	66,29	46,7	60,26	15,52
20	27,89	39,67	-866,67	3,58
30	46,14	26,74	-486,54	3,09
40	70,03	48,15	-34,57	5,73

Sumber: Vegantara (2009)

Rahmatul *et al.* (2013) juga mendapatkan bahwa semakin lama waktu fermentasi limbah cair tepung tapioka, maka akan menghasilkan produksi gas yang semakin banyak.

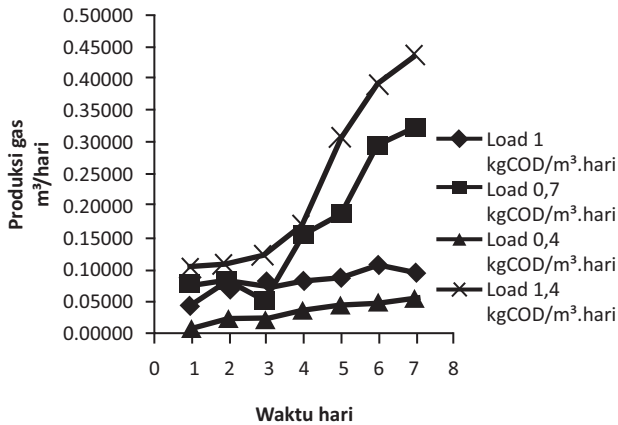
Pada hari ke 1-2 merupakan tahapan hidrolisa, senyawa-senyawa organik seperti karbohidrat berubah menjadi monomer-monomer seperti glukosa. Pada tahapan ini muncul gas metan dan CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang masih sedikit, karena berasal dari *starter* awal.

Selanjutnya pada hari ke 2-4 mulai dihasilkan gas yang lebih banyak. Hal ini disebabkan karena senyawa organik berada pada tahapan *acidogenesis*, di mana pada tahapan tersebut dihasilkan gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> sehingga hasil gas semakin meningkat.

Pada hari ke 4-7 produksi gas semakin meningkat drastis, karena senyawa organik mencapai tahapan metanasi. Hubungan waktu fermentasi dan biogas pada penelitian Rahmatul *et al.* (2013) dapat dilihat pada Gambar 75.

Selanjutnya, Kurniawan (2009) yang melakukan pembuatan biogas skala laboratorium mengatakan produksi biogas selama 30 hari berbahan dasar limbah cair tapioka yang dicampur kotoran ternak

dengan menggunakan bioreaktor sistem *batch* volume 20 liter, dipengaruhi oleh faktor-faktor biotik berupa kandungan total solid (TS) dan rasio C/N.



Gambar 75 Hubungan waktu fermentasi terhadap produksi biogas

Sumber: Rahmatul *et al.* (2013)

Tabel 59 *Load*, % COD Removal, dan Produksi Gas/kg COD Removal

<i>Load</i> (kgCOD/m³/hari)	COD masuk (mg/L)	COD keluar (mg/L)	Removal (%)	Biogas (m³/kg COD removal)
0,4	3.000	1.832	38,9	0,10
0,7	5.000	2.902	42	0,08
1	7.000	3.371	51,8	0,19
1,4	10.000	5.173	48,3	0,22

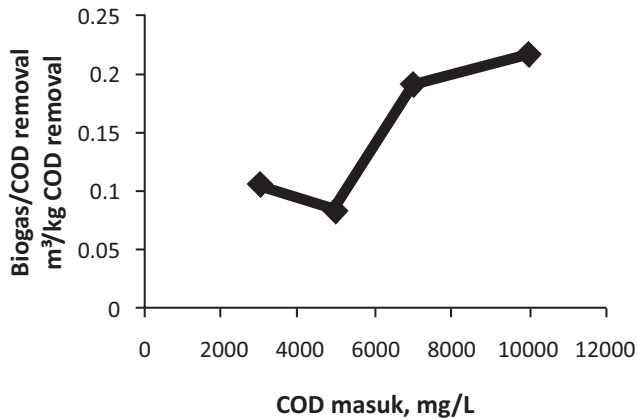
Sumber: Rahmatul *et al.* (2013)

Pemberian komposisi campuran bahan yang berbeda untuk mendapatkan kandungan total solid (TS) yang berbeda memberikan pengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan. Didapatkan 2 perlakuan yang terbaik untuk produksi biogas (Kurniawan 2009).

Perlakuan komposisi 60 : 40 dengan kandungan TS sebesar 5,82% menghasilkan biogas sebanyak 576 L/kg TS segar selama 30 hari masa fermentasi, dengan kandungan metan sebesar 55,90%. Perlakuan

komposisi 70 : 30 dengan kandungan TS 4,39% menghasilkan biogas sebanyak 458 L/kg TS segar selama 30 hari masa fermentasi, dengan kandungan gas metan 60,89% (Tabel 60) (Kurniawan 2009).

Indarto (2010) menambahkan variasi substrat dengan penambahan urea berpengaruh terhadap produksi biogas. Peningkatan suhu dapat menambah jumlah produksi biogas. Produksi terbanyak yaitu substrat tanpa perlakuan penambahan urea pada kondisi suhu tinggi (50 °C) yaitu 314,58 mL/hari. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 61.



Gambar 76 Hubungan antara COD masuk terhadap kadar biogas yang dihasilkan  
Sumber: Rahmatul *et al.* (2013)

Tabel 60 Produksi biogas total dari limbah cair tapioka pada skala laboratorium

Parameter	Penambahan urea (%)				Kontrol
	10	20	30	40	
Produksi biogas total (l/kg TS segar)	576	458,5	377,8	130,1	124,2
Total kandungan metan (%)	55,9	60,89	20,35	18,03	11,08
Total kandungan metan (l/kg TS segar)	321,98	279,18	76,88	23,45	13,76
Energi (kkal)	2.897	2.512	691,9	211,1	123,8
Reduksi TS (%)	28,86	46,69	39,66	26,74	48,14

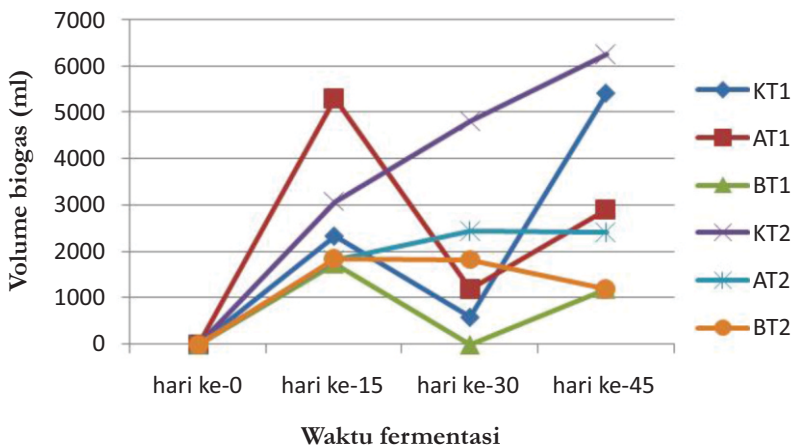
Sumber: Kurniawan (2009)

Tabel 61 Pengaruh produksi biogas pada interaksi penambahan urea dan suhu lingkungan pada limbah cair tapioka 80%

Persentase penambahan urea (%)	Rata-rata volume biogas (L)					
	M2		M4		M6	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
0	0,78	1,03	0,19	1,6	1,81	2,08
3	1,19	0,61	0,4	0,82	0,97	0,81
6	0,58	0,62	0	0,61	0,4	0,4

Keterangan: T1 = fermentasi suhu ruang (31 °C); T2 = fermentasi suhu tinggi (50 °C); M2 = minggu ke-2; M4 = minggu ke-4; M6 = minggu ke-6.

Sumber: Indarto (2010)



Keterangan :

K = Limbah cair tapioka 80% dan urea 0% (+ inokulum 20%)

A = Limbah cair tapioka 80% dan urea 3% (+ inokulum 20%)

B = Limbah cair tapioka 80% dan urea 6% (+ inokulum 20%)

T1 = Suhu ruang (31 °C)

T2 = Suhu tinggi (50 °C)

Gambar 77 Total volume biogas yang diperoleh dari masing-masing kelompok substrat pada kondisi suhu ruang (31 °C) dan suhu tinggi (50 °C) dengan lama fermentasi 45 hari.

Sumber: Indarto (2010)

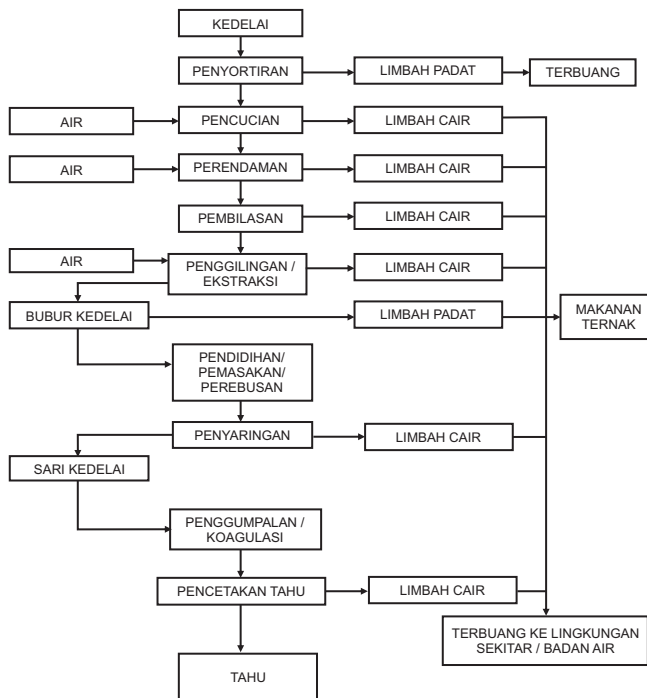
## **Daftar Pustaka**

- Indarto KE. 2010. Produksi biogas limbah cair industri tapioka melalui peningkatan suhu dan penambahan urea pada perombakan anaerob [Skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelah Maret.
- Kurniawan MFC. 2009. Pemanfaatan limbah cair tapioka untuk penghasil biogas skala laboratorium [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Priyono H. 2002. Pemanfaatan lumpur dan limbah padat industri tapioka untuk produksi biogas [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rahmatul RH, Nurrokhim A, Soewarno N, Nurkhamidah S. 2013. Produksi biogas dari limbah cair industri tepung tapioka dengan reaktor anaerobik 3000 liter berdistributor. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1): 1-5.
- Vegantara DA. 2009. Pengolahan limbah cair tapioka menggunakan kotoran sapi perah dengan sistem aerobik [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

## VII. LIMBAH TAHU

### 7.1. Pendahuluan

Kedelai merupakan sumber protein nabati yang diketahui aman dan sehat bagi semua umur. Kandungan protein dalam kedelai sangat tinggi yaitu 35 - 45% (Maulida 2010 dalam Yustina & Abadi 2012), bahkan pada varietas unggul kadar proteinnya mencapai 40 - 43% dan 15% serat pangan (Yustina & Abadi 2012).



Gambar 78 Proses pembuatan kedelai menjadi tahu dan limbah yang dihasilkan

Sumber: Bomantoro (2015)

Kedelai sering dikonsumsi oleh masyarakat dalam berbagai bentuk produk olahan seperti tahu, tempe, kecap, susu kedelai dan bentuk olahan lainnya. Pada proses pengolahan kedelai menjadi makanan olahan berupa tahu, dihasilkan produk samping yang tidak dapat digunakan untuk membuat produk olahan tersebut.

Produk samping dari proses pembuatan tahu berupa ampas tahu dan limbah cair berupa *whey*. Ampas tahu yang dihasilkan dapat digunakan sebagai oncom maupun pakan ternak, sedangkan limbah cair yang dihasilkan biasanya tidak digunakan kembali dan dibuang menuju badan air/sungai.

## **7.2. Ampas Tahu**

Ampas tahu merupakan limbah padat yang diperoleh dari proses pembuatan tahu dari kedelai. Sedangkan yang dibuat tahu adalah cairan atau susu kedelai yang lolos dari kain saring. Ditinjau dari komposisi kimianya ampas tahu dapat digunakan sebagai sumber protein.

Kandungan protein dan lemak pada ampas tahu cukup tinggi, namun kandungan tersebut berbeda tiap tempat dan cara pemrosesannya. Ampas tahu memiliki kandungan protein 8,66%; lemak 3,79%; air 51,63% dan abu 1,21%. Oleh sebab itu sangat memungkinkan untuk ampas tahu diolah menjadi bahan makanan ternak (Dinas Peternakan Provinsi Jawa Timur 2011 dalam Noor 2012).



Gambar 79 Limbah ampas tahu hasil pengolahan kedelai  
Sumber: [www.lordbroken.wordpress.com](http://www.lordbroken.wordpress.com)

Ampas tahu memiliki kelemahan sebagai bahan pakan yaitu kandungan serat kasar dan air yang tinggi. Kandungan serat kasar yang tinggi menyulitkan bahan pakan tersebut untuk dicerna itik dan kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan daya simpannya menjadi lebih pendek (Masturi *et al.* 1992 dan Mahfudz *et al.* 2000).

Jumlah ampas tahu yang dihasilkan oleh industri pengolahan kedelai mencapai 13.988.864 kg/hari pada tahun 1998 (BPS 1998 dalam Yustina & Abadi 2012). Tingginya ampas tahu yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu dan susu kedelai menjadikan ampas tahu sebagai bahan baku yang melimpah dan murah yang dapat digunakan bagi industri pengolahan.

### **7.3. Pengolahan Ampas Tahu menjadi Tepung**

Pemanfaatan ampas tahu menjadi tepung merupakan salah satu kegiatan yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi limbah ampas tahu yang dihasilkan dari proses pengolahan kedelai menjadi tahu atau susu kedelai. Selain itu, pemanfaatan ampas tahu menjadi tepung juga dapat meningkatkan nilai ekonomi dari ampas tahu selain dijadikan pakan ternak yang dihargai IDR 300 - 500/kg basah.

Diversifikasi pemanfaatan ampas tahu dapat memberikan manfaat kesehatan dan usaha pemenuhan gizi bagi masyarakat. Sebagai sumber protein dan serat pangan, tepung ampas tahu dapat meningkatkan kandungan protein dan serat pada produk olahan seperti *soy cracker* (kerupuk), kue kering (*stick*, *cookies*, dan lain-lain), minuman probiotik maupun fortifikasi tepung.

#### **7.3.1. Proses Pembuatan Tepung Ampas Tahu**

Tepung ampas tahu merupakan tepung yang dihasilkan dari pengeringan ampas tahu yang masih basah dengan alat pengering atau sinar matahari. Proses pembuatan tepung ampas tahu dalam Sulistiani (2004) yaitu pengepresan, sterilisasi, perendaman dengan larutan  $\text{NaHSO}_3$ , fermentasi pada sebagian ampas tahu, pembekuan, pengeringan, penghalusan, pengeringan, penggilingan dan pengayakan.



Tabel 62 Komposisi kandungan nutrisi/kimia ampas tahu

Gizi	Ampas tahu	Tahu	Tempe	Nasi
Energi (kal)	67	80	150	180
Protein (g)	5	10,9	14	3
Lemak (g)	2,1	4,7	7,7	0,3
Karbohidrat (g)	8,1	0,8	9,1	39,8
Serat kasar (g)	4,1	0,1	1,4	0,2
Abu (g)	0,6	1,4	0,9	0,2
Kalsium (mg)	460	223	517	25
Fosfor (mg)	88	183	202	27
Besi (mg)	1	3,4	1,5	0,4
Vitamin A (SI)	0	0	0	0
Vitamin B (mg)	0,06	0,001	0,17	0,05
Vitamin C (mg)	0	0	0	0
Air (g)	84,1	82,2	68,3	56,7
BDD (%)	100	100	100	100

Sumber: Departemen Kesehatan RI (2005) dalam Sulistiani (2004)

### a. Pengepresan

- Proses pengepresan bertujuan untuk mengurangi kadar air ampas tahu. Kadar air yang rendah dapat memperlambat proses pembusukan pada ampas tahu.
- Proses pengepresan dilakukan setelah tahu mengalami perendaman  $\text{NaHSO}_3$ . Hal ini dilakukan untuk mempermudah terjadinya proses pengeringan serta untuk menghasilkan oncom yang baik. Ampas tahu yang telah mengalami pengepresan terlihat lebih padat dan kompak.

### b. Sterilisasi

- Proses sterilisasi ampas tahu pada suhu  $121\text{ }^\circ\text{C}$  selama 15 menit untuk meningkatkan daya simpan ampas tahu dengan membunuh semua jasad renik yang ada (Fardiaz 1992). Ampas tahu yang telah mengalami sterilisasi tetap terlihat padat dan kompak.

### c. Perendaman $\text{NaHSO}_3$

- Sulfurisasi yang dilakukan dalam proses pengolahan ini berupa proses perendaman ampas tahu dalam larutan  $\text{NaHSO}_3$  (b/v = 1 : 3).
- Fungsi utama sulfit yaitu sebagai antioksidan, penghambat enzim, menghambat reaksi maillard, agen reduksi dan agen mikrobial.

Proses perendaman dilakukan selama 40 menit dengan konsentrasi  $\text{NaHSO}_3$  3% dalam pembuatan tepung tahu non fermentasi.

**d. Fermentasi**

- Proses fermentasi pada sebagian ampas tahu bertujuan untuk meningkatkan sifat fungsional dari tepung ampas tahu. Fermentasi dapat dilakukan menggunakan fungi oncom merah (*Neurospora sitophila*) yang ditambahkan sebanyak 2,5% selama 24 jam.

**e. Pembekuan**

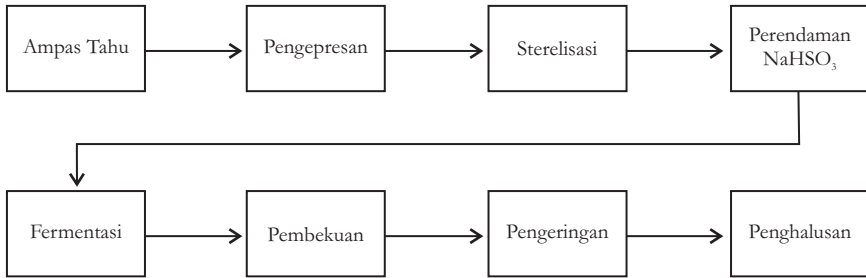
- Proses pembekuan dilakukan untuk mencegah terjadinya *browning* pada saat pengeringan dan menurunkan suhu ampas tahu. Hasil pengujian derajat putih tepung yang mengalami sterilisasi memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan tepung yang tidak disterilisasi dan tidak dibekukan.

**f. Pengeringan**

- Proses pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan *drum dryer*. Keuntungan menggunakan alat ini adalah kecepatan pengeringan yang tinggi dan penggunaan panas yang ekonomis, dapat memperbaiki daya cerna, memperbaiki sanitasi dan mengawetkan (Widyastuti 2000).
- Proses pengeringan dapat menggunakan tekanan sebesar 3 bar dengan suhu 120 °C, sedangkan suhu bahannya berkisar 80 °C. Proses pengeringan menghasilkan tepung dalam lembaran tipis yang tidak homogen.

**g. Penghalusan**

- Tepung dihaluskan menggunakan alat *disc mill* dan diayak hingga didapatkan tepung berukuran 60 mesh.



Gambar 80 Proses pembuatan tepung ampas tahu

Sumber: Sulistiani (2004)



Gambar 81 Proses pembuatan tepung ampas tahu

Sumber: [www.aaccujungbatee.wordpress.com](http://www.aaccujungbatee.wordpress.com)

### 7.3.2. Kandungan Nutrisi dan Karakteristik Tepung Ampas Tahu

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sulistiani (2004), tepung ampas tahu memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ampas tahu basah yang belum diolah. Karakteristik kimia yang terdapat pada tepung ampas tahu disajikan pada Tabel 63.

Tabel 63 Karakteristik kimia dari ampas tahu dan tepung ampas tahu

Karakteristik kimia	Ampas tahu basah <sup>2</sup>	Tepung ampas tahu <sup>1</sup>
Air (%)	89,88	8,12
Protein (%)	1,32	13,63
Lemak (%)	2,2	13,86
Abu (%)	0,32	2,55
Pati (%)	6,33	31,58
Serat pangan tidak larut (%)	0,96	33,8
Serat pangan larut (%)	4,73	9,14
Total serat pangan (%)	5,69	42,94
$\beta$ -karoten ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	-	2.473,51

Sumber: <sup>1</sup>Sulistiani (2004); <sup>2</sup>Yustina & Abadi (2012)

Hasil karakteristik sifat fungsional tepung ampas tahu menunjukkan protein tepung secara umum memiliki daya pembuihan yang cukup baik, yaitu dengan kapasitas buih dan stabilitas buih sebesar 122,62 dan 82,70% (Sulistiani 2004).

Daya serap air dari tepung ampas tahu yang tinggi 6,74% menjadikan tepung ampas tahu berpotensi sebagai alternatif bahan baku dalam pembuatan adonan, produk-produk daging, dan lain-lain. Sifat kelarutan tepung ampas tahu 26,31% penting peranannya dalam pembuatan produk minuman (Sulistiani 2004).

Tepung ampas tahu melalui perendaman  $\text{NaHSO}_3$  3% memiliki jumlah koloni bakteri yang rendah yaitu  $0,79 \times 10^3$  CFU/g, sedangkan tepung ampas tahu yang diolah tanpa pemanasan atau sterilisasi daya simpannya lebih pendek (2 bulan) dengan ciri-ciri tepung mulai menggumpal (Sulistiani 2004).

Tepung ampas tahu berpotensi sebagai alternatif bahan baku pangan. Pada tepung ampas tahu terdapat kandungan *dietary fiber* dan protein yang relatif masih cukup tinggi serta  $\beta$ -karoten. Sebagai sumber protein sebesar 10 - 30%, maka 100 g tepung ampas tahu mampu memenuhi kebutuhan protein sebesar 20 - 60% AKG dengan perhitungan protein di tingkat konsumsi sebesar 52 g/2.000 kkal (Yustina & Abadi 2012).

Menurut NLEA (1994) dalam Yulianis (2004), maka tepung ampas tahu dapat diklaim sebagai bahan pangan tinggi protein. Dalam pemenuhan kebutuhan serat, 100 g tepung ampas kedelai mampu memenuhi kebutuhan serat pangan sebesar 190,88% dengan rata-rata kecukupan serat pangan sebesar 25 g/orang/hari (Hardiansyah & Tambunan 2004; Yulianis 2004).

### 7.3.3. Potensi Tepung Ampas Tahu dalam Industri Makanan

Tepung ampas tahu dapat digunakan untuk minuman fermentasi probiotik. Penambahan tepung ampas tahu 5 - 10%, susu skim 10%, gula 4%, cmc 0,5% dapat menghasilkan minuman fermentasi probiotik yang disukai dengan tingkat keasaman sebesar pH 3,59 dan total koloni bakteri asam laktat  $3,0 \times 10^8$  -  $7,5 \times 10^8$  CFU/ml (Yulianis 2004 dalam Yustina & Abadi 2012).

Tepung ampas tahu dapat digunakan dalam pembuatan produk makanan seperti kerupuk dan berbagai jenis kue kering, keras dan padat yang tidak membutuhkan pengembangan saat pembuatan (Rahmawaty & Kurnia 2009).

Penggunaan tepung ampas tahu dalam pembuatan kue kering masih bersifat substitusi dari tepung terigu, tepung ketan, tapioka dan lain-lain karena sifat tepung ampas tahu yang tidak mampu membentuk gel dan mengikat air.

Produk yang dihasilkan dari substitusi bahan tepung non gluten seperti tepung ampas tahu tidaklah terlalu mengembang, namun padat. Produk yang dibuat menggunakan tepung ampas tahu akan memiliki tingkat elastisitas yang rendah sesuai dengan jumlah tepung ampas tahu yang ditambahkan. Walaupun demikian, tepung ampas tahu mampu meningkatkan kandungan protein di dalam produk makanan (Yustina & Abadi 2012).

## Daftar Pustaka

- Bomantoro SS. 2015. Penerapan produksi bersih pada industri tahu di Kutai Kartanegara Kalimantan Timur [Tesis]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Fardiaz S. 1992. Mikrobiologi pangan 1. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiansyah, Tambunan V. 2004. Kecukupan energi, protein, lemak dan serat makanan.
- Mahfudz L. 2000. Pengaruh penggunaan limbah padat tahu dalam ransum terhadap konsumsi pakan, penambahan bobot badan dan konversi pakan pada ayam kampung (*Gallus domesticus*) periode *grower* [Skripsi]. Malang (ID): Universitas Islam Negeri.
- Masturi. 1992. Penggunaan ampas tahu dalam ransum unggas. Poultry Indonesia. No 133.
- Noor TFD. 2012. Pemanfaatan tepung ampas tahu pada pembuatan *cookies* (*chocolate cookies*, bulan sabit *cookies*, dan pie lemon *cookies*) [Proyek akhir]. Yogyakarta (ID): Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahmawaty S, Kurnia P. 2009. Pembuatan kecap dan *cookies* ampas tahu sebagai upaya peningkatan potensi masyarakat di sentra industri tahu, Kampung Krajan, Mojosoong, Surakarta. Warta.12(1): 1-2.
- Sulistiani. 2004. Pemanfaatan ampas tahu dalam pembuatan tepung tinggi serat dan protein sebagai alternatif bahan baku pangan fungsional [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Widyastuti A. 2000. Mempelajari proses pembuatan tepung *whey* tahu dengan pengering drum dan karakteristik fisiko kimia dan fungsional tepung yang dihasilkan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yulianis N. 2004. Pemanfaatan tepung ampas tahu dalam pembuatan minuman fermentasi probiotik dengan starter *Lactobacillus casei* [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yustina I, Abadi FR. 2012. Potensi tepung dari ampas industri pengolahan kedelai sebagai bahan pangan. Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi. 2012 Juni. Madura (ID): Universitas Trunojoyo. hlm. 1-9.

#### 7.4. Pemanfaatan Ampas Tahu menjadi Kecap Manis

Kandungan protein dan lemak yang tinggi pada ampas tahu memungkinkan ampas tahu untuk diolah menjadi kecap. Cara pengolahan kecap berbahan dasar ampas tahu adalah sama dengan pengolahan kecap dengan bahan dasar kedelai.

Pada proses pembuatan kecap dari limbah ampas tahu dapat ditambahkan sumber karbohidrat seperti tepung tapioka atau tepung beras untuk menghasilkan tekstur koji yang padat dan membantu proses pertumbuhan fungi dalam pembentukan koji. Selain itu, penambahan tepung juga berfungsi untuk mengurangi kadar air bahan baku berupa ampas tahu sehingga dapat mengoptimalkan kondisi pertumbuhan fungi (Lavinia 2011).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3543-1994), kecap kedelai adalah produk cair yang diperoleh dari hasil fermentasi dan atau cara kimia (hidrolisis) kacang kedelai (*Glycine max* L) dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan yang diinginkan.

Pembuatan kecap dengan cara fermentasi meliputi dua tahap yaitu fermentasi fungi dan fermentasi garam (Judiamidjojo 1987 dalam Lavinia 2011) sedangkan cara hidrolisis menggunakan asam sehingga waktu pembuatan kecap lebih cepat.

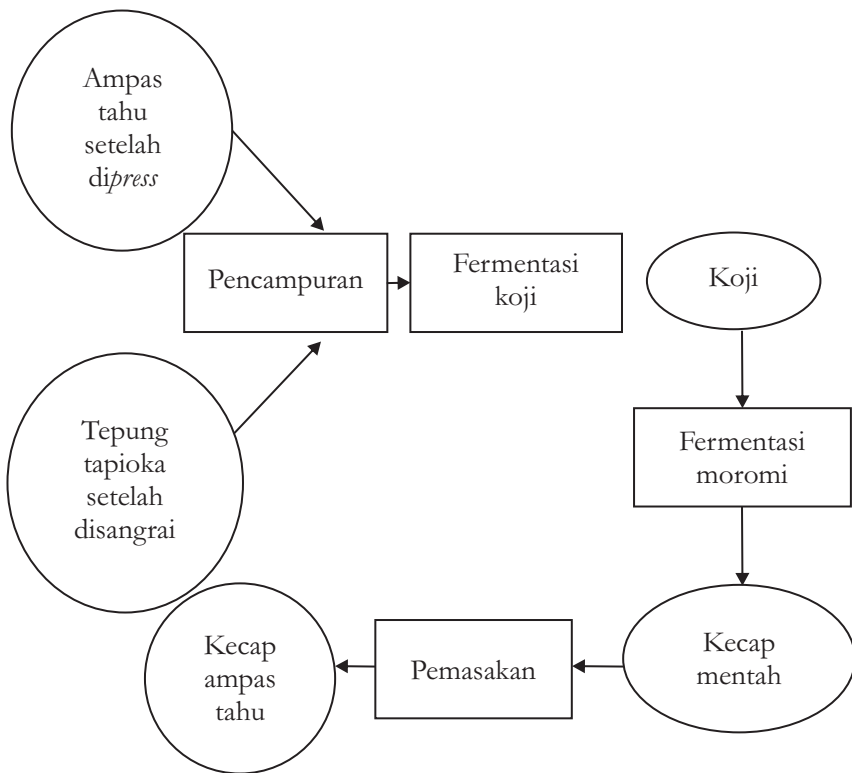
Proses pembuatan kecap dengan cara hidrolisis kimia lebih mudah, cepat dan murah, tetapi kecap yang dihasilkan memiliki *flavor* tidak sebaik *flavor* kecap yang dihasilkan melalui fermentasi (Yokotsuka 1983 dalam Lavinia 2011), karena pada proses hidrolisis kimia terjadi kerusakan pada beberapa asam amino dan gula. Selain itu dapat pula terbentuk senyawa penyebab *off flavor* seperti asam levulinat dan H<sub>2</sub>S (Nunomura & Sasaki 1986).

Kecap yang dihasilkan dari proses fermentasi memiliki rasa dan aroma yang lebih baik, serta memiliki senyawa-senyawa hasil fermentasi seperti asam-asam organik dan alkohol (Lavinia 2011).

### 7.4.1. Pembuatan Kecap Manis Ampas Tahu

Proses pembuatan ampas tahu menjadi kecap manis dapat mengacu pada penelitian Lavinia (2011). Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan ampas tahu menjadi kecap berupa ampas tahu basah, tepung, laru tempe, gula aren, gula kelapa, garam halus, tepung maizena dan bumbu-bumbu (pekak dan adas).

Urutan proses pembuatan kecap ampas tahu yaitu pengepresan ampas tahu dan pengsangraian tepung tapioka, pencampuran bahan, fermentasi koji, koji, fermentasi moromi dan pemasakan kecap.



Gambar 82 Proses pembuatan kecap manis ampas tahu  
Sumber: Lavinia (2011)



**a. Pencampuran**

- Proses pembuatan kecap ampas tahu dimulai dengan pengepresan dan pengukusan ampas tahu yang akan digunakan.
- Pengepresan dilakukan dengan menggunakan kain saring dan pengukusan dilakukan selama 15 menit dengan suhu 90 °C.
- Selanjutnya, ampas tahu yang telah berkurang kadar airnya dicampur dengan tepung yang telah disangrai. Tujuan penyangraian adalah mematikan mikroba yang tercampur dalam tepung supaya tidak mengganggu mikroba yang hidup dalam ragi (Suprpti 2005).

**b. Fermentasi Koji**

- Campuran ampas tahu dan tepung tapioka kemudian ditaburi laru tempe sebanyak 5 g untuk 1 kg campuran ampas tahu dan tepung tapioka, lalu diaduk sampai rata.
- Setelah itu, ampas yang telah ditaburi laru diletakkan di atas tampah setebal 2 cm yang telah dialasi daun pisang dan ditutupi dengan daun pisang.
- Tampah diletakkan di tempat yang terhindar dari serangga dan sinar matahari langsung selama 3 hari pada suhu ruang sampai fungi cukup tebal menutupi koji.
- Koji yang telah jadi lalu dipotong kecil-kecil, kemudian dikeringkan dengan oven selama 4 jam pada suhu sekitar 50 - 60 °C. Koji yang telah dikeringkan disebut koji kering.

**c. Fermentasi moromi**

- Larutan garam untuk fermentasi moromi yang digunakan merupakan larutan garam dengan konsentrasi 23%.
- Untuk mendapatkan 1 liter larutan garam 23%, garam sebanyak 230 g ditambahkan dengan sedikit air, sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga volumenya menjadi 1 liter.
- Potongan koji yang telah kering kemudian dimasukkan ke dalam larutan garam. Tiap 100 g potongan koji kering membutuhkan sekitar 1 liter larutan garam.
- Proses perendaman dilakukan selama 1 bulan pada wadah toples plastik yang ditutupi dengan kain saring.
- Selama proses perendaman, apabila pada siang hari terdapat sinar matahari, maka toples dijemur dalam keadaan terbuka (tidak

menggunakan penutup kain saring) dan dilakukan pengadukan dua kali sehari yaitu sebelum dan sesudah penjemuran di bawah sinar matahari untuk meratakan sirkulasi udara pada toples agar tidak terjadi suasana anaerob pada moromi bagian dasar toples.

#### d. Pemasakan

- Hasil fermentasi selama 1 bulan (moromi) ditambahkan air dengan perbandingan 1,5 liter untuk setiap 1 liter moromi.
- Setelah itu dilakukan pasteurisasi pada suhu sekitar 60 - 70 °C di atas kompor selama kurang lebih 15 - 20 menit.
- Setelah proses pasteurisasi selesai, cairan tersebut disaring dengan kain saring. Cairan hasil penyaringan ini disebut dengan kecap mentah.
- Penyiapan bumbu dilakukan dengan menyiapkan rempah-rempah yang digunakan, yaitu pekak (*Illicium verum*) dan adas (*Foeniculum vulgare* Miller).
- Pekak dan adas terlebih dahulu disangrai hingga berbau harum tajam lalu digiling. Sebanyak 25 g adas dan 6 g pekak yang telah halus dicampur secara merata. Sementara itu, persiapan gula dilakukan dengan menyayat gula merah kelapa dan gula aren dengan perbandingan 1 : 1 lalu dicampur secara merata.
- Cairan kecap mentah dipindahkan ke dalam panci, kemudian ditambahkan campuran gula merah yang sebelumnya telah dipersiapkan lalu dimasak hingga mendidih. Setiap 1 liter kecap mentah membutuhkan 1,5 kg campuran gula aren dan gula kelapa.
- Selama proses pemasakan, ditambahkan bumbu yang telah disiapkan dengan perbandingan bumbu dan kecap mentah sebesar 5 g campuran bumbu untuk setiap 1 liter kecap mentah.
- Proses pemasakan dilakukan dengan mengaduk kecap mentah tersebut hingga mendidih, setelah kecap mendidih ditambahkan 6 sendok teh larutan maizena (8 g tepung maizena yang dilarutkan dalam 50 mL air matang) untuk setiap 1 liter kecap mentah.
- Proses pemasakan dilakukan sampai mengental dengan dilakukan proses pengadukan secara terus menerus untuk menghindari terjadinya kerak dan *over* karamelisasi pada kecap yang berada di dasar panci.

- Setelah proses pemasakan selama sekitar 40 menit, dilakukan penyaringan menggunakan kain saring dalam kondisi yang masih panas lalu didinginkan dan siap dibotolkan.

#### **7.4.2. Perbandingan Mutu Fisik, Kimia dan Mikrobiologi Kecap Ampas Tahu dengan Kecap Komersial dan SNI 01-3543-1999**

Karakteristik sifat fisika dan kimia dari kecap manis ampas tahu tergantung dari bahan campuran yang digunakan dalam proses pembuatan kecap. Penelitian Leoni (2011) yang menambahkan tepung beras dan Lavinia (2011) yang menambahkan tepung tapioka dalam proses pembuatan kecap ampas tahu menunjukkan karakteristik kimia dan fisika yang berbeda. Hal ini disebabkan adanya perbedaan kandungan bahan kimia di dalam masing-masing bahan.

Kecap manis komersial yang telah beredar di masyarakat secara luas masing-masing memiliki karakteristik mutu yang berbeda-beda, namun memiliki penerimaan tersendiri bagi konsumen yang memilihnya.

Diperlukan perbandingan karakteristik, baik secara sifat fisik maupun sifat kimia kecap manis ampas tahu dengan beberapa kecap manis komersial dan SNI untuk mengetahui karakteristik mutu yang dimiliki kecap manis ampas tahu, sehingga memudahkan penerimaan konsumen nantinya.



Gambar 83 Produk kemasan kecap manis ampas tahu

Sumber: [www.justanotherstorage.blogspot.com](http://www.justanotherstorage.blogspot.com)

Dari segi fisik, kecap manis ampas tahu dari tepung tapioka masuk ke dalam kisaran viskositas dari tiga jenis merk kecap manis komersil yang ada di pasaran. Begitu pula dengan sifat fisik lainnya yaitu total padatan terlarut yang juga masuk dalam kisaran nilai kecap manis komersil yang ada di pasaran (Lavinia 2011).

Hal ini menunjukkan bahwa kecap manis ampas tahu dapat memiliki karakteristik sifat fisik (viskositas dan total padatan terlarut) yang hampir sama dengan beberapa kecap manis komersil, tergantung dari bahan campuran pembuatannya.

Tabel 64 Perbandingan karakteristik kimia dan fisika kecap ampas tahu terhadap kecap komersial dan SNI 01-3543-1999

Parameter mutu	Kecap ampas tahu (Tapioka) <sup>1</sup>	Kecap ampas tahu (Tepung beras) <sup>2</sup>	3 Jenis kecap manis komersial	SNI 01-3543-1999
NaCl (%)	6,84	3,23	4,14 - 4,64	Min 3%
Protein (%)	1,99	2,04	1,59 - 2,43	Min 2,5%
Total gula (%)	60,31	45,78	59,81 - 62,02	Min 40%
Total padatan terlarut (oBrix)	71,33	63,8	75,2 - 76,2	Min 10%
Viskositas (cP)	1.716,67	633,33	1.080 - 2.240	-
Kadar air (%)	22,43	29,31	13,64 - 16,67	-
Angka lempeng total (koloni/g)	1,8 x 10 <sup>4</sup>	3,2 x 10 <sup>3</sup>	-	Maks 10 <sup>5</sup>
MPN Koliform (APM/g)	< 3	< 3	-	Maks 10 <sup>2</sup>
MPN E.coli (APM/g)	< 3	< 3	-	< 3
Fungi (koloni/g)	2,5 x 10 <sup>2</sup>	2.1 x 10 <sup>4</sup>	-	Maks 50

Sumber : Lavinia (2011); Leoni (2011)

Secara keseluruhan, kecap manis ampas tahu yang dihasilkan telah memenuhi beberapa syarat SNI 01-3543-1999, kecuali kadar protein dan fungi/khamir. Kadar protein kecap manis ampas tahu yang rendah disebabkan oleh kandungan protein ampas tahu yang rendah. Fungi/khamir tidak memenuhi syarat karena kecap manis cenderung rusak oleh fungi/khamir karena mengandung banyak gula (Leoni 2011).

Dari hasil perbandingan secara keseluruhan, kecap manis ampas tahu dapat memiliki karakteristik sifat fisik dan kimia yang hampir mirip dengan karakteristik sifat fisik maupun kimia beberapa kecap manis komersial. Hal ini dapat menjadi peluang bagi kecap manis ampas tahu untuk diterima dan disukai oleh konsumen.

## **Daftar Pustaka**

- Lavinia F. 2011. Pemanfaatan ampas tahu sebagai bahan baku pembuatan kecap manis dengan penambahan tepung tapioka [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Leoni YM. 2011. Pemanfaatan ampas tahu sebagai bahan baku pembuatan kecap manis dengan penambahan tepung beras [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nunomura N, Sasaki M. 1992. Japanese soy sauce. Dalam: Reddy NR, Pierson MD, Alunkhe DK (editor). *Legume-based Fermented Foods*. Florida (US): CRC Press Inc.
- Suprati L. 2005. *Kecap Tradisional*. Edisi Teknologi Pengolahan Pangan. Yogyakarta (ID): Kanisius.

## **7.5. Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu sebagai Pakan Ternak Ruminansia**

Peningkatan kualitas pakan perlu dilakukan dan salah satunya adalah pemanfaatan ampas tahu yang dapat diperoleh dari hasil ikutan pembuatan tahu sebagai limbah industri rumah tangga. Ampas tahu mudah didapat dan masih mempunyai gizi yang baik.

Ampas tahu memiliki kadar protein kasar sekitar 20%, kelemahan dari ampas tahu yaitu kandungan airnya yang tinggi sehingga cepat busuk. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mengeringkannya. Pengeringan ampas tahu telah diketahui menurunkan degradabilitas protein (Wahyuni 2003).

Bahan yang berasal dari kacang tanah dan kacang kedelai mempunyai kadar protein yang tinggi dengan asam amino yang cukup lengkap. Hal ini dibuktikan oleh Fahmy *et al.* (1992) dengan bungkil kacang tanah dan kacang kedele sebagai sumber protein utamanya untuk menggemukan berbagai bangsa domba. Hasilnya adalah pertambahan bobot hidup 189 - 186 g per ekor/hari.

Surtleff dan Aoyagi (1979) melaporkan bahwa penggunaan ampas tahu sangat baik digunakan sebagai ransum ternak sapi perah. Di Taiwan ampas tahu digunakan sebagai pakan sapi perah mencapai 2 - 5 kg per ekor/hari (Heng-Chu 2004), sedangkan di Jepang penggunaan ampas tahu untuk pakan ternak terutama sapi dan babi dapat mencapai 70% (Amaha *et al.* 1996).

### **7.5.1. Cara Penggunaan Ampas Tahu sebagai Pakan Ternak Ruminansia**

Penelitian pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak dilakukan oleh Bulu *et al.* (2004) yang memanfaatkan ampas tahu sebagai pakan domba ekor tipis jantan. Penelitian lain dilakukan oleh Duldjaman (2004), yang mempelajari pemberian ampas tahu kepada domba yang mendapat rumput lapang sebagai pakan utamanya.

Bulu *et al.* (2004) menggunakan ampas tahu sebagai pakan dengan mencampurkannya dengan rumput gajah. Rumput gajah dan air diberikan secara *ad libitum*. Rumput gajah yang diberikan terlebih dahulu

dicacah dengan ukuran sekitar 5 cm sedangkan ampas tahu yang akan digunakan dijemur di bawah sinar matahari sampai kandungan airnya menurun hingga sekitar 10%. Ampas tahu kering diberikan satu kali sehari, yaitu pukul 07.00 WIB.

Tabel 65 Komposisi nutrisi rumput gajah dan ampas tahu kering yang diberikan kepada domba percobaan (Bulu *et al.* 2004)

Parameter	Rumput gajah	Ampas tahu kering
BK (%)	21,00	87,74
Abu (%)	12,71	4,83
PK (%)	6,55	19,45
Lemak (%)	1,71	6,55
SK (%)	35,38	21,67
BETN (%)	3,65	47,50

Sumber: Bulu *et al.* (2004)

Penelitian pemanfaatan ampas tahu dilakukan oleh Duldjaman (2004) menggunakan rumput lapangan dan ampas tahu. Kedua bahan tersebut berupa rumput kering matahari dengan kadar air masing-masing 13,20% dan 12,41%. Rumput lapangan kering diberikan *ad libitum* dan ampas tahu kering sebagai perlakuan. Garam dapur disediakan di dalam kandang sebagai garam jilatan dan air minum diberikan *ad libitum* dan dijaga tetap segar.

Rumus Wardeh (Kearl 1982) digunakan untuk menghitung konsumsi TDN dari bahan kering ampas tahu dan rumput yang dikonsumsi:

$$TDN (\%BK) = - 14,8356 + 1,3310 a + 0,7923 b + 0,9787 c + 0,5133 d$$

Keterangan:

a = % Protein

b = % Bahan ekstrak tanpa N

c = % Lemak

d = % Serat kasar

Komposisi kimia kedua bahan tersebut terdapat pada Tabel 66.



Tabel 66 Komposisi zat makanan rumput lapangan dan ampas tahu

Zat makanan	Pakan	
	Rumput lapangan	Ampas tahu
Protein (%)	12,24	23,62
BETN (%)	41,85	41,98
Serat kasar (%)	31,76	22,65
Lemak (%)	1,68	7,78
Abu (%)	12,47	3,97
Kalsium (%)	0,73	0,58
Fosfor (%)	0,45	0,22

Sumber: Duldjaman (2004)

### 7.5.2. Pengaruh Pemberian Ampas Tahu pada Ternak

Penelitian pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan dilakukan oleh Bulu *et al.* (2004). Penelitian yang dilakukan mengkaji pengaruh pemberian ampas tahu kering terhadap produksi protein mikrobial, retensi protein dan pertambahan bobot badan harian (PBBH) pada domba ekor tipis.

Rancangan dilakukan dengan menggunakan 3 perlakuan aras ampas tahu kering yaitu 0,6% dari bobot badan (T1), 1,2% dari bobot badan (T2), dan 1,8% dari bobot badan (T3) dengan asumsi konsumsi berat kering (BK) domba adalah 3% dari berat tubuh.

Tabel 67 Konsumsi pakan, pencernaan pakan, produksi protein mikroba, konsentrasi amonia cairan rumen, kandungan urea darah, retensi protein dan pertambahan bobot badan harian pada domba percobaan

Parameter	Perlakuan			Perbedaan
	T1	T2	T3	
Konsumsi BK rumput gajah (g/h)	461,4	376,35	422,63	tn
Konsumsi BK ampas tahu (g/h)	131,62	262,48	390,09	tn
Konsumsi BK total (g/h)	593,02	638,83	812,71	snl
Konsumsi PK rumput gajah (g/h)	30,22	24,65	27,68	tn
Konsumsi PK ampas tahu (g/h)	25,67	51,18	76,07	-
Konsumsi PK total (g/h)	55,89	75,84	103,75	snl
Kecernaan PK (%)	70,83	73,08	75,6	nl
Konsumsi PK tercerna (g/h)	39,59	55,42	78,43	snl
Retensi protein (%)	20,63	27,8	37,58	snl
Produksi protein mikroba rumen (g/h)	5,67	12,25	36,44	snl
Konsentrasi amonia rumen (mg/L)	601,27	300,45	449,76	tn
Kandungan urea darah (mM/L)	58,48	59,58	62,00	tn
Konsumsi protein retensi (g/h)	11,53	21,08	38,99	snl
Pertambahan bobot badan (g/h)	42,5	48,45	107,26	snl

Keterangan: tn = tidak nyata ( $p > 0,05$ ); nl = nyata linear ( $p < 0,05$ ); snl = sangat nyata linier ( $p < 0,01$ )  
 Sumber: Bulu *et al.* (2004).

Hasil yang didapatkan yaitu peningkatan aras ampas tahu dalam ransum mengakibatkan peningkatan produksi protein mikroba rumen, retensi protein dan PBBH. Aras ampas tahu kering dalam ransum masih dapat ditingkatkan melebihi 1,8% dari bobot badan untuk produktivitas domba ekor tipis.



Gambar 84 Pemberian ampas tahu pada ternak sapi

Sumber: Sumbar.Litbang.Pertanian.go.id

Penelitian lain dilakukan oleh Duldjaman (2004) menggunakan 24 ekor domba lokal jantan muda lepas sapih dengan bobot hidup  $12,45 \pm 1,67$  kg (Cv: 13,41%) dengan pembagian 4 kelompok pemberian (0, 100, 200 dan 300 g ampas tahu kering).

Hasil yang didapatkan yaitu pemberian ampas tahu kepada domba sapihan yang pakan utamanya rumput, meningkatkan konsumsi bahan kering, protein, TDN, keefisienan penggunaan pakan dan pertambahan bobot hidup. Pertambahan bobot hidup yang tinggi dapat menghasilkan domba dengan kondisi tubuh yang baik. Hasil penelitian dari Duldjaman (2004) ditampilkan pada Tabel 68.

Mawati *et al.* (2004) menggunakan 12 ekor domba lokal jantan dengan pemberian ampas tahu kering 20, 40 dan 60%. Hasil yang didapat yaitu pemberian ampas tahu pada taraf sampai dengan 60% dari total

kebutuhan baha kering (BK) menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $p < 0,05$ ) pada potongan komersial karkas. Bobot karkas domba lokal jantan yang diberi pakan rumput gajah segar dan ampas tahu kering mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya persentase ampas tahu yang diberikan.

Tabel 68 Rataan konsumsi rumput, bahan kering, protein kasar dan TDN

Pakan	Ransum			
	R1	R2	R3	R4
Rumput kering (g/h)	724±60	795±36	766±63	731±74
Ampas tahu kering (g/h)	0	100	200	300
Bahan kering:				
Rumput (g/h)	628±52	690±31	665±54	635±64
Ampas tahu (g/h)	0	88	175	263
Total (g/h)	628±52	778±32	840±55	897±65
Protein:				
Rumput (g/h)	77±6	84±4	81±7	78±8
Ampas tahu (g/h)	0	24	47	71
Total (g/h)	77±6	105 <sup>b</sup> ±4	123 <sup>c</sup> ±7	140 <sup>d</sup> ±8
TDN (g)	415 <sup>a</sup> ±35	528 <sup>b</sup> ±21	538 <sup>b</sup> ±36	635 <sup>c</sup> ±43
Pertambahan bobot hidup (g/h)	15 <sup>a</sup> ±9	51 <sup>b</sup> ±12	75 <sup>c</sup> ±8	95 <sup>d</sup> ±17
Keefisienan penggunaan pakan	0,024 <sup>a</sup> ±0,014	0,066 <sup>b</sup> ±0,013	0,089 <sup>c</sup> ±0,009	0,110 <sup>d</sup> ±0,026

Keterangan: Superskrip berbeda dalam baris dan kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ )

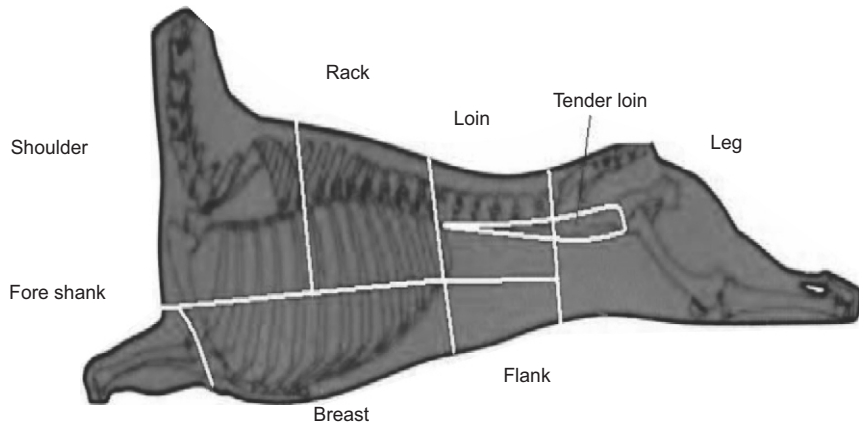
R0 = 0 g; R1 = 100 g; R2 = 200 g; R3 = 300 g

Sumber: Duldjaman (2004)

Tabel 69 Rata-rata bobot potongan komersial karkas domba lokal jantan

Potongan karkas	Ampas tahu 20%		Ampas tahu 40%		Ampas tahu 60%	
	G	%	g	%	g	%
	<i>Rib</i>	591	6,89	893,5	7,94	1.003,5
<i>Breast</i>	1.100	12,82	1.331,5	11,83	1.662,5	13,22
<i>Shoulder</i>	1.990	23,2	3.010,5	26,75	3.221,5	25,61
<i>Loin</i>	1.280	14,92	1.539	13,68	1.798,5	14,3
<i>Leg</i>	2.580	30,07	3.333,5	29,62	3.535,5	28,11
<i>Flank</i>	212,7	2,48	255	2,27	310,5	2,47
<i>Foresbank</i>	826	9,62	890	7,91	1.045,5	8,31

Sumber: Mawati *et al.* (2004)



Gambar 85 Bagian-bagian karkas daging domba lokal

Sumber: <http://mostdailynews.blogspot.co.id/2010/12/potongan-daging-kambing.html>

## **Daftar Pustaka**

- Amaha K., Sasahi Y, Segawa T. 1996. Utilization of tofu (soybean curd) by-product as feed for cattle. <http://www.agnet.org>.
- Bulu S, Sugiono, Cahyanto H, Rianto E, Reksowardojo DH, Purnomoadi A. 2004. Pengaruh ampas tahu kering pada ransum terhadap pemanfaatan protein pakan pada domba ekor tipis jantan. *J Indon Trop Anim Agric* 29(4): 213-9.
- Duldjaman M. 2004. Penggunaan ampas tahu untuk meningkatkan gizi pakan domba lokal. *Media Peternakan* 27(3): 107-10.
- Fahmy MH, Boucher JM, Poste LM, Gregoire R, Butler G, Comeau JE. 1992. Feed efficiency, carcass characteristics and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements. *J Anim Sci* 70: 1365-74.
- Heng-Chu A. 2004. Utilization of agricultural by-products in Taiwan. <http://www.agnet.org>.
- Marwati S, Warastuty F, Purnomoadi A. 2004. Pengaruh pemberian ampas tahu terhadap potongan komersial karkas domba lokal jantan. *J Indon Trop Anim Agric* 29(3): 172-6.
- Shurtleff W, Aoyagi A. 1975. *The book of tofu, food for mankind*. California (US): Ten Speed Press.
- Wahyuni S. 2003. Karakteristik nutrisi ampas tahu yang dikeringkan sebagai pakan domba. [Tesis]. Semarang (ID): Univeristas Diponegoro.

## 7.6. Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Pakan Unggas

Penggunaan ampas tahu sebagai bahan ransum untuk pakan unggas harus lebih cermat hal ini dikarenakan ampas tahu mengandung serat kasar. Di dalam saluran pencernaan unggas, tidak terdapat mikroorganismenya untuk menghasilkan enzim selulosa yang dapat memecah enzim glikosidik  $\beta$  1-4 pada selulosa (Mulyono 2009).

Ampas tahu juga memiliki anti nutrisi berupa asam fitat yang akan mengganggu penyerapan mineral bervalensi 2, terutama mineral Cu, Zn, Co, Mg dan Ca. Dengan adanya asam fitat yang mungkin akan mengganggu penyerapan hewan monogastrik, sehingga penggunaan ampas tahu dalam ransum unggas harus dibatasi dan lebih hati-hati (Mulyono 2009).

Upaya untuk memperbaiki kualitas gizi atau menghilangkan pengaruh negatif dari bahan pakan tertentu dapat dilakukan dengan penggunaan mikroorganismenya melalui proses fermentasi. Fermentasi dapat meningkatkan nilai pencernaan (Winarno 2000), menambah rasa dan aroma, serta meningkatkan kandungan vitamin dan mineral (Pelczar & Chan 2007 dalam Tifani *et al.* 2015).

Pada proses fermentasi dihasilkan pula enzim hidrolitik serta membuat mineral lebih mudah untuk diabsorpsi oleh ternak (Esposito *et al.* 2001 dalam Tifani *et al.* 2015).

### 7.6.1. Peningkatan Kualitas Ampas Tahu melalui Proses Fermentasi

#### a. Proses Fermentasi Ampas Tahu menggunakan EM-4

Beberapa peneliti melaporkan adanya perubahan komposisi zat-zat makanan dalam substrat melalui fermentasi dengan menggunakan *Effective Microorganism* 4 (EM-4). Mikroorganismenya alami yang terdapat dalam EM-4 bersifat fermentasi (peragian) dan sintetik, terdiri dari lima kelompok mikroorganismenya dari golongan ragi, *Lactobacillus*, fungi fermentasi, bakteri fotosintetik, dan *Actinomycetes* (Paramita 2002 dalam Tifani *et al.* 2014).

*Effective Microorganism 4* (EM-4) adalah campuran dari berbagai mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber inokulum dalam meningkatkan kualitas pakan. Penambahan EM-4 sebanyak 10%(v/b) pada substrat mampu menurunkan kadar serat bahan (Sandi & Saputra 2012).

Proses peningkatan kualitas ampas tahu sebagai pakan unggas dapat dilakukan sesuai penelitian yang dilakukan oleh Tifani *et al.* (2014). Tahapan awal proses pembuatan pakan yang dilakukan yaitu:

- Pembuatan *starter* fermentasi ampas tahu dengan EM-4 selama 24 jam. Pembuatan *starter* bertujuan agar mikroorganisme dalam EM-4 dapat tumbuh dan menyatu dengan substrat ampas tahu. Pembuatan *starter* diawali dengan menyiapkan ampas tahu yang sudah dipasteurisasi kemudian dicampur dengan EM-4 10% (v/b) yang sudah diencerkan susu skim sebanyak 2,5% (b/b) dan gula sebanyak 1% (b/b). Setelah dicampur, wadah *starter* ditutup dan difermentasi selama 24 jam pada inkubator.

Proses fermentasi ampas tahu menjadi bahan pakan adalah sebagai berikut:

- Ampas tahu dengan kadar air 40% ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam toples.
- Ampas tahu dipasteurisasi dengan suhu 80 °C.
- pH awal dicek dengan pH meter di dalam *laminar flow*.
- Kemudian dilakukan penyesuaian pH awal. Untuk menurunkan pH ditambahkan larutan asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) 0,1 M. Setiap penambahan asam asetat, untuk menaikkan pH ditambahkan larutan sodium asetat (CH<sub>3</sub>COONa) 0,1 M.
- Ampas tahu ditambah gula 1% (b/b), susu skim 2,5% (b/b)
- Ampas tahu ditambah *starter* 50 g kemudian diaduk
- Ampas tahu difermentasi secara anaerob dengan cara ditutup rapat dengan penutup toples dengan suhu inkubasi 35 °C dan lama waktu yang disesuaikan dengan perlakuan yaitu 12, 24 dan 48 jam.
- Hasil fermentasi dipasteurisasi pada suhu 80 °C.
- Hasil fermentasi ampas tahu kemudian dikeringkan dengan suhu 60 °C selama 24 jam.

- Hasil pengeringan digiling.
- Bahan pakan dari ampas tahu.

#### **b. Proses Fermentasi Ampas Tahu menggunakan Laru Oncom**

Penggunaan ampas tahu fermentasi dengan laru oncom sebagai pakan unggas dilakukan oleh Mahfudz *et al.* (2004). Ampas tahu sebelum dipakai sebagai bahan penyusun pakan perlu dilakukan pengolahan dengan fermentasi dengan laru oncom untuk meningkatkan daya cerna dan meningkatkan nilai gizi terutama protein dan vitamin B.

Laru oncom dipilih karena hasil fermentasi berupa gembus oncom warna kemerahan dan baunya lebih disukai ayam, dibandingkan dengan gembus tempe yang berwarna kehitaman. Di samping itu gembus oncom memiliki kandungan protein dan vitamin B sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan gembus tempe.

Proses fermentasi ampas tahu menggunakan laru oncom adalah sebagai berikut (Mahfudz *et al.* 2004):

- Ampas tahu basah dicuci dengan air bersih, kemudian ditekan (*press*) untuk mengurangi kadar air, agar tidak mudah menjadi busuk pada proses fermentasi.
- Ampas tahu yang telah dicuci lalu dikukus selama 1 jam dan diangin-anginkan selama 45 menit.
- Ampas tahu yang masih hangat diinokulasi dengan *Neurospora sitophila* 1% dari berat ampas tahu, dan diperam selama 2 malam. Oncom ampas tahu dipotong tipis dan dikeringkan sampai kadar air 14% dan digiling menjadi tepung.

#### **7.6.2. Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Pakan Unggas dalam Ransum**

Pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan unggas dapat dilakukan dengan mencampurkan ampas tahu kedalam ransum. Penelitian Sofrianti (2001) mendapatkan pemberian ransum ampas ke dalam ransum ayam pedaging sampai level 36% tidak menurunkan kualitas karkas.

Selanjutnya penelitian oleh Zainuddin *et al.* (2004) menerangkan bahwa ampas tahu telah digunakan dalam ransum ternak sapi, ayam buras dan itik dengan pemberian sebesar 10%.



Ampas tahu hanya digunakan sebagai bahan untuk campuran ransum, sedangkan bahan ransum yang dapat digunakan terdiri dari dedak halus, jagung, konsentrat, tepung ikan lokal, minyak kelapa, mineral dan *top mix* (Dharmawati *et al.* 2014). Komposisi nutrisi bahan ransum dan ampas tahu dapat dilihat pada Tabel 70.

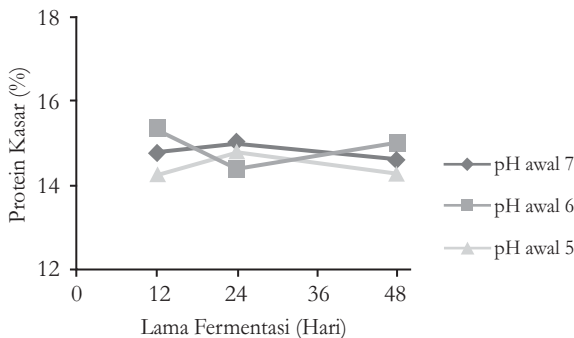
Tabel 70 Komposisi bahan ransum dan ampas tahu (Arianto 1983; Sinurat 1999; Wawan 2004; Dharmawati 2004)

Jenis bahan	Protein kasar (%)	Energi metabolis (kkal/kg)	Ca (%)	P (%)
Dedak halus <sup>2,3</sup>	12,78	1,63	-	-
Jagung <sup>2</sup>	8,8	3,35	-	-
Konsentrat <sup>2</sup>	37,0	2,40	-	-
Tepung ikan lokal <sup>2</sup>	58,46	3,08	-	-
Ampas tahu <sup>2</sup>	27,45	2,81	-	-
Minyak kelapa <sup>2</sup>	-	8,60	-	-
Mineral	-	-	31,50	10
Top Mix	-	-	0,06	-

Sumber: <sup>1</sup>Arianto (1983); <sup>2</sup>Wawan (2004) dan <sup>3</sup>Dharmawanti (2004) dalam Dharmawati (2015)

### 7.6.2.1. Karakteristik Nutrisi Ampas Tahu Fermentasi

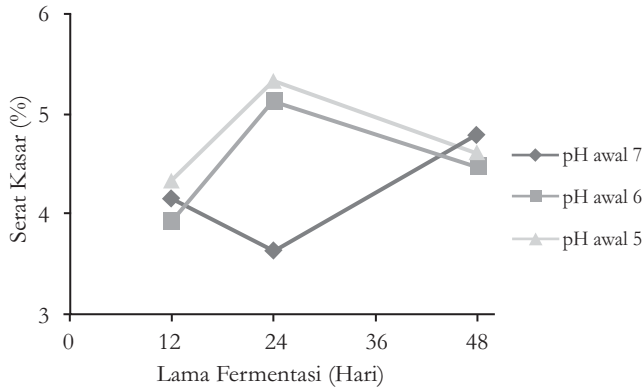
Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tifani *et al.* (2014) mendapatkan bahwa produksi bahan pakan ternak dari ampas tahu dengan fermentasi menggunakan EM-4 dipengaruhi pH awal dan lama waktu fermentasi.



Gambar 86 Hubungan lama waktu fermentasi dan kandungan protein kasar

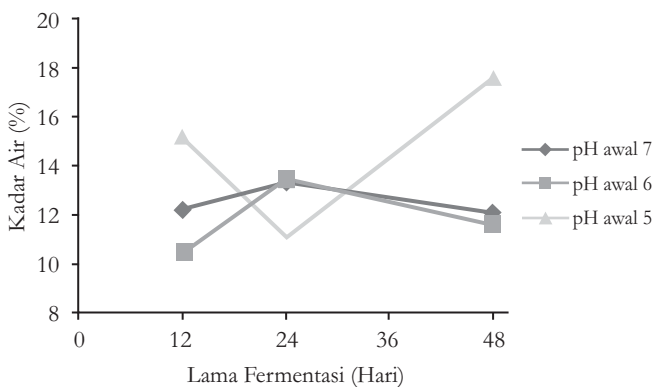
Sumber: Tifani *et al.* (2014)

Kombinasi perlakuan pH awal dan lama waktu fermentasi terbaik yaitu perlakuan pH awal 6 dan lama waktu fermentasi 12 jam.



Gambar 87 Hubungan antara lama fermentasi dan kandungan serat kasar  
Sumber: Tifani *et al.* (2014)

Fermentasi ampas tahu menggunakan EM-4 selama 6 jam menghasilkan kadar serat kasar sebesar 3,29%, kadar protein kasar sebesar 15,35%, kadar air sebesar 10,50% dan rendemen sebesar 21,65%.



Gambar 88 Hubungan lama fermentasi dan kandungan kadar air  
Sumber: Tifani *et al.* (2014)

Perlakuan tersebut belum memenuhi standar yang disyaratkan oleh SNI untuk kadar protein dan untuk kadar serat kasar, sedangkan kadar air telah memenuhi standar yang disyaratkan oleh SNI.

Jika perlakuan terbaik dibandingkan dengan standar nasional bungkil kedelai, maka protein kasar yang didapat sangat jauh dari batas standar bungkil kedelai. Sedangkan serat kasar dan kadar air sudah memenuhi syarat standar nasional Indonesia untuk bungkil kedelai.

Namun, jika dibandingkan dengan bahan pakan lain seperti bungkil jagung dan dedak jagung, maka protein kasar, serat kasar dan kadar air ampas tahu telah memenuhi persyaratan SNI bungkil jagung dan dedak jagung. Dengan demikian ampas tahu dapat dijadikan bahan pengganti bungkil jagung dan dedak jagung (Tifani *et al.* 2014). Gambar perlakuan terbaik dapat dilihat pada Gambar 88.

Tabel 71 Perbandingan kandungan perlakuan terbaik dengan SNI bungkil kedelai, SNI bungkil jagung dan SNI dedak jagung

Parameter (%)	Ampas tahu fermentasi	SNI Bungkil kedelai	SNI Bungkil jagung	SNI Dedak jagung
Protein kasar (min)	15,35	40	14	8,5
Serat kasar (max)	3,92	9	3	6
Kadar air (max)	10,50	12	12	13

Sumber: Tifani *et al.* (2014)

Pengolahan ampas tahu menjadi bahan pakan dapat menambah nilai jual ampas tahu yang awalnya hanya dijual dalam keadaan segar dengan harga yang murah. Bila ampas tahu dijual dalam keadaan sudah menjadi bahan pakan, maka akan mendapat harga yang lebih tinggi.

Bahan pakan ampas tahu dapat dicampur dengan bahan pakan lain maupun dengan vitamin-vitamin yang dibutuhkan ternak. Selain itu bahan pakan ampas tahu dapat dijadikan bahan substitusi untuk bahan pakan lain, semisal bungkil jagung dan dedak jagung. Dengan demikian, peternak dapat menurunkan biaya pemeliharaan ternak (Tifani *et al.* 2014).



Gambar 89 Perlakuan terbaik bahan baku pakan ternak

Sumber: Tifani *et al.* (2014)

### **7.6.3. Pengaruh Pemberian Ampas Tahu Fermentasi dan Ransum Ampas Tahu**

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mahfudz *et al.* (2004), penggunaan ampas tahu yang difermentasi dengan laru oncom (ATFLO) mampu meningkatkan konsumsi ransum, penambahan berat badan, berat karkas, persentase karkas dan efisiensi penggunaan pakan pada ayam ras pedaging.

Penggunaan ATFLO dalam pakan sampai tingkat 15% masih memberikan hasil yang positif. Hasil pemberian ampas tahu fermentasi kepada ayam pedaging disajikan pada Tabel 72.

Tabel 72 Hasil pemberian ampas tahu fermentasi laru oncom pada ayam ras pedaging

Parameter	Perlakuan	
	0%	15%
Berat badan akhir (g)	1,035	1,103
Berat karkas (g)	651	704
Persentase karkas (%)	62,3	65,1
Konsumsi pakan (g)	2,023	2,1
Pertambahan berat badan (g)	896	984
Konversi pakan	2,21	2,14

Sumber: Mahfudz *et al.* (2004)

Penelitian yang dilakukan oleh Dharmawati *et al.* (2014) mendapatkan hasil bahwa ampas tahu yang digunakan dalam ransum ayam pedaging dengan penggunaan 10 - 40% menunjukkan pengaruh nyata terhadap pH dan warna daging ayam pedaging, tapi tidak berpengaruh nyata terhadap aroma, tekstur dan lemak kasar. Penggunaan ampas tahu dalam ransum sampai taraf 40% masih dapat ditolerir oleh ayam pedaging.

Tabel 73 Pengaruh pemberian ransum ampas tahu terhadap ayam pedaging

Parameter	Perlakuan	
	0%	40%
pH daging	5,4	6,1
Warna daging	Putih	Putih pucat terang
Tekstur	Halus	Halus
Lemak kasar (%)	1,03	0,91

Sumber: Dharmawati *et al.* (2014)

Hasil penelitian Ensminger (1992) menunjukkan bahwa kisaran lemak karkas ayam pedaging di pasaran dengan berat 1,6 kg mengandung lemak 3,3 - 4,2%. Selanjutnya menurut Muchtadi *et al.* (1992) dalam Dharmawati *et al.* (2014) bahwa daging paha ayam di pasaran mengandung lemak 4,7%, sedangkan daging dada mengandung lemak 1,9%.

Hasil persentase lemak karkas pada perlakuan Dharmawati *et al.* (2014) dapat dikatakan rendah, dibandingkan dengan rata-rata persentase lemak di pasaran.

## Daftar Pustaka

- Dharmawati S, Firahmi N, Wahdah N. 2014. Kualitas karkas ayam broiler yang diberi ransum ampas tahu. *Ziraa'ah* 39(2): 46-54.
- Dharmawati. 2004. Nilai nutrien bahan pakan lokal. Laporan Penelitian Fakultas Peternakan. Banjarmasin (ID): Universitas Islam Kalimantan.
- Ensminger ME. 1992. *Poultry Science*. 3<sup>rd</sup> ED. USA. Intersate
- Fletcher DL. 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Sci* 78: 1323-7.
- Mahfudz LD, Sarengat W, Prayitno DS, Atmomarsono U. 2004. Ampas tahu yang difermentasi dengan laru oncom sebagai pakan ayam ras pedaging. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.
- Mulyono AMW. 2009 Nilai nutritif onggok terfermentasi mutan *Trichoderma aai* pada ayam broiler. *Media Kedokteran Hewan*. Fakultas Pertanian: Universitas Veteriner.
- Sandi S, Saputra A. 2012. The effect of effective microorganisms-4 (EM 4) addition on the physical quality of sugar cane shoots silage. In *International Seminar on Animal Industry*.
- Sofrianti Y 2001. Pengaruh Pemberian ampas tahu dalam ransum terhadap kualitas karkas broiler. [Skripsi]. Bengkulu (ID): Universitas Bengkulu.
- Tifani MA, Kumalaningsih S, Mulyadi AF. 2014. Produksi bahan pakan ternak dari ampas tahu dengan fermentasi menggunakan EM4 (Kajian pH awal dan lama waktu fermentasi). Malang (ID): Universitas Brawijaya.
- Winarno FG. 2000. *Kimia pangan dan gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winedar H. 2006. Daya cerna protein pakan, kandungan protein daging, dan pertambahan berat badan ayam broiler setelah pemberian pakan yang difermentasi dengan effective microorganisms-4 (EM-4). *Bioteknologi* 3(1): 14-9.

## 7.7. Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Bahan Pakan Ikan

Salah satu permasalahan yang sering muncul dalam budidaya ikan yaitu faktor pengadaaan pakan ikan. Hal ini dikarenakan dalam budidaya intensif, diperlukan alokasi biaya mencapai sekitar 60 - 70% dari keseluruhan biaya produksi (Erfanto *et al.* 2013).

Selain ketersediaan pakan ikan dalam jumlah cukup, faktor penting lainnya adalah ketersediaan pakan dengan nilai gizi yang baik (Lestari 2001) sehingga dapat mencukupi kebutuhan nutrisi ikan yang mendukung pertumbuhannya. Pakan buatan merupakan pakan yang sengaja dibuat untuk menggantikan sebagian besar atau keseluruhan pakan alami.

Salah satu bahan baku yang potensial untuk dijadikan bahan baku pakan ikan adalah ampas tahu (Kalsum & Sjoftan 2008). Ampas tahu masih layak dijadikan bahan pangan karena masih mengandung protein sekitar 5% (Nugraheni 2007).

### 7.7.1. Fermentasi Ampas Tahu menggunakan *Aspergillus niger*

Fermentasi ampas tahu menghasilkan bahan pakan sumber protein kasar yang cukup tinggi berdasarkan bahan kering, yaitu 28,36% dan kandungan nutrien lainnya adalah lemak 5,52% serat kasar 17,06 dan BETN 45,44% (Nuraini *et al.* 2007).

Salah satu mikroorganisme yang digunakan dalam proses fermentasi adalah *Aspergillus*. *Aspergillus niger* merupakan salah satu spesies *Aspergillus* yang tidak menghasilkan mikotoksin, sehingga tidak membahayakan (Gras 2008 dalam Maryanty 2010).

Pemanfaatan ampas tahu terfermentasi sebagai substitusi tepung kedelai dalam formulasi pakan ikan yang menggunakan *A. niger* menunjukkan terjadinya kenaikan protein yang cukup signifikan dari 15,40 menjadi 35,36%. Kenaikan protein tersebut diduga disebabkan oleh kenaikan jumlah massa *A. niger* (Melati *et al.* 2010).

*A. niger* dapat menghasilkan enzim-enzim yang dapat membantu pencernaan seperti selulase, amilase, protease, fitase dan mananase yang dapat membantu mencerna makanan ternak (Erika 2010). Dengan

demikian maka *A. niger* merupakan organisme proteolitik yang dapat mendegradasi serat kasar dan menghasilkan enzim protease.

### **A. Proses Fermentasi Ampas Tahu menggunakan *A. niger***

Pembuatan pakan ikan menggunakan ampas tahu fermentasi dilakukan oleh Mulia *et al.* (2014). Proses pembuatan pakan ikan menggunakan ampas tahu fermentasi adalah sebagai berikut:

#### **a. Peremajaan Biakan Murni *A. niger***

Biakan murni *A. niger* diambil dari *stock culture* dengan menggunakan jarum ose, kemudian dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi medium PDA miring secara aseptis dan diinkubasi pada suhu ruang.

#### **b. Pembuatan Inokulum**

*A. niger* pada medium PDA miring umur  $5 \times 24$  jam ditambahkan 40 mL akuades steril, kemudian dikerok sampai semua spora fungi lepas dan divortek sehingga diperoleh suspensi. Suspensi digunakan untuk proses fermentasi medium ampas tahu.

#### **c. Menghitung Kepadatan *A. niger***

- Kepadatan *A. niger* dapat dihitung dengan cara pengenceran. Sebanyak 1 mL kultur diencerkan dalam beberapa kali tingkat pengenceran (7 kali).
- Pengenceran dilakukan dengan menggunakan akuades steril 9 mL. Sebanyak 1 mL dari pengenceran  $10^{-5}$  sampai  $10^{-7}$  dituangkan pada cawan petri steril.
- Selanjutnya, ditambahkan medium PDA ke dalam cawan petri dan diinkubasi selama 48 jam. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah koloni dengan menggunakan metode TPC.

#### **d. Fermentasi Ampas Tahu**

- Media fermentasi dibuat dengan menyiapkan ampas tahu yang telah dicuci menggunakan air bersih.
- Ampas tahu kemudian ditiriskan atau diperas sampai kadar airnya berkurang dan diremas agar tidak menggumpal.



- Selanjutnya dilakukan pengukusan ampas tahu selama 30 menit, setelah itu ampas tahu didinginkan sampai suhu 35 °C dan mempunyai pH 6.
- Setiap 50 g dari ampas tahu dimasukkan ke dalam cawan petri, kemudian diinokulasi dengan fungi *A.niger* sesuai perlakuan.
- Ampas tahu diinkubasi pada suhu ruang selama 2 - 3 hari.

## **B. Fermentasi Ampas Tahu menggunakan *Rhizopus oligosporus***

Penelitian peningkatan ampas tahu sebagai bahan baku pakan ikan dengan fermentasi *R. oligosporus* dilakukan oleh Mulia *et al.* (2015). Proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

### **a. Pembuatan Medium PDA**

- Pembuatan medium PDA dengan mempersiapkan 3,9 g serbuk PDA yang dilarutkan dengan 100 mL akuades, kemudian sambil diaduk hingga homogen.
- Medium dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan disterilkan dengan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121 °C. Medium PDA digunakan untuk subkultur isolat *R. oligosporus*.

### **b. Peremajaan Biakan Murni *R. oligosporus***

- Biakan murni *R. oligosporus* diambil dari subkultur dengan menggunakan jarum ose, kemudian dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi medium PDA miring secara aseptis dan diinkubasi pada suhu ruang.

### **c. Pembuatan Suspensi *R. oligosporus***

- Ke dalam kultur fungi *R. oligosporus* pada medium PDA miring umur 5 x 24 jam ditambahkan 30 mL akuades steril kemudian dikerok sampai semua spora fungi lepas dan divortex, sehingga diperoleh suspensi. Suspensi digunakan untuk proses fermentasi medium ampas tahu.

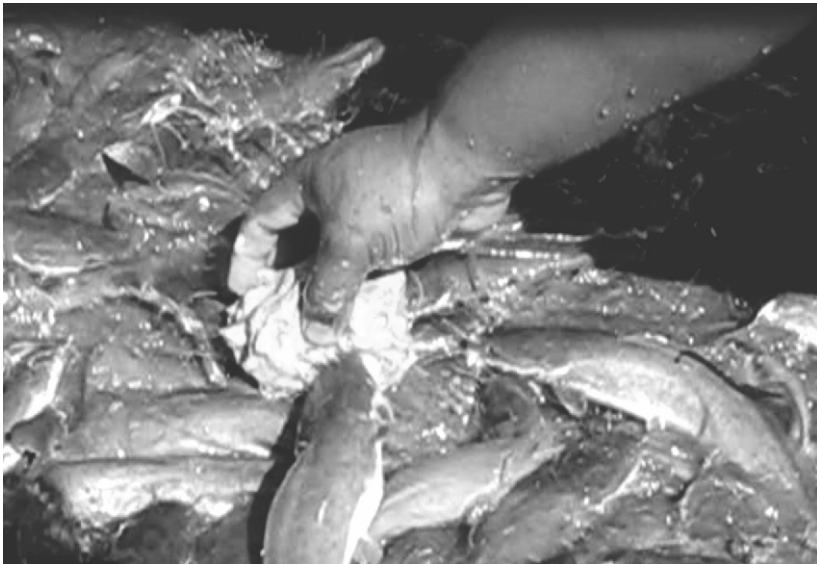
### **d. Media Fermentasi**

- Media fermentasi dibuat dengan menyiapkan ampas tahu yang telah dicuci menggunakan air bersih.

- Ampas tahu kemudian ditiriskan atau diperas sampai kadar airnya berkurang dan diremas agar tidak menggumpal.
- Selanjutnya dilakukan pengukusan ampas tahu selama 30 menit, setelah itu ampas tahu didinginkan sampai suhu 35 °C dan mempunyai pH 6.
- Setiap 50 g dari ampas tahu dimasukkan ke dalam cawan petri, kemudian diinokulasi dengan fungi *R. oligosporus* sesuai perlakuan.
- Ampas tahu diinkubasi pada suhu ruang selama 2 - 3 hari.

### **7.7.2. Penelitian Penggunaan Ampas Tahu sebagai Pakan Ikan**

Pemanfaatan ampas tahu sebagai bahan baku pakan ikan melalui proses fermentasi telah dilakukan oleh Melati *et al.* (2010), Mulia *et al.* (2014) dan Mulia *et al.* (2015). Beberapa hasil penelitian pemanfaatan ampas tahu sebagai bahan baku pakan ikan ditampilkan pada Tabel 74.



Gambar 90 Pemberian pakan ampas tahu pada ikan  
Sumber: mahmudsmadawangi.blogspot.com

Tabel 74 Penelitian pemanfaatan ampas tahu fermentasi sebagai bahan baku pakan ikan

Peneliti	Tujuan	Hasil penelitian	Sumber
Melati <i>et al.</i> (2010)	Memperbaiki kualitas ampas tahu melalui fermentasi menggunakan <i>A. niger</i> dan pemanfaatannya sebagai bahan pakan untuk mensubstitusi tepung kedelai dalam formulasi pakan ikan patin	Perbandingan 75% ampas tahu dan 25% tepung tapioka memberikan hasil kenaikan protein yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang lain Substitusi protein ampas tahu terfermentasi 4,03% terhadap tepung bungkil kedelai memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan tepung bungkil kedelai, artinya ampas tahu berpeluang menggantikan tepung bungkil kedelai	Melati <i>et al.</i> (201)
Mulia <i>et al.</i> (2014)	Pengkajian fermentasi ampas tahu dengan <i>Aspergillus niger</i> untuk meningkatkan kualitas bahan baku pakan	Fermentasi ampas tahu dengan fungi <i>Aspergillus niger</i> dengan konsentrasi yang berbeda dapat meningkatkan kualitas bahan baku pakan Perlakuan yang paling efektif yaitu perlakuan dengan fermentasi inokulum <i>A. niger</i> 2,5 mL yang menghasilkan protein yang tinggi dengan penggunaan inokulum yang rendah	Mulia <i>et al.</i> (2014)
Mulia <i>et al.</i> (2015)	Meningkatkan kualitas ampas tahu sebagai bahan baku pakan ikan	Fermentasi ampas tahu dengan <i>R. oligosporus</i> dapat meningkatkan kualitas ampas tahu sebagai bahan baku pakan ikan Perlakuan yang paling efektif yaitu perlakuan dengan fermentasi inokulum <i>R. oligosporus</i> 2,5 mL yang menghasilkan protein dan kadar abu tinggi tinggi, dan menurunkan kadar lemak paling banyak	Mulia <i>et al.</i> (2015)

### 7.7.3. Karakteristik Pakan Ikan dari Ampas Tahu

Fermentasi ampas tahu dilakukan untuk melihat pengaruh dalam meningkatkan kualitas bahan baku pakan ikan. Bahan baku pakan ikan yang berkualitas baik adalah yang memiliki kadar protein tinggi, kadar lemak lebih rendah, kadar air lebih rendah, kadar abu yang lebih tinggi dan kadar serat kasar lebih rendah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulia *et al.* (2014) dan Mulia *et al.* (2015), data karakteristik ampas tahu non fermentasi dan fermentasi pada perlakuan terbaik menggunakan *R. oligosporus* dan *A. niger* tersaji pada Tabel 75.

Tabel 75 Kandungan pakan ikan dari ampas tahu pada kondisi non fermentasi dan fermentasi

Parameter	<i>R. oligosporus</i> <sup>2</sup>		<i>A. niger</i> <sup>1</sup>	
	Non fermentasi	Fermentasi 2,5 mL fungi	Non fermentasi	Fermentasi 2,5 mL fungi
Kadar protein kasar	14,93±0,47	13,55±0,46	14,93±0,47	27,05±0,57
Kadar lemak kasar	9,88±0,16	2,52±0,32	9,88±0,16	9,77±0,03
Kadar abu	0,19±0,01	0,11±0,05	0,19±0,17	0,90±0,00
Kadar serat	24,03±0,66	15,04±0,42	24,03±0,66	0,16±0,01
Kadar air	91,28±0,15	14,33±0,28	91,28±0,15	89,42±0,17
Tekstur	Lembek berair	Lunak berair	Lembek berair	Lunak berair
Warna	Putih kekuningan	Kuning abu-abu	Putih kekuningan	Hitam pekat
Bau	Ampas tahu	Amoniak	Ampas tahu	Amoniak

Sumber: <sup>1</sup>Mulia *et al.* (2014); <sup>2</sup>Mulia *et al.* (2015)

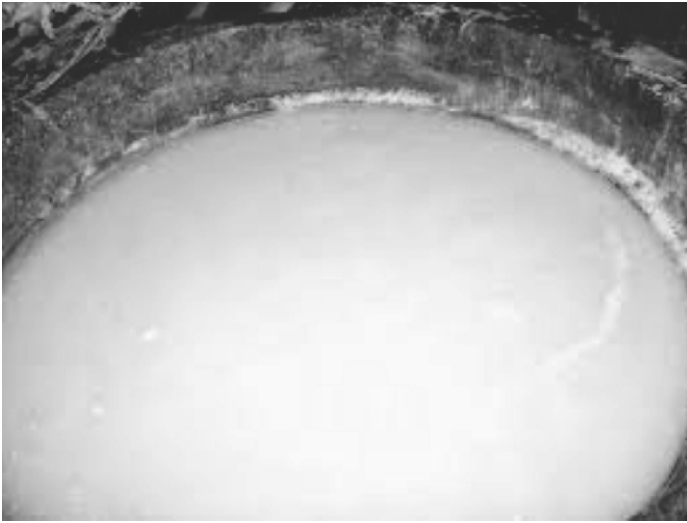
## Daftar Pustaka

- Erfanto F, Hutabarat J, Arini E. 2013. Pengaruh substitusi silase ikan rucah dengan persentase yang berbeda pada pakan buatan terhadap efisiensi pakan, pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquaculture Management and Technology* 2(2): 26-36.
- Erika P. 2010. Perlakuan penyeduhan air panas pada proses fermentasi singkong dengan *Aspergillus niger*. Laporan Penelitian. Jakarta (ID): Universitas Katolik Indonesia.
- Kalsum U, Sjoftan O. 2008. Pengaruh waktu inkubasi campuran ampas tahu dan onggok yang difermentasi dengan *Neurospora sitophila* terhadap kandungan zat makan. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Malang (ID): Universitas Islam Malang.
- Lestari S. 2001. Pengaruh kadar ampas tahu yang difermentasi terhadap efisiensi pakan dan pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*). [Skripsi]. Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Maryanty Y, Hesti P, Ruliawati P. 2010. Produksi *crude lipase* dari *Aspergillus niger* pada substrat onggok menggunakan metode fermentasi fasa padat. Malang (ID): Politeknik Negeri Malang.
- Melati I, Azwar ZI, Kurniasih T. 2010. Pemanfaatan ampas tahu terfermentasi sebagai substitusi tepung kedelai dalam formulasi pakan ikan patin. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi akuakultur* 2010. hlm. 713-9.
- Mulia DS, Mudah M, Maryanto H, Purbomartono C. 2014. Fermentasi ampas tahu dengan *Aspergillus niger* untuk meningkatkan kualitas bahan baku pakan ikan. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP Purwokerto* (ID): Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Mulia DS, Yulyanti E, Maryanto H, Purbomartono C. 2015. Peningkatan kualitas ampas tahu sebagai bahan baku pakan ikan dengan fermentasi *Rhizopus oligosporus*. *Sainstek XII*(1): 10-20.
- Nugraheni M. 2007. Pengaruh ekstrak kecambah kacang hijau sebagai sumber nitrogen pada pemanfaatan limbah tahu terhadap karakteristik *nata de soya* mentah dan limbahnya. *Jurnal Teknologi dan Kejuruan* 30(2).
- Nuraini S, Latief SA. 2007. Improving the quality of tapioca by-product through fermentation by *Neurospora crassa* to produce  $\beta$  carotene rich feed. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(4).

### **7.8. Limbah Cair Tahu (*Whey*)**

Limbah cair yang dihasilkan dari usaha pembuatan tahu dapat mencapai sepuluh kali volume kedelai yang diproses. Sebagaimana halnya ampas tahu, dalam kondisi baru limbah cair ini tidak menimbulkan bau, dan baru berbau setelah 12 jam. Namun, limbah cair ini masih dapat digunakan untuk bahan minuman ternak, makanan ikan, bahan pembuatan *nata de soya* dan sebagai pupuk organik (Sutejo 1995; Purnama 2007).

Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan ke perairan dan sebagian lagi meresap ke dalam air tanah sehingga dapat mencemari sumur dangkal atau sumur galian dan menghasilkan bau busuk (Jenie & Rahayu 1993).



Gambar 91 Limbah cair tahu (*whey*) pada pengolahan kedelai

Sumber: [www.mitrabisnis-ukm.com](http://www.mitrabisnis-ukm.com)

Air limbah tahu yang dihasilkan masih banyak mengandung zat organik, seperti protein, karbohidrat, lemak dan zat terlarut yang mengandung padatan tersuspensi atau padatan. Kandungan bahan organik limbah cair tahu umumnya terdiri atas protein kurang lebih 65%, lemak kurang lebih 25%, dan karbohidrat kurang lebih 25% (Azhari 2014).

Adanya bahan organik menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut antara lain protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Berdasarkan penelitian Ratnani (2012) diperoleh hasil analisis kandungan limbah cair dari proses pembuatan tahu yang disajikan pada Tabel 76.

### 7.8.1. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu menjadi *Nata de Soya*

*Nata* sebenarnya adalah selulosa hasil sintesa dari gula (glukosa) oleh bakteri pembentuk *nata* yaitu *Acetobacter xylinum* (Dimaguila 1967 dalam Azhari 2004). Pemanfaatan limbah cair tahu untuk media pembuatan *nata*, dalam rangka mengurangi pencemaran akibat limbah cair tahu yang dibuang di sekitar pabrik tahu.

Secara teknis, pemanfaatan limbah cair tahu karena masih memiliki kandungan protein, lemak dan karbohidrat, sehingga unsur-unsur tersebut diharapkan dapat mendukung perkembangbiakan mikroorganisme yang digunakan yaitu *Acetobacter xylinum* (Doddy 2004 dalam Azhari 2014).

Tabel 76 Karakteristik limbah cair tahu

Parameter	Hasil analisis
pH	4,26
DO (ppm)	4,50
COD (ppm)	11.638
Air (%)	99,16
Abu (%)	0,14
Karbohidrat (%)	0,29
Protein (%)	0,16
Lemak (%)	0,06
Serat Kasar (%)	0,19
Temperatur (°C)	45,00

Sumber: Ratnani (2012)

*Nata de soya* dari limbah cair tahu memang belum banyak dikenal oleh masyarakat. Hal ini disebabkan karena masyarakat beranggapan bahwa limbah cair tahu tidak bisa dimanfaatkan menjadi sesuatu yang berharga atau bermanfaat (Azhari 2014).

*Nata de soya* kaya serat yang baik untuk dikonsumsi masyarakat. Selain kaya serat, Pengolahan limbah cair tahu menjadi *Nata de soya* dapat memberikan peluang usaha kepada masyarakat sekitar pabrik tahu serta dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah cair tahu tersebut (Azhari 2014).

#### **7.8.1.1. Proses Pembuatan *Nata de soya***

Faktor utama yang berpengaruh pada pembentukan *nata* adalah sumber gula, suhu inkubasi, tingkat keasaman medium, lama inkubasi dan aktivitas bakteri. Pada proses inkubasi media menjadi *nata* yang telah diinokulasi dengan *starter* yang mengandung bakteri *Acetobacter xylinum*, setelah 36 - 48 jam inkubasi akan terbentuk lapisan tembus cahaya pada permukaan medium.

Secara bertahap lapisan ini akan menebal dan membentuk lapisan yang kompak dan kenyal. Di bawah kondisi yang mendukung, *nata* yang terbentuk akan mencapai tebal lebih dari 5 cm dalam waktu satu bulan (Doddy 2004 dalam Azhari 2014).

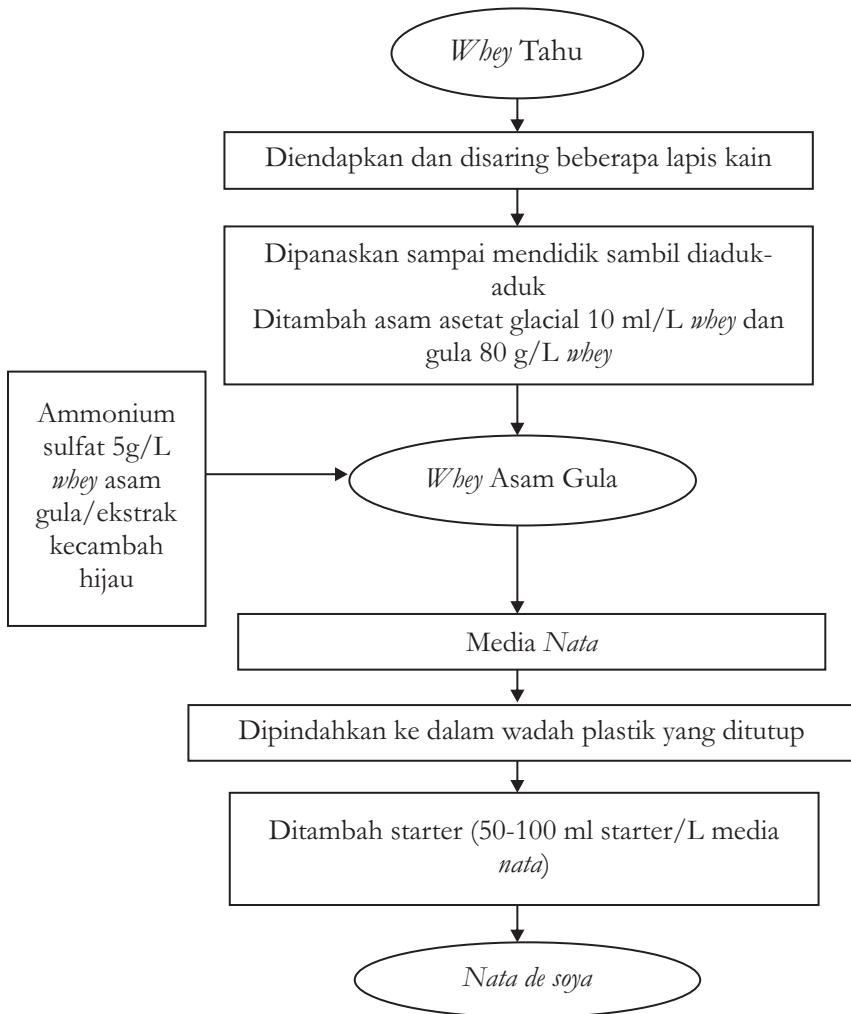
Proses pembuatan *Nata de soya* terdiri dari proses fermentasi *Nata de soya* dan proses panen dan pencucian. Proses pembuatan *Nata de soya* menurut Rahmawati (2013) adalah sebagai berikut:

##### **a. Fermentasi *Nata de soya***

- Limbah cair tahu (*whey tofu*) yang masih segar diendapkan dan disaring dengan beberapa lapis kain kas kemudian dipanaskan sampai mendidih dengan api besar sambil diaduk-aduk.
- Ditambahkan 10 mL asam asetat glasial dan 80 g gula untuk tiap liter air tahu. Campuran ini diaduk sampai gula larut. Larutan ini disebut dengan *whey tofu* asam bergula.
- Setiap 1 liter *whey* tofu asam bergula di tambahkan amonium sulfat sebanyak 5 g kemudian dilarutkan di dalam sedikit *whey* yang telah dimasak (setiap 1 g amonium sulfat membutuhkan 20 mL *whey* tofu).
- Larutan ini dididihkan, kemudian dituang ke dalam *whey* asam bergula. Larutan ini didiamkan sampai hangat kuku.



Media *nata* ditambah *starter* sebanyak 50 - 100 mL untuk 1 liter media *nata*, kemudian dipindahkan ke dalam wadah fermentasi. Wadah ditutup dengan kertas dan diinkubasi selama 10 - 14 hari.



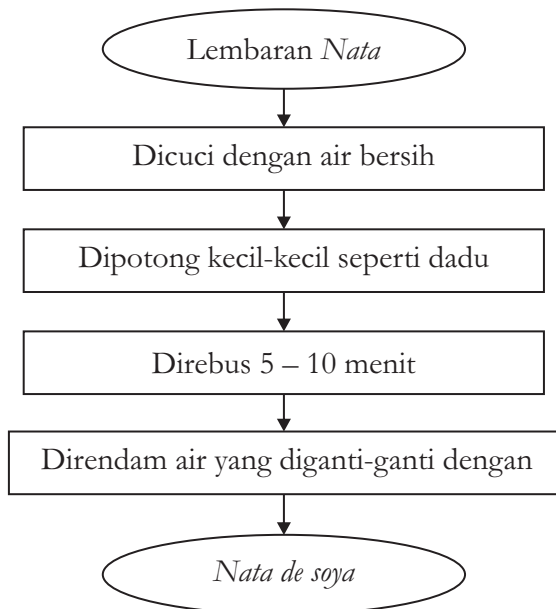
Gambar 92 Diagram alir proses fermentasi *Nata de soya*  
Sumber: Rahmawati (2013)

## b. Panen dan Pencucian

- Lapisan *nata* diangkat dari wadah fermentasi dan dibersihkan. Lapisan *nata* paling atas dan paling bawah diangkat dengan tujuan untuk mempermudah dalam pemotongan.
- Lembaran *nata* yang terbentuk dipotong kecil-kecil sehingga berbentuk seperti dadu.
- Potongan *nata* dimasak dengan air pada suhu 100 °C selama 5 - 10 menit untuk menghentikan aktifitas bakteri *Acetobacter xylinum*.
- Untuk menghilangkan asam yang melekat, potongan *nata* tersebut direndam selama 2 - 3 hari (air diganti setiap 6 jam sekali).

### 7.8.1.2. Karakteristik *Nata de soya*

Karakteristik sifat fisik *Nata de soya* yang dihasilkan tergantung dari komposisi jumlah *starter* yang dimasukkan dan lama waktu inkubasi pada tahap fermentasi.



Gambar 93 Diagram alir proses panen dan pencucian *Nata de soya*

Sumber: Rahmawati (2013)

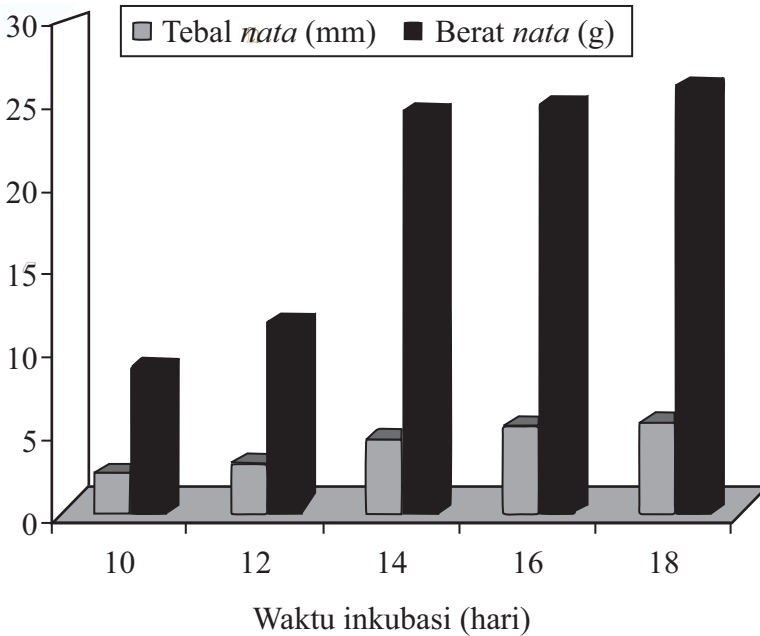
Menurut Nisa (2002) yang melakukan penelitian pengaruh waktu inkubasi dengan medium fermentasi *whey* tahu 200 mL yang diperkaya dengan sukrosa 10% (b/v) dan ekstrak kecambah 0,5% (v/v) dengan inkubasi selama 10, 12, 14, 16 dan 18 hari, didapatkan hasil terbaik dengan waktu inkubasi selama 14 hari. Hasil tebal *nata* yang didapatkan yaitu 4,75 mm dan berat basah *nata* 24,58 g.



Gambar 94 Produk kemasan *nata de soya*  
Sumber: [www.alazizahraida.wordpress.com](http://www.alazizahraida.wordpress.com)

Kadar dan penurunan COD cairan sisa yang dicapai adalah 128.000 mg/L dan 46,22% dengan kadar COD awal *whey* tahu 238.000 mg/L. Nilai COD pada cairan sisa pembuatan nata ini masih cukup tinggi, sehingga masih perlu adanya penanganan lanjut sebelum dibuang ke lingkungan (Nisa 2012).

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Budiarti (2008) mendapatkan hasil bahwa konsentrasi *starter Acetobacter xylinum* berpengaruh terhadap ketebalan dan rendemen selulosa *nata de soya*. Pemberian *starter* dengan komposisi 0, 5, 10, 20 dan 25% mendapatkan hasil optimum pada penambahan 15%.



Gambar 95 Tebal dan berat *nata* sebagai pengaruh waktu inkubasi  
Sumber: Nisa (2012)

Semakin tinggi konsentrasi starter *Acetobacter xylinum* yang diberikan tidak berpengaruh terhadap ketebalan *nata de soya*. Hal ini diduga karena apabila jumlah starter yang diberikan melebihi 15% dari volume media fermentasi, maka bakteri *Acetobacter xylinum* akan kekurangan nutrisi yang diperlukan dalam pembentukan *nata de soya*, sehingga menghambat proses fermentasi (Budiarti 2008).

Apabila konsentrasi starter *A. xylinum* yang diberikan di bawah 15% dari volume media fermentasi, maka ketebalan *nata de soya* yang dihasilkan berkurang. Hal ini disebabkan karena jumlah bakteri *Acetobacter xylinum* yang melakukan proses pembentukan *nata de soya* lebih kecil, sehingga menghambat proses pembentukan *nata de soya* dan menyebabkan *nata de soya* yang terbentuk berkurang ketebalannya (Budiarti 2008).

Tabel 77 Kadar COD, volume dan nilai COD aktual cairan sisa pembuatan *nata* sebagai pengaruh lama inkubasi

Waktu inkubasi (Hari)	Kadar COD cairan sisa (mg/L)	Volume cairan sisa (ml)	Nilai COD aktual cairan sisa (mg)
0	238.000	200	47.600
10	-	182	-
12	552.000	176,5	97.428
14	128.000	171	22.656
16	44.000	163,5	8.272
18	8.000	163,5	1.336

Sumber: Nisa (2012)

Tabel 78 Rata-rata ketebalan *nata de soya* pada perbedaan konsentrasi starter

Konsentrasi starter (%)	Rata-rata ketebalan (cm)
0	0
5	0,96
10	1,04
15	1,32
20	1
25	0,99

Sumber: Budiarti (2008)

## Daftar Pustaka

- Azhari M. 2014. Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi *nata de soya* dengan menggunakan air rebusan kecambah kacang tanah dan bakteri *Acetobacter xylinum* [Tesis]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Budiarti RS. 2008. Pengaruh konsentrasi starter *Acetobacter xylinum* terhadap ketebalan dan rendemen selulosa *nata de soya*. Jambi (ID): Universitas Jambi.
- Jenie BSL, Rahayu WP. 1993. Penanganan limbah industri pangan. Yogyakarta (ID): Penerbit Kanisius.
- Nisa FC. 2012. Penurunan tingkat pencemaran limbah cair (*whey*) tahu pada produksi *nata de soya* (kajian waktu inkubasi). Jurnal Teknologi Pertanian 3(2): 93.
- Purnama. 2007. Pra-rancangan instalasi pengolahan air limbah tahu studi kasus pabrik tahu Desa Tempelsari, Kecamatan Kalikajar, Kabupaten Wonosobo [Tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Rahmawati F. 2013. Teknologi proses pengolahan tahu dan pemanfaatan limbahnya. Yogyakarta (ID): Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ratnani RD. 2012. Kemampuan kombinasi eceng gondok dan lumpur aktif untuk menurunkan pencemaran pada limbah cair industri tahu. Momentum 8(1): 1-5.
- Sutedjo MM. 1995. Pupuk dan cara pemupukan. Jakarta (ID): Rineka Cipta.

## 7.9. Produksi Biogas dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Biokatalis *Effective Microorganisms 4* (EM-4)

Pengelolaan limbah cair bagi industri tahu untuk memproduksi biogas memiliki banyak keuntungan, di antaranya: reduksi biaya produksi tahu melalui pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar, produksi *sludge* sebagai pupuk organik, reduksi masalah lingkungan lokal, reduksi gangguan serangga dan perbaikan sistem sanitasi (reduksi penyebaran mikroorganisme patogen) (Romli & Suprihatin 2009).

Tingginya volume air limbah tahu yang dihasilkan (15 - 20 liter/kg bahan baku kedelai) dan tingginya kandungan bahan organik pada limbah cair industri tahu menjadikan limbah tersebut potensial digunakan sebagai substrat biogas (Hidayat *et al.* 2012).

Biogas adalah gas-gas yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik oleh berbagai mikroorganisme secara anaerob. Biogas umumnya terdiri dari metan dan karbondioksida serta beberapa gas lain dengan jumlah yang sangat sedikit, seperti hidrogen sulfida, ammonia, nitrogen dan air (Houdkova 2008).

Secara umum, semua bahan organik/biomassa dapat digunakan sebagai substrat penghasil biogas selama bahan organik tersebut mengandung karbohidrat, protein, lemak, selulosa dan hemiselulosa sebagai komponen utamanya (Deublein & Steinhauser 2008 dalam Hidayat *et al.* 2012).

### 7.9.1. Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Tahu

Proses pembuatan biogas dari limbah tahu dapat dilakukan sesuai dengan penelitian Hidayati *et al.* (2012) dan Coniwanti *et al.* (2009). Proses pembuatan biogas dari limbah tahu adalah sebagai berikut:

#### A. Penelitian Hidayati *et al.* (2012)

- Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu, EM-4, air destilasi dan gula.
- Proses pembuatan biogas dimulai dengan pembuatan *starter* EM-4. EM-4 dan gula pasir dilarutkan ke dalam air destilasi. *Starter* selanjutnya didiamkan selama 4 hari dengan kondisi anaerob untuk

mengaktifkan mikroorganisme dari masa dormannya, sekaligus untuk memperbanyak jumlah mikroorganisme yang terlibat dalam pembentukan biogas.

- Tahap selanjutnya adalah pembuatan biogas. Limbah tahu dan *starter* (katalisator) dimasukkan ke dalam digester/bioreaktor. Pembentukan biogas diamati melalui pembacaan tekanan pada alat *pressure gauge* yang telah dipasang pada digester.
- Jika tekanan sudah mencapai nilai yang konstan, selanjutnya dilakukan ke tahap pembakaran biogas. Tekanan yang konstan menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan telah optimal.

## **B. Penelitian Coniwanti *et al.* (2009)**

Menurut Coniwanti *et al.* (2009), proses pembuatan biogas dilakukan dengan langkah-langkah berikut: Bahan baku yang digunakan yaitu ampas tahu, dengan bahan kimia pendukungnya merupakan bahan tambahan yang dipakai dalam proses pembuatan biogas yang terdiri dari akuades, NaOH, Bakteri EM-4 dan urea.

### **a. Persiapan alat**

- Persiapan alat dilakukan dengan membersihkan alat seperti *digester*, selang plastik sebagai penghubung dan drum penampungan gas. Rangkaian alat-alat tersebut sehingga siap digunakan.

### **b. Persiapan bahan baku**

- Ampas tahu yang akan digunakan dicampur dengan air dengan perbandingan yang ditentukan. Tambahkan NaOH sampai kadar keasaman (pH) mencapai rasio antara 6,5 - 8, lalu tambahkan bakteri EM-4 (yang telah diencerkan) sebanyak 5 mL per 100 g ampas tahu. Tambahkan urea sebanyak 10 g per 100 g ampas tahu yang dilarutkan dalam air.

### **c. Pembuatan biogas**

- Campuran ampas tahu yang telah disiapkan, dimasukkan ke dalam reaktor (*digester*). Tutup keran gas yang terhubung dengan tempat penampungan gas.
- Setelah 3 hari buka keran gas yang terhubung dengan tempat penampungan gas. Gas yang terbentuk akan tertampung dengan sendirinya dan mengalir melalui pipa saluran menuju tempat



penampungan yang telah disiapkan. Dari tempat penampungan gas, gas mengalir ke dalam balon yang telah dipasang pada salah satu sisi dari tempat penampungan gas tersebut.

- Setelah waktu yang ditentukan tercapai, tutup keran keluar gas yang terhubung dengan balon dan ikat balon yang telah mengembang. Pasang balon baru dan buka kembali keran keluar gas.

### 7.9.2. Karakteristik Biogas dari Limbah Cair Tahu

Proses pembentukan biogas berkisar dari 8 hari hingga beberapa minggu, tergantung dari substrat, pH, suhu, rasio C/N, tipe *digester* dan lain-lain. Berbagai upaya juga telah dilakukan untuk meningkatkan produksi biogas, seperti *recycling* substrat biogas, variasi pada parameter operasional (suhu, *hydraulic retention time* dan ukuran substrat), penggunaan biofilter dan penambahan kultur mikroorganisme, *microbial simulants* dan zat anorganik tertentu (Yadvika *et al.* 2004 dan Singh 2001 dalam Hidayat *et al.* 2012).

Salah satu biokatalis yang berpotensi sebagai sumber mikroorganisme dalam pembuatan biogas adalah *Effective Microorganisms 4* (EM-4). Bahan organik difermentasikan dengan bantuan EM-4 untuk kemudian melepaskan hasil-hasil fermentasi berupa gula, alkohol, vitamin, asam laktat, asam amino dan senyawa organik lainnya (Wididana *et al.* 1996).

Penambahan EM-4 bertujuan untuk memperpendek fase adaptasi atau *fase lag* dari mikroorganisme saat permulaan proses degradasi, sehingga dari segi waktu proses pendegradasian akan semakin cepat dan efisien. Penambahan EM-4 secara teknis mudah didapatkan di pasaran dan harganya relatif murah (Paturohman 2009 dalam Hidayat *et al.* 2012).

Berdasarkan penelitian Hidayat *et al.* (2012), biogas yang dihasilkan limbah tahu sebanyak 20 liter mencapai optimal pada hari ke-5 dengan penambahan konsentrasi EM-4 sebesar 0,25; 0,5 dan 0,75%. Sedangkan penambahan EM-4 dengan konsentrasi 1% mencapai optimal pada hari ke-7.

Menurut Goendi *et al.* (2008) dalam Hidayat *et al.* (2012) menyatakan bahwa pembentukan biogas optimum dengan substrat limbah cair tahu tanpa penambahan katalisator menggunakan *digester* tipe *batch*

membutuhkan waktu 16 hari, sedangkan pada *digester* tipe *continuous* (volume bertambah) selama 41 hari.

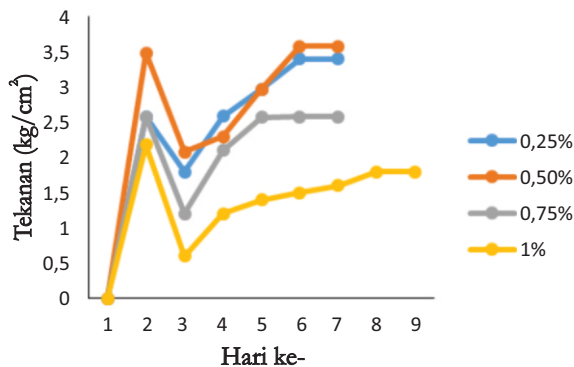
Tabel 79 Produksi biogas pada berbagai konsentrasi EM-4

Hari ke-1	Tekanan (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Konsentrasi EM-4 (%)			
	0,25	0,50	0,75	1
0	0	0	0	0
1	2,58	3,49	2,58	2,18
2	1,80	2,08	1,20	0,60
3	2,59	2,30	2,10	1,20
4	2,97	2,97	2,57	1,40
5	3,40	3,58	2,58	1,50
6	3,40	3,58	2,58	1,60
7	-	-	-	1,80
8	-	-	-	1,80

Sumber: Hidayat *et al.* (2012)

Pengolahan limbah cair tahu secara anaerob selain dapat menghasilkan biogas ternyata juga dapat memperbaiki kualitas limbah cair itu sendiri.

Berdasarkan Sani (2006) pengolahan limbah cair dari industri tahu yang dilakukan secara anaerob selama 6 hari dapat menurunkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) total sebesar 86,10%. Dengan penurunan kadar COD yang tinggi tersebut maka limbah cair tersebut dapat langsung dibuang ke saluran pembuangan/sungai.



Gambar 96 Grafik hubungan penambahan EM-4 terhadap pembentukan biogas

Sumber: Hidayat *et al.* (2012)

## Daftar Pustaka

- Coniwanti P, Herlanto A, Anggraini IY. 2009. Pembuatan biogas dari ampas tahu. *Jurnal Teknik Kimia* 16(1): 38-45.
- Hidayat MR, Hidayati, Utomo PP. 2012. Produksi biogas dari limbah cair industri tahu dengan biokatalis *effective microorganism 4* (EM-4). *Biopropal Industri* 3(1):22-7.
- Houdkova L, Boran J, Pecek J, Sumpela P. 2008. Biogas – a renewable source of energy. *Journal of Thermal Science* 12(4): 27-33.
- Romli M, Suprihatin. 2009. Beban pencemaran limbah cair industri tahu dan analisis alternatif strategi pengelolaannya. *Jurnal Purifikasi* 10(2): 141-54.
- Sani EY. 2006. Pengolahan air limbah tahu menggunakan reaktor anaerob bersekat dan aerob. Program Pasca Sarjana. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Wididana GN, Surandi KR, Higa T. 1996. Tanya Jawab Teknologi Effective Microorganism. Departemen Kehutanan. Jakarta (ID): Penerbit Koperasi Karyawan.
- Yadvika. 2004. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – a review. *Bioresource Technology* 95: 1-10.

## VIII. LIMBAH TERNAK

### 8.1. Pemanfaatan Limbah Padat Ternak menjadi Biogas

Biogas merupakan sumber *renewal energy* yang mampu menyumbangkan andil dalam usaha memenuhi kebutuhan bahan bakar. Bahan baku sumber energi ini merupakan bahan non fosil, umumnya adalah limbah atau kotoran ternak yang produksinya tergantung atas ketersediaan rumput dan rumput akan selalu tersedia, karena dapat tumbuh kembali setiap saat selama dipelihara dengan baik (Haryati 2006).

Limbah peternakan merupakan salah satu sumber masalah bagi lingkungan karena menumpuknya limbah peternakan. Polutan yang disebabkan oleh dekomposisi kotoran ternak yaitu BOD dan COD (*Biological/Chemical Oxygen Demand*), bakteri patogen, polusi air (terkontaminasinya air bawah tanah, air permukaan), debu dan polusi bau (Ghose 1980).



Gambar 97 Kotoran pada peternakan sapi  
Sumber: bandung.pojoksatu.id

Di banyak negara berkembang, kotoran ternak, limbah pertanian dan kayu bakar digunakan sebagai bahan bakar. Polusi asap yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut mengakibatkan masalah kesehatan yang serius dan harus dihindarkan (Ghose 1980). Juga yang paling menjadi perhatian yaitu emisi metan dan karbondioksida yang

menyebabkan efek rumah kaca dan mempengaruhi perubahan iklim global.

Dilihat dari segi pengolahan limbah, proses anaerob memberikan beberapa keuntungan yaitu menurunkan nilai COD dan BOD, *total solid*, *volatile solid*, nitrogen nitrat dan nitrogen organik. Bakteri coliform dan patogen lainnya, telur insek, parasit, bau juga dihilangkan atau menurun (Haryati 2006).

Di daerah pedesaan yang tidak terjangkau listrik, penggunaan biogas memungkinkan untuk belajar dan melakukan kegiatan komunitas di malam hari. Beberapa alasan lain mengapa biogas dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif dan semakin mendapat perhatian yaitu (Haryati 2006):

- a) Harga bahan bakar yang terus meningkat.
- b) Dalam rangka usaha untuk memperoleh bahan bakar lain yang dapat diperbaharui.
- c) Dapat diproduksi dalam skala kecil di tempat yang tidak terjangkau listrik atau energi lainnya.
- d) Dapat diproduksi dalam konstruksi yang sederhana.

Selain itu, penggunaan biogas juga memiliki keuntungan ganda (Prihandana *et al.* 2007 dalam Sudaryono 2012) yaitu gas metana yang dihasilkan bisa berfungsi sebagai bahan bakar, sedangkan limbah cair dan limbah padat dapat digunakan sebagai pupuk organik. Beberapa keuntungan memanfaatkan biogas, antara lain:

- Mewujudkan peternakan yang bersih dan mengurangi pencemaran lingkungan.
- Mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK).
- Menghemat pengeluaran masyarakat, dengan memanfaatkan biogas sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah, kayu bakar, untuk memasak dan sebagai pembangkit listrik.
- Meningkatkan pendapatan petani peternak dengan dihasilkannya pupuk organik yang berkualitas, sehingga ketergantungan petani terhadap pupuk kimia dapat dikurangi.
- Mendorong tumbuhnya industri rumah tangga di pedesaan dengan dukungan bahan bakar alternatif.

### 8.1.1. Potensi Pengembangan Biogas di Indonesia

Indonesia memiliki potensi peternakan yang sangat besar yang tersebar di beberapa daerah di Indonesia. Ternak yang diusahakan beraneka ragam, antara lain sapi perah, sapi potong, kerbau, kuda, kambing, domba, babi, ayam buras, ayam ras pedaging, ayam ras petelur, itik dan sebagainya. Data statistik menunjukkan bahwa perkembangan populasi berbagai jenis ternak di Indonesia memiliki trend yang meningkat (Setyawan 2010).

Jenis Ternak	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Sapi potong	11.108	11.137	11.298	10.504	10.533	10.569	10.875	11.515	11.869
Sapi perah	354	347	358	374	364	361	369	374	408
Kerbau	2.405	2.333	2.403	2.459	2.403	2.128	2.167	2.086	2.192
Kuda	4121	422	419	413	397	387	398	401	411
Kambing	12.566	12.464	12.549	12.722	12.781	13.409	13.790	14.470	15.806
Domba	7.427	7.401	7.641	7.811	8.075	8.327	8.980	9.514	10.392
Babi	5.357	5.369	5.927	6.151	5.980	6.801	6.218	6.711	7.376
Ayam buras	259.257	268.039	275.292	277.357	276.989	278.954	291.085	272.251	290.803
Ayam ras petelur	69.366	70.254	78.039	79.206	93.416	84.790	100.202	111.489	116.474
Ayam ras pedaging	530.874	621.870	865.075	847.744	778.970	811.189	797.527	891.659	1.075.885
Itik	29.035	32.068	46.001	33.863	32.573	32.405	32.481	35.867	36.931

Gambar 98 Populasi ternak di Indonesia tahun 2000 - 2008 (dalam ribu ekor)

Sumber: [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=24&notab=12](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=24&notab=12) dalam Setyawan (2010)

Dengan adanya program mewujudkan swasembada daging pada tahun 2014 di Indonesia oleh Kementerian Pertanian, maka populasi ternak penghasil daging diproyeksikan akan terus meningkat di masa-masa mendatang guna mencapai swasembada daging yang ditargetkan oleh pemerintah.

Peningkatan populasi ternak tentunya tidak hanya berimplikasi pada peningkatan produksi daging, tetapi juga peningkatan produk samping yaitu kotoran ternak yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pengembangan biogas. Kondisi ini sangat mendukung ketersediaan bahan baku biogas secara kontinu dalam jumlah yang cukup untuk memproduksi biogas.

### **8.1.2. Teknologi Pencernaan Anaerobik**

Proses pencernaan anaerobik yang merupakan dasar dari reaktor biogas yaitu proses pemecahan bahan organik oleh aktivitas bakteri metanogenik dan bakteri asidogenik pada kondisi tanpa udara (Haryati 2006). Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia dan sampah organik rumah tangga. Proses anaerobik dapat berlangsung di bawah kondisi lingkungan yang luas meskipun proses yang optimal hanya terjadi pada kondisi yang terbatas (Tabel 80).

Pembentukan biogas meliputi tiga tahap proses yaitu:

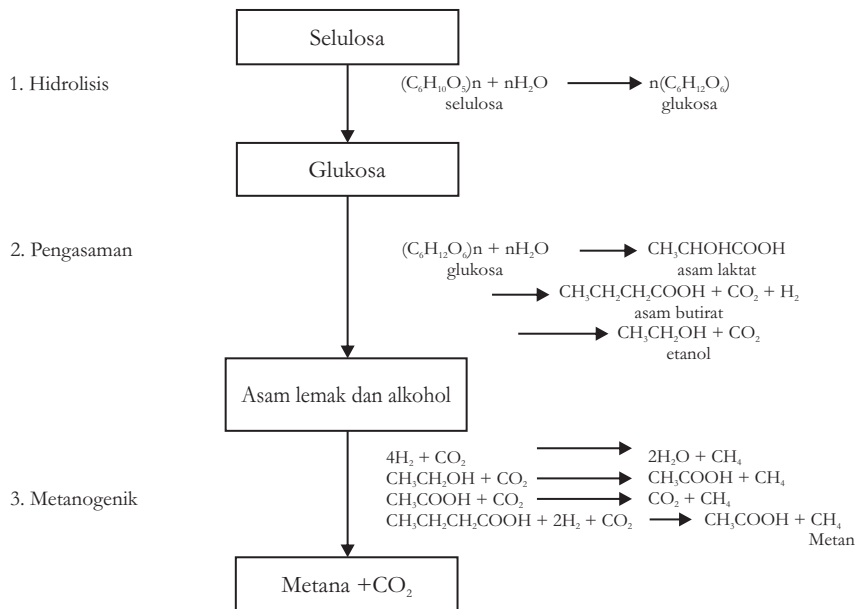
- (a) Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik kompleks menjadi sederhana.
- (b) Pengasaman, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam (Haryati 2006). Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirat, gas karbon-dioksida, hidrogen dan amonia.
- (c) Metanogenik, pada tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metana. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.

Bakteri metanogenik tidak aktif pada temperatur sangat tinggi atau rendah. Temperatur optimumnya yaitu sekitar 35 °C. Jika temperatur turun menjadi 10 °C, produksi gas akan terhenti. Produksi gas yang memuaskan berada pada daerah mesofilik yaitu antara 25 – 30 °C (Haryati 2006).

Tabel 80 Kondisi pengoperasian pada proses pencernaan anaerobik

Parameter	Nilai
Temperatur (°C)	
Mesofilik (°C)	35
Termofilik (°C)	54
pH	7 - 8
Alkalinitas (mg/L)	2.500 minimum
Waktu retensi (hari)	10 - 30
Laju terjenuhkan (kg VS/m <sup>3</sup> /hari)	0,15 - 0,35
Hasil biogas (m <sup>3</sup> /kg VS)	4,5 - 11
Kandungan metana (%)	60 - 70

Sumber: Engler *et al.* (2000) dalam Haryati (2006)



Gambar 99 Diagram alur proses fermentasi anaerobik

Sumber: Haryati (2006)

Biogas yang dihasilkan pada kondisi di luar temperatur tersebut mempunyai kandungan karbondioksida lebih tinggi. Pemilihan temperatur yang digunakan juga dipengaruhi oleh iklim.



Untuk kestabilan proses, dipilih kisaran temperatur yang tidak terlalu lebar. Pada cuaca yang hangat, *digester* dapat dioperasikan tanpa memerlukan pemanasan. Instalasi *digester* di bawah tanah berfungsi sebagai proses insulasi sehingga memperkecil biaya pemanasan (Haryati 2006).

### 8.1.3. Kandungan Gas dari Kotoran Ternak

Biogas mengandung beberapa gas dengan komposisi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 81. Kandungan metana dalam biogas yang dihasilkan tergantung jenis bahan baku yang dipakai, sebagai contoh komposisi biogas ditampilkan dalam Tabel 82.

Tabel 81 Komposisi gas dalam biogas

Jenis gas	Volume (%)
Metana (CH <sub>4</sub> )	40 - 70
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	30 - 60
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	0 - 1
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	0 - 3

Sumber: Rahayu *et al.* (1999) dalam Setyawan (2010)

Pada umumnya hampir semua jenis bahan organik dapat diolah. Terkait dengan pengembangan biogas, maka bahan organik yang dapat dipergunakan adalah kotoran ternak, baik sapi, kambing, ayam, babi, dan lainnya. Potensi produksi biogas dari beberapa kotoran ternak ditunjukkan pada Tabel 83.

Tabel 82 Komposisi gas (%) dalam biogas yang berasal dari kotoran ternak dan sisa pertanian

Jenis gas	Kotoran sapi	Campuran kotoran ternak dan sisa pertanian
Metana (CH <sub>4</sub> )	65,7	55 - 70
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	27	27 - 45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	2,3	0,5 - 3,0
Karbon monoksida (CO)	0	0,1
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1	6
Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,7	-
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	Tidak terukur	Sedikit sekali
Nilai kalor (kkal/m <sup>3</sup> )	6.513	4.800 – 6.700

Sumber: Harahap *et al.* (1999) dalam Haryati (2006)

Tabel 83 Potensi produksi biogas dari berbagai kotoran ternak

Kotoran ternak	Produksi biogas/kg kotoran (m <sup>3</sup> )
Domba/kambing	0,01 - 0,031
Kuda	0,02 - 0,035
Sapi/kerbau	0,023 - 0,040
Babi	0,040 - 0,059
Ayam	0,065 - 0,116

Sumber: Wahyuni (2008) dan Suyitno (2010) dalam Setyawan (2010)

Sementara itu, produksi kotoran dari beberapa jenis ternak ditunjukkan pada Tabel 84.

Tabel 84 Bobot ternak dan produksi kotoran beberapa jenis ternak

Jenis ternak	Bobot ternak (kg/ekor)	Produksi kotoran (kg/hari)
Sapi potong	520	29
Sapi perah	640	50
Ayam petelur	2	0,1
Ayam pedaging	1	0,06
Babi dewasa	90	7
Domba	40	2

Sumber: United Nations (1984) dalam Setyawan (2010)

#### 8.1.4. Hal yang Perlu Diperhatikan pada Proses Fermentasi

Keberhasilan proses pencernaan dalam *digester* sangat ditentukan oleh desain dan pengaturan *digester* itu sendiri. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian *digester* yaitu (Haryati 2006):

##### a. Pengadukan

- Proses pengadukan akan sangat menguntungkan karena apabila tidak diaduk maka *solid* akan mengendap pada dasar tangki dan akan terbentuk busa pada permukaan yang akan menyulitkan keluarnya gas.
- Masalah tersebut terjadi lebih besar pada proses yang menggunakan bahan baku limbah sayuran dibandingkan yang menggunakan kotoran ternak. Pada sistem kontinu masalah ini lebih kecil, karena

pada saat bahan baku dimasukkan akan memecahkan busa pada permukaan seolah-olah terjadi pengadukan.

- Pada *digester* yang berlokasi di Eropa di mana pemanasan diperlukan, jika proses dilakukan pada musim dingin, sirkulasi udara juga merupakan proses pengadukan.

#### **b. Kontrol Temperatur**

- Pada daerah panas, penggunaan atap akan membantu agar temperatur berada pada kondisi yang ideal, tetapi pada daerah dingin akan menyebabkan masalah.
- Langkah yang umumnya diambil yaitu dengan melapisi tangki dengan tumpukan jerami atau serutan kayu dengan ketebalan 50 sampai 100 cm, lalu dilapisi dengan bungkus tahan air, jika masih kurang maka digunakan koil pemanas.
- Temperatur *digester* yang tinggi akan lebih rentan terhadap kerusakan, karena fluktuasi temperatur. Untuk itu diperlukan pemeliharaan yang seksama.

#### **c. Koleksi Gas**

- Untuk mengkoleksi biogas yang dihasilkan dipergunakan drum yang dipasang terbalik, drum harus dapat bergerak sehingga dapat disesuaikan dengan volume gas yang diperlukan.
- Biogas akan mengalir melalui lubang kecil di atas drum. Digunakan *valve* searah untuk mencegah masuknya udara luar ke dalam tangki *digester* yang akan merusak aktivitas bakteri dan memungkinkan terjadinya ledakan di dalam drum. Pada instalasi yang besar diperlukan kontrol pengukuran berat dan tekanan yang baik.

#### **d. Posisi *Digester***

- *Digester* biogas yang dibangun di atas permukaan tanah harus terbuat dari baja untuk menahan tekanan, sedangkan yang dibangun di bawah tanah umumnya lebih sederhana dan murah. Akan tetapi dari segi pemeliharaan, *digester* di atas permukaan akan lebih mudah dan *digester* dapat ditutup lapisan hitam yang berfungsi untuk menangkap panas matahari.

#### **e. Waktu retensi**

- Faktor ini sangat dipengaruhi oleh temperatur, pengenceran, laju pematangan bahan dan lain sebagainya. Pada temperatur yang tinggi,

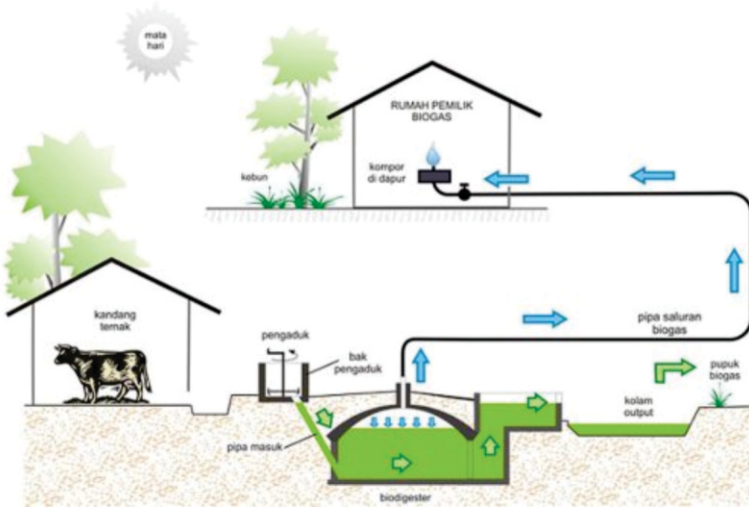
laju fermentasi berlangsung dengan cepat dan menurunkan waktu proses yang diperlukan. Pada kondisi normal fermentasi kotoran berlangsung antara dua sampai empat minggu.

### 8.1.5. Proses Pembuatan Biogas

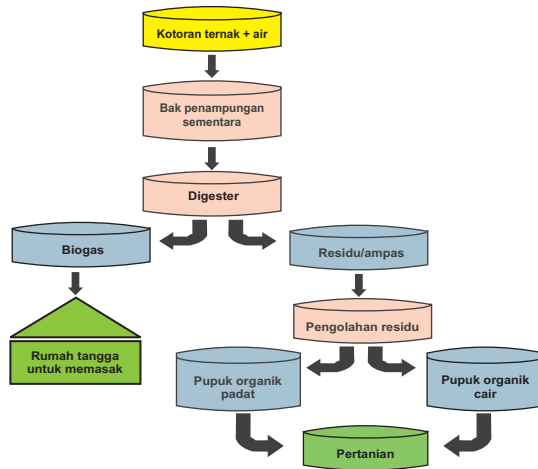
Setelah pengerjaan *digester* selesai maka mulai dilakukan proses pembuatan biogas dengan langkah-langkah sebagai berikut (Sudaryono 2012):

1. Kotoran sapi dicampur dengan air hingga terbentuk lumpur dengan perbandingan 1 : 1 pada bak penampungan sementara. Pengadukan dilakukan hingga terbentuk lumpur dari kotoran sapi. Bentuk lumpur akan mempermudah pemasukan ke dalam *digester*.
2. Lumpur dari bak penyampuran sementara kemudian dialirkan ke *digester* melalui lubang pemasukan. Pada pengisian pertama *digester* harus diisi sampai penuh. Pada pengisian pertama ini dibutuhkan lumpur kotoran sapi dalam jumlah yang banyak sampai *digester* penuh.
3. Bila diperlukan penambahan *starter* sebanyak 1 liter dan isi rumen segar dari rumah potong hewan (RPH) sebanyak 5 karung untuk kapasitas *digester* 3,5 - 5,0 m<sup>2</sup>.
4. Pada hari ke-1 sampai ke-8 gas yang dihasilkan dibuang karena gas yang terbentuk adalah gas CO<sub>2</sub>. Pada hari ke-10 sampai hari ke-14 gas metana (CH<sub>4</sub>) yang terbentuk mulai meningkat, sedangkan gas CO<sub>2</sub> mulai menurun.
5. Pada hari ke-14 gas yang terbentuk mulai dapat digunakan untuk menyalakan kompor gas atau kebutuhan lainnya. Pada komposisi CH<sub>4</sub> (54%) dan CO<sub>2</sub> (27%) maka biogas akan menyala. Biogas ini tidak berbau seperti bau kotoran sapi. Selanjutnya, *digester* terus diisi lumpur kotoran sapi secara kontinu sehingga dihasilkan biogas yang optimal.

Lumpur kompos (*slurry*) yang keluar dari *digester* ditampung di bak penampungan lumpur. Pupuk organik kering siap digunakan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan.



Gambar 100 Skema proses produksi biogas  
Sumber: dbagus.com



Keterangan :

- : Input
- : Proses
- : Output
- : Pemanfaatan

Gambar 101 Proses produksi biogas dan pemanfaatannya  
Sumber: Setyawan (2010)

### 8.1.6. Teknologi Pembuatan Biogas

Tangki penampung kotoran hewan yang digunakan sebagai tempat pembentukan biogas disebut *digester*. Di dalam *digester* yang tertutup rapat, kotoran ternak diencerkan dengan air. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses keluarnya gas dari kotoran ternak. Dengan memanfaatkan tekanan gas di dalam *digester*, gas metana yang terbentuk dialirkan ke penampungan gas.

Tempat penampungan gas dapat berupa kantong plastik berukuran besar, tetapi ada pula yang berbentuk tabung dari *fiberglass*. Dari tempat penampungan ini, gas metana dapat dialirkan langsung melalui pipa menuju kompor yang ada di dapur (Setyawan (2010)).

Instalasi inti biogas meliputi:

- a) *Digester* (reaktor biogas), berfungsi untuk menampung material organik (dalam hal ini kotoran ternak) dan sebagai tempat terjadinya proses penguraian material organik menjadi biogas.
- b) Penampung biogas, berfungsi untuk menampung biogas yang dihasilkan dari *digester*.
- c) Pipa saluran gas, berfungsi untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan dari *digester*.
- d) Katup pengaman tekanan, berfungsi untuk mengamankan *digester* dari lonjakan tekanan biogas yang berlebihan di mana bila tekanan biogas dalam tempat penampung gas melebihi tekanan yang diijinkan maka biogas akan dibuang ke luar.

Dari segi konstruksi, *digester* dibedakan menjadi dua sebagai berikut (Setyawan 2010):



(a)



(b)



(c)

Gambar 102 Macam-macam konstruksi *digester*: a) *digester* kubah tetap, b) *digester* kubah terapung, c) penampung biogas yang terbuat dari plastik

Sumber: Setyawan (2010)

**a. Fixed dome (kubah tetap)**

*Digester* jenis ini dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan mempunyai volume yang tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan gas dalam *digester*. Oleh karena itu, dalam konstruksi *digester* jenis kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan.

**b. Floating dome (kubah terapung)**

Pada *digester* jenis ini terdapat bagian yang dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan gas dalam *digester*. Pergerakan bagian kubah dapat dijadikan indikasi bahwa produksi biogas sudah dimulai atau sudah terjadi. Bagian yang bergerak tadi berfungsi sebagai pengumpul gas.

*Digester* dapat dibuat dari berbagai macam bahan. Bahan-bahan yang umum digunakan, antara lain batu bata/semèn/beton, fiber, plastik dan drum. *Digester* yang terbuat dari fiber dan plastik saat ini telah banyak disediakan oleh produsen sehingga pemasangan instalasi biogas menjadi lebih praktis tanpa harus dilakukan pembuatan *digester* lagi.



*Digester Fiber*

*Digester Plastik*

*Digester Semen*

Gambar 103 *Digester* biogas yang dibuat dari fiber, plastik dan semen

Sumber: Setyawan (2010)

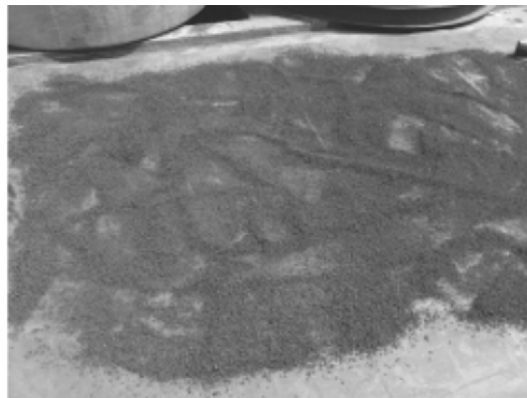


Proses pengolahan kotoran ternak dalam *digester* akan menghasilkan biogas, residu padat dan residu cair. Biogas ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar memasak di rumah tangga. Sementara itu, residu padat dapat diolah menjadi pupuk organik padat dan residu cair diolah menjadi pupuk organik cair.

Pupuk organik yang berasal dari residu fermentasi kotoran ternak menjadi biogas ini kaya akan unsur hara, sehingga sangat baik diaplikasikan untuk pemupukan pada lahan-lahan pertanian.



(a)



(b)

Gambar 104 (a) Residu pengolahan biogas dan (b) pupuk organik hasil pengolahan residu

Sumber: Setyawan (2010)

### 8.1.7. Implikasi Pengembangan Biogas terhadap Lingkungan

Indonesia diperkirakan menduduki urutan ketiga sebagai penyumbang emisi gas rumah kaca di dunia, setelah Cina dan Amerika Serikat. Pada tahun 2006. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) mengeluarkan laporan “*Livestock's Long Shadow*” dengan kesimpulan bahwa sektor peternakan merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global.

Sumbangan sektor peternakan terhadap pemanasan global sekitar 18%, lebih besar dari sumbangan sektor transportasi di dunia yang menyumbang sekitar 13,1% (FAO 2006). Selain itu, sektor peternakan dunia juga menyumbang 37% metana dan 65% dinitrogen oksida (IPCC 2001).

Berdasarkan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) diketahui secara molekuler efek rumah kaca gas metana 20 kali lebih kuat daripada gas karbondioksida. Dengan daya tangkap yang besar terhadap panas, maka metana menjadi gas yang memiliki kontribusi signifikan terhadap terjadinya efek rumah kaca di bumi.

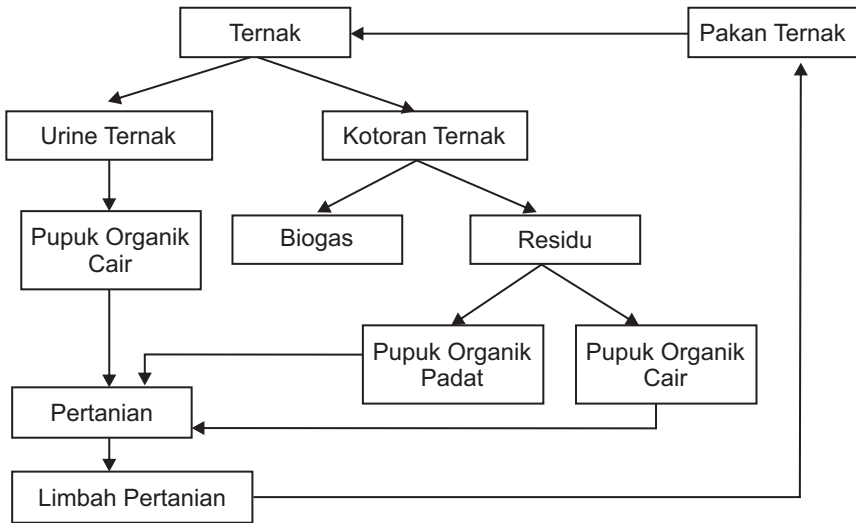
Pengembangan biogas yang berbahan baku kotoran ternak merupakan salah satu alternatif penyediaan energi di tingkat lokal, namun memiliki kontribusi terhadap pengurangan persoalan lingkungan yang bersifat lokal maupun global.

Pada tingkat lokal, pengembangan biogas dapat mengurangi terjadinya pencemaran udara dan pencemaran air sungai. Pada tingkat global, pengembangan biogas memberikan kontribusi dalam mengurangi efek rumah kaca yang dilakukan melalui tiga cara sebagai berikut (Setyawan 2010):

- a) Biogas menjadi energi yang mensubstitusi atau menggantikan bahan bakar fosil di mana penggunaan bahan bakar fosil dapat menyumbang gas-gas rumah kaca dalam jumlah yang besar.
- b) Metana yang dihasilkan secara alami oleh kotoran ternak yang menumpuk merupakan gas penyumbang terbesar pada efek rumah kaca, bahkan lebih besar dibandingkan karbondioksida. Penggunaan biogas dapat mengkonversi metana menjadi karbondioksida yang lebih rendah efeknya terhadap pemanasan global. Karbondioksida yang dihasilkan pun tidak sebesar karbondioksida yang dihasilkan dari bahan bakar fosil. Dengan demikian, penggunaan biogas dapat mengurangi jumlah metana di udara.

- c) Dengan lestarnya hutan, maka karbondioksida yang ada di udara akan diserap oleh hutan untuk menghasilkan oksigen.

Pemanfaatan limbah peternakan, khususnya kotoran ternak menjadi biogas mendukung konsep *zero waste* sehingga sistem pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat dicapai. Konsep *zero waste* dapat diwujudkan dengan mengintegrasikan peternakan, pertanian dan energi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 90 berikut (Setyawan 2010).



Gambar 105 Konsep *zero waste* dengan mengintegrasikan peternakan, pertanian dan energi

Sumber: Setyawan (2010)

## **Daftar Pustaka**

- Food and Agriculture Organization. 2006. Livestock's Long Shadow. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e00.pdf>.
- Ghose TK. 1980. Bioconversion of organic residues: methane from integrated biological systems. <http://www.unu.edu/unupress/food/8f023e/8FO23EO6.htm>.
- Haryati T. 2006. Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Wartazoa* 16(3): 160-9.
- IPCC. 2001. Climate change 2001: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge. New York (US): University Press, Cambridge.
- Setyawan AH. 2010. Pengembangan biogas berbahan baku kotoran ternak upaya mewujudkan ketahanan energi di tingkat rumah tangga. Makalah Tugas Akhir. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Sudaryono. 2012. Pemanfaatan biogas dari limbah kotoran ternak sebagai sumber energi listrik: studi kasus Desa Sutenjaya, Lembang, Jawa Barat. *Jur Tek Ling* 14(1): 59-66.

## 8.2. Pemanfaatan Urine Sapi menjadi Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair merupakan pupuk organik dalam bentuk cair dan pada umumnya merupakan bahan organik yang dilarutkan dengan pelarut seperti air, alkohol atau minyak (Ismawati 2003).

Pupuk organik cair dapat dibuat dari bahan organik berbentuk cair, dengan cara mengomposkan dan memberi aktivator sehingga dapat dihasilkan pupuk organik cair yang stabil dan mengandung unsur hara lengkap. Pupuk cair dapat diproduksi dari limbah industri peternakan (limbah cair dan setengah padat atau *slurry*) yaitu melalui pengomposan dan aerasi.



Gambar 106 Produk pupuk cair organik dari urine ternak  
Sumber: Salasa (2015)

Sapi, domba dan kelinci merupakan hewan ternak yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat, khususnya peternak. Berdasarkan hasil survei, ketiga jenis hewan ternak ini termasuk dalam kelompok utama dari hewan yang diternakkan (Lekasi *et al.* 2001 dalam Tampubolon 2012).

Sapi dengan bobot 360 kg dapat menghasilkan feses dan urine sebanyak 8,3 ton/tahun, domba dengan bobot 27 kg dapat menghasilkan feses dan urine sebanyak 0,4 ton/tahun dan kelinci dengan bobot 4,5 kg dapat menghasilkan feses dan urine sebanyak 0,056 ton/tahun (Barker *et al.* 2002). Limbah ini memiliki potensi untuk diolah menjadi pupuk cair organik dan diaplikasikan ke lapangan.

Urine yang dihasilkan ternak sebagai hasil metabolisme tubuh memiliki nilai yang sangat bermanfaat yaitu: (a) kadar N dan K sangat tinggi; (b) urine mudah diserap tanaman; dan (c) urine mengandung hormon pertumbuhan tanaman (Sosrosoedirdjo *et al.* 1981).

Urine ternak dapat diolah menjadi pupuk organik cair setelah diramu dengan campuran tertentu. Pupuk organik cair dari urine ternak memiliki kelemahan, yaitu kurangnya kandungan unsur hara yang dimiliki jika dibandingkan dengan pupuk buatan dalam segi kuantitas (Sutanto 2002).

Pengolahan limbah ternak menjadi pupuk cair dapat dilakukan melalui proses fermentasi. Hasil analisis di laboratorium menunjukkan kadar hara N, K dan C-organik pada biourine yang difermentasi lebih tinggi dibandingkan urine yang belum difermentasi. Kandungan N pada biourine meningkat dari rata-rata 0,34% menjadi 0,89% (Londra 2008).

Tabel 85 Kandungan unsur hara pupuk kandang cair dari beberapa hewan ternak

Kandungan unsur hara (%)	Hewan ternak			
	Sapi	Kerbau	Kambing	Domba
Nitrogen	1,00	1,00	1,50	1,35
Fosfor	0,50	0,15	0,13	0,05
Kalium	1,50	1,50	1,80	2,10
Air	92,00	92,00	85,00	85,00

Sumber: Tampubolon (2012)

Pupuk cair organik dapat menambah unsur hara pada tanah yang berkurang akibat beberapa hal, seperti erosi. Pemberian urine ternak dalam 1 m<sup>3</sup> pada lahan dapat mengembalikan sekitar 1,5 kg N; 0,25 kg P; dan 4 kg K (AAK 2007 dalam Tampubolon 2012).

Kandungan K dan N pada urine ternak juga lebih tinggi dibandingkan kotoran padat. Urine ternak memiliki kandungan K lima kali lebih banyak dan kandungan N dua sampai tiga kali lebih banyak daripada unsur N dalam kotoran padat (Hardjowigeno 2007 dalam Tampubolon 2012).

Menurut Ismawati (2003) pengaplikasian pupuk kandang cair berbeda dengan pupuk kandang padat. Pengaplikasian pupuk cair dilakukan setelah tanaman tumbuh. Hal ini dilakukan karena urine dapat langsung diserap oleh tanaman dan sebagian lagi masih harus diuraikan. Pengaplikasian sebelum tanam akan berakibat tujuan pemupukan menjadi tidak efektif.

### **8.2.1. Proses Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Urine Ternak**

Proses fermentasi urine menjadi pupuk cair dapat dilakukan dengan beberapa metode. Fermentasi dapat dilakukan menggunakan tambahan tetes tebu (*molases*) dan bakteri EM4 (Huda 2013), EM 4 (Tampubolon 2012), bakteri asam laktat (*Lactobacillus* spp.), bakteri pengurai (*Rhodospseudomonas* spp.) dan bakteri fermentasi (*Saccharomyces* spp.) (Hartini *et al.* 2012).

Proses fermentasi ini juga dapat ditambahkan bahan-bahan lain seperti lengkuas, kunyit dan kencur (Tampubolon 2012) untuk menghilangkan limbah ternak dan memberikan rasa yang tidak disukai hama.

### **Pembuatan Pupuk Cair Organik Fermentasi**

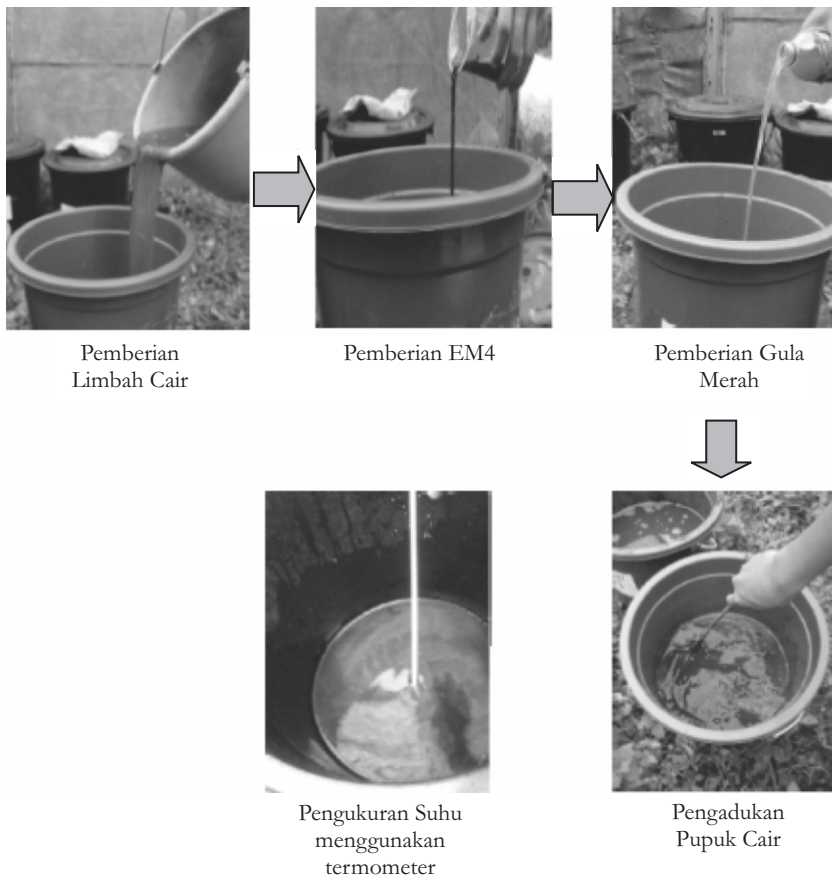
Beberapa peneliti melakukan proses fermentasi dari urine sapi dengan metode yang berbeda. Berikut beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengolah urine ternak menjadi pupuk cair organik.

#### **a. Fermentasi Urine Sapi (Tampubolon 2012)**

- Cara pembuatan pupuk cair dari urine ternak (biourine), urine sebanyak 5 L ditampung di dalam ember berukuran 20 L, kemudian dicampur dengan bakteri fermentasi (EM4) sebanyak 60 mL untuk mempercepat proses pengolahan limbah organik, 600 mL larutan gula merah (0,25 kg gula merah) dan bahan-bahan tambahan.

- Bahan tambahan yang digunakan, di antaranya lengkuas, kunyit dan kencur masing-masing sebanyak 1 ons. Bahan-bahan tersebut ditumbuk sampai halus, kemudian dimasukkan ke dalam ember plastik.

Pengadukan dilakukan menggunakan kayu pengaduk. Permukaan ember ditutup dengan plastik dan penutup, kemudian larutan dibiarkan selama 10 hari. Pengadukan dilakukan setiap hari selama proses fermentasi (10 hari).



Gambar 107 Proses pembuatan pupuk cair organik dari urine sapi  
Sumber: Tampubolon (2012)



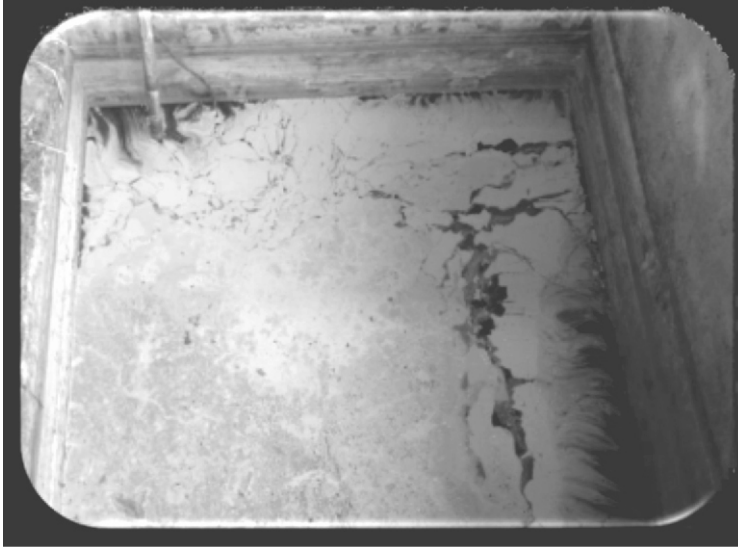
**b. Fermentasi Urine Sapi dengan Tambahan Molases (Huda 2013)**

- Urine sapi diambil secara langsung dengan cara meletakkan ember di bawah saluran kencing pada sapi. Urine sapi sebanyak 800 mL dimasukkan ke dalam botol polietylen kemudian ditambahkan 8 mL EM4 dan dimasukkan pula tetes tebu sebanyak 60 mL. Kemudian botol ditutup rapat dan didiamkan selama 7 hari.

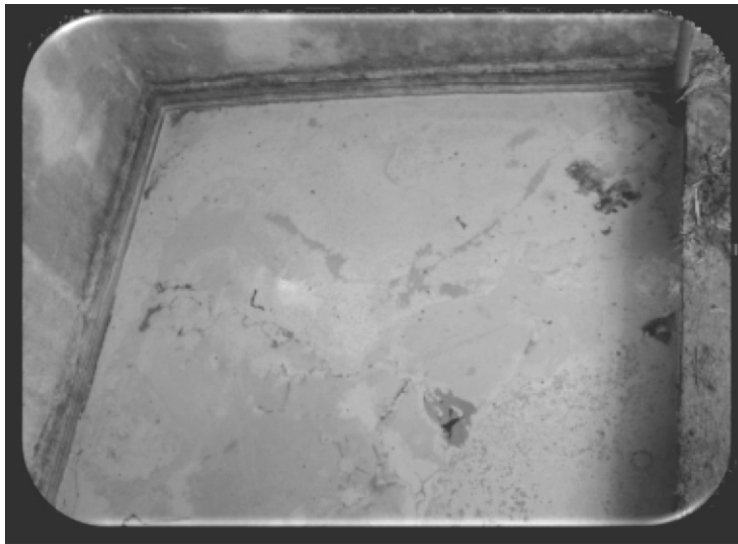
**c. Fermentasi Urine Sapi Bali (Hartini *et al.* 2012)**

Adapun tahapan pengolahan urine sapi Bali (*Bos javanicus*) sebagai bahan dasar pupuk organik cair (POC) adalah sebagai berikut:

- Urine sapi yang telah didapat dari saluran yang sengaja dibuat oleh para peternak, ditampung dalam 2 bak. Bak pertama merupakan bak untuk mengendapkan urine sapi. Sedangkan bak kedua untuk fermentasi urine sapi.
- Pada bak pertama, urine diangkat dengan menggunakan pompa ke tangga aerasi. Tujuan aerasi adalah membuang gas-gas amoniak ( $\text{NH}_3$ ), asam sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), serta gas-gas lainnya yang membahayakan dalam pembuatan POC dari urine sapi.
- Bila gas-gas tersebut tidak dibuang dapat menyebabkan efek panas pada saat disemprotkan pada tanaman. Proses aerasi sendiri memerlukan waktu kurang lebih 15 jam.
- Urine sapi yang telah diaerasi dipindahkan ke bak kedua, yaitu bak fermentasi melalui mesin pemompa.
- Di bak kedua, urine yang telah diendapkan ditambahkan bakteri, seperti asam laktat (*Lactobacillus* spp.), bakteri pengurai atau bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* spp.) dan bakteri fermentasi atau yeast (*Saccharomyces* spp.) yang berguna untuk meningkatkan kandungan unsur hara pada urine. Proses fermentasi ini memerlukan waktu 14 hari.
- Setelah difermentasi selama 2 minggu urine dimasukkan ke dalam bak penampungan. Kemudian ditambahkan unsur-unsur lain seperti tepung rumput laut dan biopestisida.



(a) Bak pengendapan urine sapi Bali



(b) Bak fermentasi urine sapi Bali

Gambar 108 Bak pengendapan (a) dan bak fermentasi urine sapi Bali (b)

Sumber: Hartini *et al.* (2012)

Tepung rumput laut berfungsi sebagai zpt (zat penambah tumbuh) atau zat perangsang yang dapat menyebabkan tanaman tumbuh lebih tinggi, karena rumput laut mengandung hormon pertumbuhan (hormon auksin) serta unsur mikro yang tinggi.

Sedangkan biopestisida dibuat dari ekstrak beberapa tanaman berkhasiat seperti sirih, kunyit, jahe, lengkuas dan temu ireng. Fungsi dari biopestisida adalah sebagai pengusir hama dan sebagai *antibody* atau antibiotik alami untuk tumbuhan. Dengan demikian dihasilkan biourine yang memiliki unsur hara lengkap serta berfungsi sebagai pestisida organik.

#### **d. Pembuatan Pupuk Cair Fermentasi Urine Kambing Etawa (Sari *et al.* 2015)**

- Pembuatan POC dimulai dengan proses sterilisasi tong plastik 20 liter dan ember dengan air panas.
- Empat liter urine kambing dan 10 kg feses segar ditampung dalam tong plastik. Empat liter air sumur dididihkan dan dicampurkan dengan 1 kg gula merah dan 1 kg bekatul halus ke dalam ember dan didiamkan sampai dingin;
- Dua liter air kelapa dicampurkan dengan 200 mL larutan bioaktivator ROTAN.
- Semua bahan dicampur. Air sumur ditambahkan sampai satu jengkal dari tutup, diaduk rata dan ditutup rapat.
- Hindarkan dari sinar matahari langsung dan disimpan selama 14 hari. Tutup tong plastik dilubangi dan disalurkan dengan selang kecil ke dalam botol akua berisi air agar gas yang dihasilkan selama proses dekomposisi dapat dikeluarkan tanpa membuat bakteri dekomposisi terhambat kinerjanya karena terpapar oksigen bebas.

#### **e. Pembuatan Pupuk Organik Cair tanpa Fermentasi**

Pemanfaatan pupuk organik cair dari limbah urine hewan ternak juga dapat dilakukan tanpa menggunakan proses fermentasi. Penelitian Budhie (2010) mendapatkan pupuk organik cair yang berasal dari urine kambing etawa dan pemanfaatan urine kambing tanpa melalui tahapan fermentasi.

Urine kambing dikoleksi melalui penampung yang diletakkan di bawah kandang individu. Penampungan urine ini terbuat dari lembaran plastik, kawat, reng, batang bambu, selang dan ember yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat menampung urine dengan baik.

Urine yang dikeluarkan oleh kambing akan melewati kawat dan tertahan di lembaran plastik, kemudian akan disalurkan oleh selang menuju ember sebagai tempat penampungan urine kambing. Metode koleksi urine kambing PE diperlihatkan oleh Gambar 109.



Koleksi tidak langsung



Koleksi langsung



Urine dalam wadah



Urine disimpan di refrigerator

### Analisis Kandungan Nutrien Urine

Gambar 109 Proses pengumpulan urine hewan ternak sebagai pupuk organik cair  
Sumber: Budhie (2010)

#### **8.2.2. Karakteristik Pupuk Cair Urine Fermentasi**

Penelitian yang dilakukan oleh Huda (2013), mendapatkan bahwa urine sapi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair berkualitas tinggi sesuai dengan ketentuan standar mutu (POC) dengan aditif tetes tebu metode fermentasi.

Rasio volume optimal aditif tetes tebu pada penelitian ini terdapat pada sampel yang mengandung penambahan tetes tebu sebanyak 6 mL, dengan kandungan hara N sebesar 0,362%, P sebesar 1,08% dan K sebesar 0,127%. Besar peningkatan kadar N dalam penelitian ini adalah

sebesar 0,225%, yaitu dari kadar 0,137% urine murni yang setelah dilakukan fermentasi maka kadar N menjadi 0,362%. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 86.

Tabel 86 Kandungan kimia pupuk cair urine sapi dengan penambahan tetes tebu

Parameter (%)	Sampel				
	A	B	C	D	E
N-NH <sub>4</sub>	0,002	0,018	0,038	0,053	0,057
N-NO <sub>3</sub>	0,029	0,029	0,037	0,05	0,062
N-total	0,137	0,149	0,303	0,339	0,362
P	0,023	0,63	0,066	0,069	0,067
K	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13
pH	8,82	8,76	4,75	4,87	4,54

Keterangan :

A = sampel urine sapi murni

B = sampel urine dengan penambahan 1 mL EM-4

C = sampel urine dengan penambahan 1 mL EM-4 dan 2 mL tetes tebu

D = sampel urine dengan penambahan 1 mL EM-4 dan 4 mL tetes tebu

E = sampel urine dengan penambahan 1 mL EM-4 dan 6 mL tetes tebu

Sumber: Huda (2013)

Peningkatan penambahan tetes tebu ke dalam urine sapi meningkatkan kandungan N-total dalam pupuk cair karena tetes tebu berperan sebagai sumber nitrogen. Selain itu, penambahan tetes tebu juga mengurangi kadar pH dari pupuk cair yang dihasilkan.

Selanjutnya Susetyo (2013) mendapatkan bahwa pada pemanfaatan urine sapi untuk pupuk organik cair dengan penambahan akar bambu melalui proses fermentasi dengan waktu yang berbeda yaitu 7 dan 14 hari, maka yang paling efektif adalah pada perlakuan dengan penambahan 2% PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) akar bambu dari urine sapi melalui proses fermentasi 14 hari.

Sari *et al.* (2015) yang menggunakan urine kambing peranakan etawa mendapatkan bahwa proses dekomposisi limbah kambing etawa selama 14 hari menghasilkan POC dengan kadar unsur hara yang dibandingkan dengan penilaian sifat kimia tanah oleh staf pusat penelitian tanah. POC tersebut memiliki kadar C organik 6,18% (sangat tinggi), kadar N 1,047% (sangat tinggi), kadar P 0,531% (sangat tinggi), kadar K 0,209%

(sangat tinggi), serta rasio C/N 5,902 (rendah) yang dibandingkan dengan standar Permentan 70/Permentan/SR.140/10/2011 adalah tidak memenuhi standar, kecuali kadar unsur C organiknya.

Tabel 87 Kandungan unsur hara pupuk organik kambing peranakan etawa selama 14 hari

Parameter	Hasil analisis (%)	Kadar pembandingan (%)	Kriteria
C organik	6,18	> 5,00	Sangat tinggi
N	1,05	> 0,75	Sangat tinggi
P	0,53	> 0,0035	Sangat tinggi
K	0,21	> 0,006	Sangat tinggi
C/N	5,90	5 - 10	Rendah

Sumber: Sari *et al.* (2013)

### 8.2.3. Pemanfaatan Pupuk Cair dari Urine Ternak

Kariada *et al.* (2008) menggunakan pupuk organik cair dari urine sapi pada tanaman jagung QPM. Hasil yang didapat yaitu perlakuan pupuk cair (biourine) sapi dengan perlakuan pengenceran 10 kali setiap aplikasi pemupukan memberikan rata-rata hasil jagung QPM yang terbaik dengan produksi yang dicapai mencapai 5,92 ton/ha.

Berdasarkan hasil pengkajian, ternyata hasil tertinggi diperoleh pada pengenceran biourine sapi dengan 10 kali pengenceran. Pada pengenceran yang lebih rendah yaitu 4 atau 6 kali, kemungkinan kadar unsur yang dikandung biourine menjadi lebih pekat, sehingga dosis pada pengenceran ini lebih tinggi.

Sementara pada pengenceran 10 kali, sesuai pula dengan kebiasaan para petani, kemungkinan dosis ini adalah optimal dalam memberikan pertumbuhan dan produksi (Kariada *et al.* 2008).

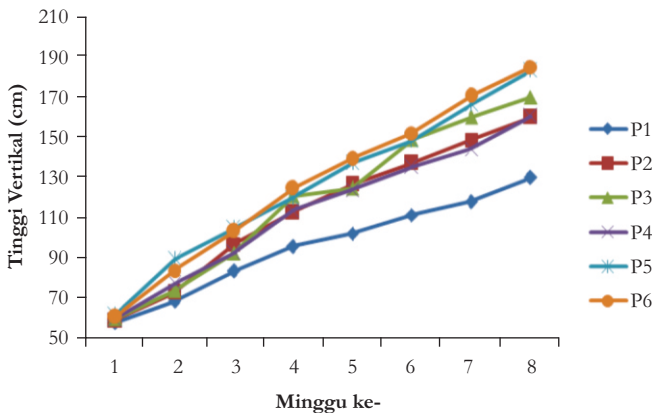
Tabel 88 Pengaruh penggunaan biourine dengan pengenceran terhadap produksi jagung QPM

Parameter	Banyak pengenceran biourine			
	4	6	8	10
Tinggi tanaman 30 HST (cm)	66,2	72,04	54,2	78,8
Tinggi tanaman 60 HST (cm)	199,8	206,6	201,8	217
Diameter tongkol (cm)	15,8	16,1	16,1	16,5
Panjang tongkol (cm)	18,4	18,8	19,6	20,9
Bobot tongkol (g)	196	205	208	224
Hasil jagung (ton/ha)	4,97	5,17	5,47	5,92

Sumber: Kariada *et al.* (2008)

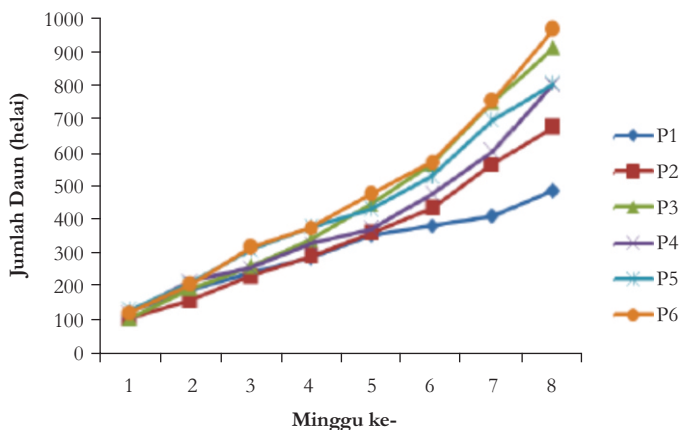
Pada penggunaan pupuk cair dari urine kambing peranakan etawa (PE) dan NASA sebagai pupuk organik cair, Budhie (2010) mendapatkan bahwa aplikasi POC, baik dari sumber urine kambing PE maupun POC komersial NASA, memperbaiki pertumbuhan dan produksi tanaman pakan legum *Indigofera* sp.

Pemberian urine kambing PE pada level 100% menghasilkan pertumbuhan dan produksi yang sama, bahkan lebih baik dibandingkan dengan pemberian POC komersial NASA (Budhie 2010).



Gambar 110 Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertambahan tinggi vertikal tanaman pakan Legum *Indigofera* sp.

Sumber: Budhie (2010)



Gambar 111 Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertambahan jumlah daun tanaman pakan Legum *Indigofera* sp.

Keterangan:

P1 = Kontrol (100% air); P2 = 50% urine kambing PE + 50% air;

P3 = 100% urine kambing PE (tanpa air); P4 = 0,25% NASA® + 99,75% air; P5 = 0,50%

NASA® + 99,50% air; P6 = 0,75% NASA® + 99,25% air

Sumber: Budhie (2010)

Pada penelitian Budhie (2010), terdapat beberapa tanaman yang diserang hama selama pertumbuhan. Tanaman yang lebih banyak diserang oleh hama kutu daun adalah tanaman tanpa perlakuan (kontrol) dan perlakuan dengan pupuk organik cair komersial NASA, sedangkan tanaman yang diberi perlakuan dengan pupuk organik cair berupa urine kambing hanya sedikit.

Hal ini dikarenakan di dalam urine mengandung suatu zat yang tidak disukai oleh hama. Daun pada tanaman yang diberi perlakuan urine terutama dengan dosis 100% memperlihatkan bintik warna putih yang tersebar pada permukaan daun, menunjukkan gejala terbakarnya daun pada awal perlakuan.

Perlakuan pemberian pupuk organik cair memiliki warna daun yang lebih hijau dibandingkan dengan tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini berkaitan dengan peranan nitrogen sebagai komponen klorofil.





(a)



(b)

Gambar 112 Terbakarnya daun pada perlakuan urine kambing PE 100%  
Sumber: Budhie (2010)

Selanjutnya, Sari *et al.* (2015) menambahkan bahwa POC limbah kambing etawa dengan berbagai konsentrasi, berpengaruh terhadap budi daya *baby corn* jagung manis. Konsentrasi 9,66 mL/L/polibag POC limbah kambing etawa setara 2x konsentrasi urea memberikan hasil terbaik terhadap budi daya *baby corn* jagung manis. Hasil penelitian Sari *et al.* (2015) ditampilkan pada Tabel 89.

Tabel 89 Pengaruh konsentrasi POC limbah kambing etawa terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah tongkol dan berat basah tongkol *baby corn* jagung manis

Parameter	Perlakuan (mL/L/polibag)			
	Urea 0,11 g	2,41 mL POC	4,83 mL POC	9,66 mL POC
Tinggi tanaman (cm)	182,53±6,96	132,72±19,93	195,57±3,95	224,82±13,51
Jumlah daun (helai)	11,17±0,75	9,5±0,55	11,67±0,52	12,50±0,55
Jumlah <i>baby corn</i> (buah)	0,83±0,41	0,17±0,41	1,50±0,55	2,17±0,41
Berat basah <i>baby corn</i>	2,93±2,13	0,17±0,41	5,58±3,24	13,07±2,82

Sumber: Sari *et al.* (2015)

## Daftar Pustaka

- Barker, Hodges JCSC, Walls FR. 2002. Livestock manure production rates and nutrient content. In: 2002 North Carolina Agricultural Chemicals Manual. Chapter X. The Collage of Agriculture and Life Sciences. North Carolina (US): North Carolina University.
- Budhie DDS. 2010. Aplikasi urine kambing peranakan etawa dan NASA® sebagai pupuk organik cair untuk pemacu pertumbuhan dan produksi tanaman pakan legum *Indigofera* sp. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hartini NWM, Pratiwi LWC, Jayanti LMW, Arianti NMI, Brahaneswari NLN, Agririsky IAC, Setiawa H. 2012. Fermentasi urine sapi bali (*Bos javanicus*) sebagai pupuk organik cair untuk meningkatkan produksi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Karya Ilmiah. Semarang (ID): SMA Negeri 1 Semarang.
- Huda MK. 2013. Pembuatan pupuk organik cair dari urine sapi dengan aditif tebu (*molasses*) metode fermentasi. [Skripsi]. Semarang (ID): Universitas Negeri Semarang.
- Ismawati EM. 2003. Pupuk organik. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Kariada IK, Aribawa IB, Hosang E. 2008. Pengaruh pupuk organik cair (biourine sapi) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung QPM. Bali (ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Londra IM. 2008. Membuat pupuk cair bermutu dari limbah kambing. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 30(6):5-7.
- Salasa M. 2015. Pembuatan pupuk organik cair dari limbah ternak (urine kambing & sapi). <http://www.lembahgogoniti.com/artikel/1-tentang-kambing/139-pembuatan-pupuk-organik-cair-dari-limbah-ternak-urine-kambing-a-sapi.pdf> (6 Agustus 2016).
- Sari DA, Ratnasari E, Fitrihidajati H. 2015. Pemanfaatan limbah ternak kambing etawa sebagai bahan pupuk organik cair untuk budi daya *baby corn*. Lentera Bio 4(2): 143-9.
- Sosrosoedirdjo RS, Rivai B, Iskandar SS. 1981. Ilmu memupuk 2. Jakarta (ID): CV Yasaguna.
- Susetyo NA. 2013. Pemanfaatan urine sapi sebagai POC (pupuk organik cair) dengan penambahan akar bambu melalui proses fermentasi dengan waktu yang berbeda. Naskah Publikasi. Surakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sutanto R. 2002. Penerapan pertanian organik. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Tampubolon EA. 2012. Pemanfaatan limbah ternak sebagai pupuk cair organik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* var. *crispa*) [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

## **IX. LIMBAH UDANG**

### **9.1. Pemanfaatan Limbah Udang**

Indonesia tercatat sebagai negara penghasil udang terbesar ketiga dunia (Kementerian Kelautan dan Perikanan 2012 dalam Soeka & Triana 2016). Udang merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan dan utama untuk produk-produk perikanan, yang mencapai 69% (Indrasti *et al.* 2012).

Tahun 2014 terjadi peningkatan produksi terutama perikanan tangkap dan perikanan budidaya udang sebesar 1,62% (255 ribu ton) (Pudjiastuti 2014 dalam Soeka & Triana 2016). Untuk ekspor, udang diproses menghasilkan udang kupas, sehingga menyisakan limbah berupa kulit, kaki, ekor dan kepala udang yang cukup tinggi, yaitu 60 - 70% berat udang.



Gambar 113 Limbah hasil pengolahan udang

Sumber: Energitoday.com

Pada industri pengolahan udang beku untuk ekspor, dihasilkan limbah yang berupa kepala udang, di mana jumlahnya 25 - 30% dari total berat udang yang diolah (Pasaribu & Kompiani 2000). Selain itu, dari volume ekspor udang (kupas dan tanpa kepala) yang berjumlah sekitar 90 ribu ton setiap tahunnya, maka akan tersedia kulit udang (kering) sebanyak 12 ribu ton/tahun.

Limbah tersebut mudah sekali busuk sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Azhar *et al.* 2010) Padahal limbah tersebut masih banyak mengandung protein, lemak, kalsium karbonat, kitin, pigmen, abu dan lainnya (Marguerite 2012 dalam Soeka & Triana 2016) sehingga terbuang dengan percuma.

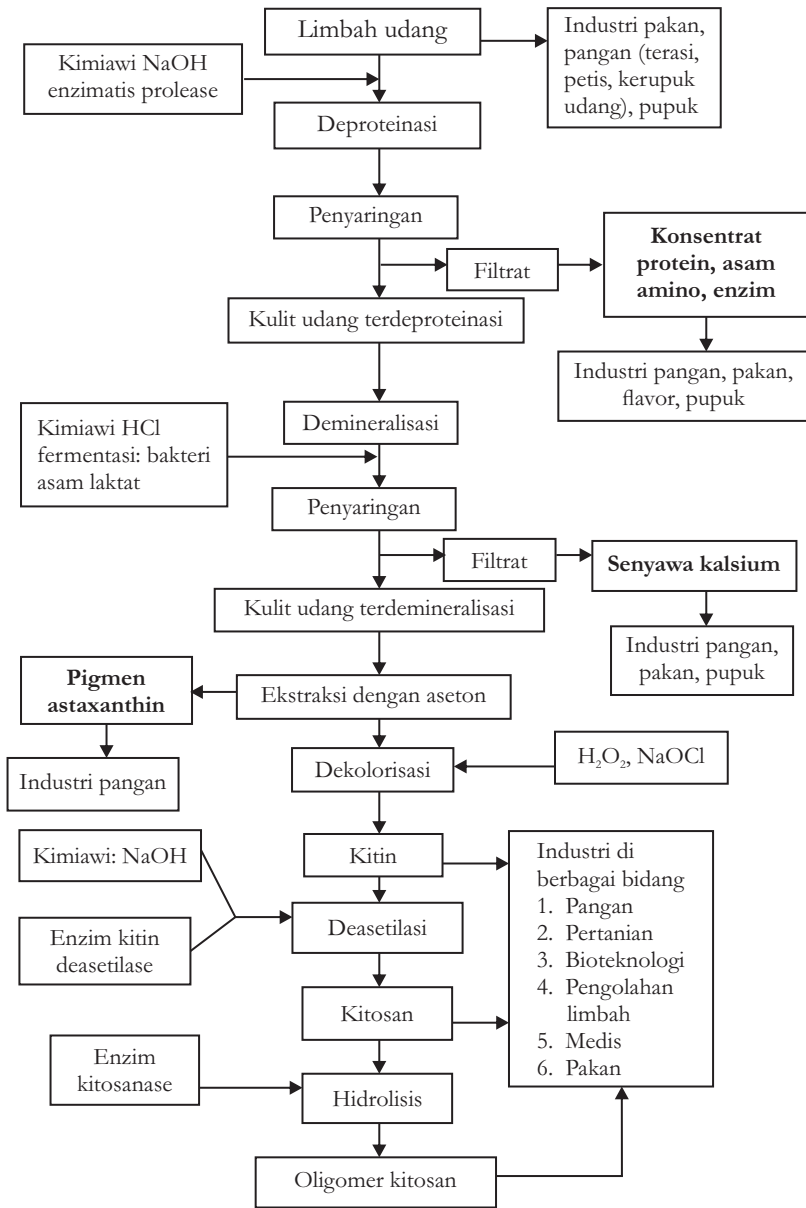
## 9.2. Pemanfaatan Limbah Udang menjadi Kitin dan Kitosan

Sebagian besar limbah udang yang dihasilkan oleh usaha pengolahan udang berasal dari kepala, kulit dan ekornya. Kulit udang mengandung protein (25 - 40%), kitin (15 - 20%) dan kalsium karbonat (45 - 50%) (Marganof 2003).

Cangkang kepala udang mengandung 20 - 30% senyawa kitin, 21% protein dan 40 - 50% mineral. Cangkang kepala dan kulit udang tersebut dapat diolah menjadi sumber kitin dan kitosan yang sangat berguna. Kitin ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kitosan  $[(C_6H_{11}NO_4)_n]$  dan glukosamin  $(C_6H_{13}NO_5)$ . Ketiga produk ini mempunyai sifat mudah terurai dan tidak mempunyai sifat beracun sehingga sangat ramah terhadap lingkungan.

### 9.2.1. Ekstraksi Kitin dari Limbah Udang

Kitin merupakan polisakarida yang bersifat *non toxic* (tidak beracun) dan *biodegradable* sehingga kitin banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Limbah udang sebenarnya bukanlah merupakan sumber yang kaya akan kitin, tetapi limbah ini mudah didapat dan tersedia dalam jumlah besar sebagai hasil limbah dari industri pengolahan udang (Purwantiningsih 2004).



Gambar 114 Potensi pemanfaatan limbah udang  
 Sumber: Sossrowinoto (2007)

Ekstraksi kitin secara kimiawi dilakukan dengan cara hidrolisis menggunakan asam pekat, misalnya asam klorida (HCl). Metode ini kurang ramah lingkungan, karena sangat banyak menggunakan bahan kimia. Selain itu, hasil yang diperoleh sangat sedikit (kurang dari 65%) dan sulit dikontrol. Saat ini telah berkembang penelitian yang mensintesis kitin secara enzimatik seperti menggunakan enzim (Herdyastuti *et al.* 2009).

### 9.2.2. Proses Pembuatan Kitin dari Limbah Udang

Proses isolasi kitin dari limbah udang dapat dilakukan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hargono *et al.* (2008). Proses isolasi kitin dari limbah udang adalah sebagai berikut:

#### Deproteinasi

- Proses ini dilakukan pada suhu 60 - 70 °C dengan menggunakan larutan NaOH 1 M dengan perbandingan serbuk udang dengan NaOH sebesar 1 : 10 (g serbuk/mL NaOH) sambil diaduk selama 60 menit. Kemudian campuran dipisahkan dengan disaring untuk diambil endapannya.

Proses deproteinasi dapat dilakukan secara enzimatik, pada penelitian yang dilakukan oleh Arif *et al.* (2013), proses deproteinasi dapat dilakukan dengan menambahkan enzim protease dengan perbandingan 1 : 10 (sampel : pelarut) dengan waktu inkubasi 2 jam dan suhu 50 °C.

Proses penggunaan NaOH encer dapat menyebabkan proses deasetilasi sebagian dari kitin dan hidrolisis polimer sehingga produk akhir memiliki sifat fisiologis yang tidak konsisten. Bahan kimia tersebut juga menimbulkan masalah terhadap pengolahan limbah yang dihasilkan. Selain itu, cairan hasil deproteinasi bernilai rendah karena adanya natrium hidroksida (Oh *et al.* 2000 dan Yang *et al.* 2000 dalam Sossrowinoto 2007).

Tabel 90 Pemanfaatan mikroba dalam proses pembuatan kitin

Sumber	Bakteri dan media produksi	Perlakuan dan hasil
Oh <i>et al.</i> (2000)	Bakteri; <i>Pseudomonas aeruginosa</i> K-187 Media produksi protease: 5% (w/v) SCSP, 1,0% laktosa; 0,5% NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ; 0,1% K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , 0,5% MgSO <sub>4</sub> , 0,5% FeSO <sub>4</sub> , pH 8,0; inkubasi 25 °C selama 48 jam	Perlakuan: imobilisasi protease untuk deproteinasi selama 7 hari Hasil: Penurunan kadar protein sebesar 72%
Yang <i>et al.</i> (2000)	Bakteri: <i>Bacillus subtilis</i> Y-108 media produksi protease: 7% (w/v) SCSP; 0,1% K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ; 0,5% MgSO <sub>4</sub> ; 1,0% arabinosa; 1,5% NaNO <sub>3</sub> ; 1,5% CaCl <sub>2</sub> pH 6,0; inkubasi 30 °C selama 72 jam	Pemurnian protease untuk deproteinasi selama 7 hari Hasil: Penurunan kadar protein kulit udang sebesar 88%
Rohanni (2000)	20% inokulum <i>Bacillus</i> sp. OG-6 media fermentasi: 1 g tepung kulit udang; 5 mL media TY (0,5% NaCl, 0,5% tripton; 0,25% <i>yeast extract</i> )	Inkubasi bakteri pada media fermentasi pada suhu kamar, 200 rpm selama 48 jam Hasil: penurunan kadar protein kulit udang sebesar 67,75% pada jam ke-39
Fatihyah (2006)	20% inokulum <i>Bacillus licheniformis</i> F11 media fermentasi: 30% (b/v) kulit udang 2,5 mesh; 0,5% NaCl; 0,1% <i>yeast extract</i>	Fermentasi pada 55 °C, 125 rpm, 48 jam Hasil: penurunan kadar protein sebesar 75,54% pada jam ke-48

Sumber: Sossrowinoto (2007)

### Pencucian dan pengeringan

- Pencucian endapan dilakukan dengan menggunakan akuades sampai pH netral. Selanjutnya disaring untuk diambil endapannya dan dikeringkan.

### Demineralisasi

- Penghilangan mineral dilakukan pada suhu 25 – 30 °C dengan menggunakan larutan HCl 1 M dengan perbandingan sampel dengan larutan HCl = 1 : 10 (g serbuk/mL HCl) sambil diaduk selama 120 menit. Kemudian disaring untuk diambil endapannya.



### Penghilangan warna

- Endapan hasil demineralisasi diekstrak dengan aseton dan *dibleaching* dengan 0,315% NaOCl (w/v) selama 5 menit pada suhu kamar. Perbandingan solid dan solven 1 : 10 (w/v).

### Pencucian dan pengeringan

- Pencucian endapan dilakukan dengan menggunakan akuades sampai pH netral.

#### 9.2.2.1. Karakterisasi Kitin

Karakteristik kitin yang dihasilkan dari limbah udang dapat dipengaruhi dari jenis udang dan teknik isolasi kitin. Berdasarkan penelitian Arif *et al.* (2013), didapatkan rendamen kitin hasil isolasi dari limbah udang putih (*Penaeus merguensis*) sebesar 19,38%, dan merupakan kitin yang sesuai kitin standar.

Isolasi kitin dilakukan secara enzimatik, karakteristik yang didapat yaitu kadar air 2,95%, kadar abu 0,55%, N-total 7,45% dan derajat deasetilasi 57,25%. Waktu inkubasi optimum untuk tahap deproteinasi secara enzimatik (enzim protease dari *Bacillus licheniformis* HSA3-1a) di antara waktu kontak 1, 2, 3, 4 dan 24 jam dan kitin + NaOH 1 jam adalah waktu kontak 2 jam dengan kadar nitrogen total sebesar 7,45% (Arif *et al.* 2013).

Tabel 91 Sifat dan mutu kitin

Sifat-sifat	Nilai
Ukuran partikel	Butiran bubuk
Kadar air (% bk)	=10
Kadar abu (% bk)	=2
Derajat deasetilasi	=15
Kelarutan	
· Air	Tidak
· Pelarut organik	Tidak
· LiCl <sub>2</sub>	Sebagian
· <i>Biodegrasi organic profile</i>	Lisozim dan kitinase

Sumber: Protan Laboratories Inc. dalam Suptijah *et al.* (1992)

### 9.2.3. Pemanfaatan Limbah Udang menjadi Kitosan

Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin, yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (2-amino-2-deoksi-glokosa) (Knorr 1982). Kitosan dapat larut dalam larutan asam organik, tetapi tidak larut dalam pelarut organik lainnya seperti dimetil sulfoksida. Kitosan juga tidak larut pada pH 6,5, sedangkan pelarut kitosan yang baik adalah asam asetat (Ornum 1992). Standar mutu kitosan disajikan pada Tabel 92.

Kualitas dan nilai ekonomi kitosan dan kitin ditentukan oleh besarnya derajat deasetilasi. Semakin tinggi derajat deasetilasi maka semakin tinggi kualitas dan harga jualnya. Kualitas kitosan berdasarkan penggunaan dapat dibagi ke dalam tiga jenis kualitas yaitu kualitas teknis, pangan dan farmasi (Bastaman 1989).

Kitosan mempunyai potensi untuk digunakan dalam industri dan kesehatan. Kualitas kitosan tergantung pada penggunaannya, misalnya kitosan yang digunakan untuk proses pemurnian air limbah tidak membutuhkan bahan dengan kemurnian yang tinggi; sedangkan jika digunakan untuk obat-obatan, dibutuhkan kitosan dengan kemurnian yang tinggi (Bastaman 1989).

Tabel 92 Standar mutu kitosan

Parameter	Nilai
Ukuran partikel	Serpihan sampai serbuk
Kadar air (%)	=10
Kadar abu (%)	=2
Warna larutan	Jernih
Derajat deasetilasi	=70
Viskositas (cps)	
Rendah	<200
Medium	200 - 799
Tinggi	800 - 2000
Ekstra tinggi	>2.000

Sumber: Proton Laboratories Inc. dalam Bastaman (1989)

#### 9.2.4. Proses Isolasi Kitosan dari Limbah Udang

Proses pembuatan kitosan dapat dilakukan dengan proses deasetilasi kitin yang telah didapat dari proses pembuatan kitin. Proses deasetilasi dapat mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Harjanti (2008) yang memanfaatkan kitosan sebagai pengawet ayam goreng. Proses deasetilasi kitin adalah sebagai berikut:

##### Deasetilasi

- Kitin yang dihasilkan dari proses demineralisasi dimasukkan ke dalam larutan NaOH (50%) (Prasetyaningrum *et al.* 2007); selama 4 jam pada dengan suhu tinggi (100 - 105 °C) (Sossrowinoto 2007) dengan perbandingan 1 : 10 (b/v). Campuran tersebut diaduk dengan dengan kecepatan konstan. Hasilnya disaring menggunakan penyaring kain. Residu yang merupakan kitosan, dicuci dengan air sampai netral dan dibilas menggunakan akuades. Kitosan yang didapat lalu dikeringkan. Proses pembuatan kitin dan kitosan disajikan pada Gambar 115.

##### 9.2.4.1. Karakteristik Kitosan dari Limbah Udang

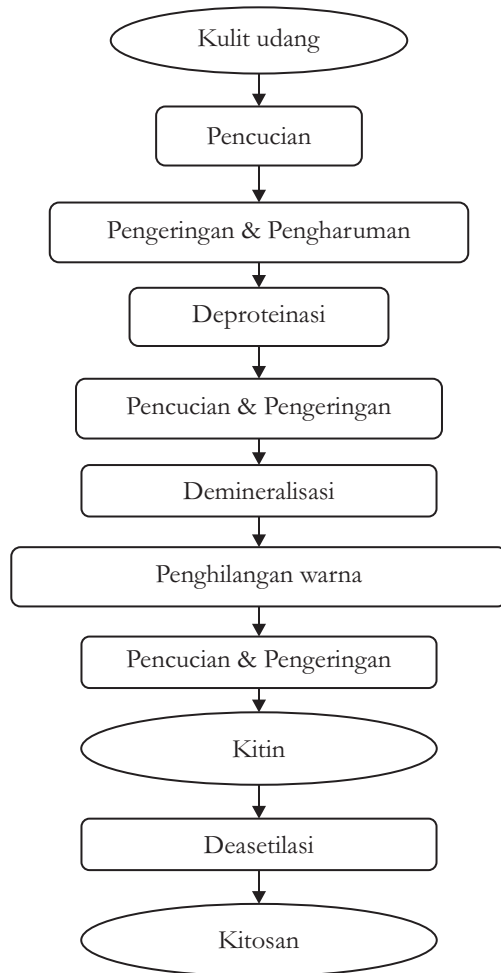
Karakteristik kitosan yang dihasilkan dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH. Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan, semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi NaOH maka jumlah gugus asetil yang hilang semakin banyak dan mutu kitosan semakin bagus (Prasetyaningrum *et al.* 2007). Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap mutu kitosan ditampilkan pada Tabel 93.

Berdasarkan penelitian Prasetyaningrum *et al.* (2007), penggunaan kitosan sebagai bahan pengawet makanan yang paling bagus adalah kitosan yang diproses dengan konsentrasi NaOH 50%, waktu proses 1 jam dan suhu 100 °C. Penelitian yang dilakukan oleh Harjanti (2014) mengatakan bahwa kitosan sebagai bahan pengawet ayam segar diperoleh kondisi terbaik pada derajat deasetilasi 70,34%. Hasil penelitian Harjanti (2014) ditampilkan pada Tabel 94.

Tabel 93 Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap derajat deasetilasi

% NaOH	Derajat deasetilasi
30	35,52
40	47,51
50	67,29
60	70,34

Sumber: Harjanti (2014)



Gambar 115 Diagram alir proses pembuatan kitin dan kitosan

Tabel 94 Hasil uji organoleptik pengaruh derajat deasetilasi terhadap daya simpan ayam goreng (waktu rendaman 45 menit dan konsentrasi kitosan 2%)

Derajat deasetilasi	Pengamatan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
35,52%	Warna	9	9	8	6	5		
	Kekenyalan	9	9	8	6	5		
	Bau	8	8	7	6	5		
	Rasa	8	7	7	5	4		
	Lendir	8	8	7	6	5		
47,51%	Warna	9	9	8	7	5		
	Kekenyalan	9	9	8	6	5		
	Bau	8	8	8	6	5		
	Rasa	8	8	7	5	4		
	Lendir	8	8	7	5	5		
67,29%	Warna	9	9	8	7	7	6	5
	Kekenyalan	9	9	8	7	7	6	5
	Bau	8	8	8	7	6	5	4
	Rasa	8	8	7	7	6	5	4
	Lendir	8	8	7	7	6	5	4
70,34%	Warna	9	9	8	8	7	7	6
	Kekenyalan	9	9	8	8	7	7	6
	Bau	8	8	8	7	7	6	5
	Rasa	8	8	7	7	7	6	5
	Lendir	8	8	7	7	7	6	5

Sumber: Harjanti (2014)

### 9.2.5. Pemanfaatan Kitin dan Kitosan

Cangkang atau karapas udang merupakan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dimanfaatkan atau diolah. Pengolahan cangkang udang yang dapat memberi nilai tambah dapat dilakukan dengan menjadikannya sebagai serbuk, yang kemudian diolah lebih lanjut menjadi kitin dan kitosan yang merupakan bahan industri bernilai ekonomi tinggi (Ebookpangan 2006).

Produk-produk tersebut dapat digunakan untuk keperluan kosmetika, industri pangan, pertanian dan pengelolaan lingkungan. Kitosan juga digunakan sebagai makanan kesehatan antara lain untuk menurunkan kadar kolesterol dengan cara mengikat lemak makanan yang masuk ke dalam tubuh. Berikut diuraikan beberapa penggunaan kitin dan kitosan (Ebookpangan 2006):



Gambar 116 Kitosan dari limbah udang  
Sumber: [www.extremetech.com/tag/chitosan](http://www.extremetech.com/tag/chitosan)

#### 9.2.5.1. Pemanfaatan dalam bidang kesehatan

Lensa kontak, baik yang “*hard lens*” maupun yang “*soft lens*” dapat dibuat dari polimer kitin karena kitin mempunyai sifat permeabilitas yang tinggi terhadap oksigen. Selain itu pula, kitin dan kitosan dapat digunakan sebagai pembungkus kapsul, karena mampu melepaskan obatnya ke dalam tubuh secara terkontrol.

Beberapa turunan kitosan telah ditemukan mempunyai sifat *antibacterial* dan antikogulan dalam darah. Kemampuan lain dari kitin dan turunannya adalah dalam hal penggumpalan sel-sel leukemia, sehingga kitin dan turunannya ini cocok sebagai bahan anti tumor. Senyawa kitosan diusulkan untuk digunakan sebagai bahan pembuat membran ginjal buatan.

Bidang kedokteran telah memanfaatkan kitin dan kitosan secara maksimal. Hal ini terbukti dari beberapa penelitian yang tengah dilakukan, misalnya kemungkinan kitin digunakan sebagai bahan obat antikolestrol. Kitosan juga bersifat “*non trombogenic*” (tidak menggumpalkan darah), sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti tulang rawan dan pengganti saluran darah (baik arteri maupun vena).

### 9.2.5.2. Pemanfaatan dalam bidang industri pangan

Senyawa kompleks mikrokristalin kitin (MCC) adalah salah satu turunan kitin yang banyak digunakan dalam industri pangan sebagai bahan pengental atau pembentuk gel yang sangat baik dan juga bermanfaat sebagai pengikat, penstabil dan pembentuk tekstur (Brezski 1987).

Menurut Brezski (1987), kitosan dapat pula dimanfaatkan sebagai penyaring yang efektif terhadap zat-zat yang tidak diinginkan seperti tannin pada kopi. Di samping itu, kitosan juga mampu memurnikan bir, jus, anggur dan lain sebagainya (Knorr 1984).

### 9.2.5.3. Pemanfaatan dalam bidang industri

Aplikasi kitin dan kitosan yang paling luas penggunaannya adalah dalam pengolahan limbah cair. Di Jepang, kitosan digunakan secara resmi sebagai bahan penggumpalan dalam sirkulasi pengolahan air limbah yang akan digunakan kembali (*recycling*) dalam industri pangan.

Selanjutnya Knorr (1984) menerangkan tentang tiga hal penting untuk aplikasi kitin dan kitosan di masa mendatang, yaitu (1) sebagai bahan yang digunakan dalam proses *water treatment*, (2) sebagai bahan yang bersifat fungsional digunakan dalam industri pangan, dan (3) sebagai polimer hasil temuan baru yang digunakan dalam bidang bioteknologi.

## Daftar Pustaka

- Arif AR, Ischaidar, Natsir H. 2013. Isolasi kitin dari limbah udang putih (*Penaeus merguensis*) secara enzimatik. Seminar Nasional Kimia. hlm. 10-6.
- Azhar, Minda, Efendi J, Syofyeni E, Lesi RM, Novalina S. 2010. Pengaruh konsentrasi NaOH dan KOH terhadap derajat deasetilasi kitin dari kulit udang. Eksakta 1(11): 1-8.
- Bastaman S. 1989. Studies on degradation extraction of chitin and chitosan from prawn shell [Tesis]. Belfast (GB): The Queen's University.
- Brzeski MM. 1987. Chitin and chitosan: Putting waste to good use. Infofish Int 5: 34-40.
- Ebookpangan. 2006. Kitin-khitosan, produksi dan pemanfaatannya. Ebookpangan.com (6 Agustus 2016).
- Hargono, Abdullah, Sumantri I. 2008. Pembuatan kitosan dari limbah cangkang udang serta aplikasinya dalam mereduksi kolesterol lemak kambing. Reaktor 12(1): 53-7.
- Harjanti RS. 2014. Kitosan dari limbah udang sebagai bahan pengawet ayam goreng. Jurnal Rekayasa Proses 8(1): 12-9.
- Herdastuti, Nunick, Raharjo TJ, Mudasir, Matsjeh S. 2009. Chitinase and chitinolytic microorganism: Isolation, characterization and potential. Indon. J Chem 9(1): 37-47.
- Indrasti NS, Suprihatin, Setiawan WK. 2012. Kombinasi kitosan-ekstrak pala sebagai bahan antibakteri dan pengawet alami pada filet kakap merah (*Lutjanus* sp.). Jurnal Teknologi Industri Pertanian 22(2): 122-30.
- Knorr D. 1984. Use of continuous polymer in food. J Food Tech 49: 85-97.
- Marganof. 2003. Potensi limbah udang sebagai penyerap logam berat (timbal, kadmium, dan tembaga) di Perairan [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ornum VJ. 1992. Shrimp waste-must it be wasted. InfoFish International 6: 48-52.
- Pasaribu T, Kompiang IP. 2000. Pemanfaatan limbah chitosan dalam ransum ayam. Jurnal Ilmu Ternak 4(4): 215-8.
- Prasetyaningrum A, Rokhati N, Purwintari S. 2007. Optimasi derajat deasetilasi pada proses pembuatan chitosan dan pengaruhnya sebagai pengawet makanan. Riptek 1(1): 39-46.
- Purwantiningsih. 2004. Isolasi kitin dan senyawa kimia dari limbah udang windu (*Penaeus monodon*). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Soeka Y, Triana E. 2016. Pemanfaatan limbah kulit udang untuk menghasilkan enzim kitinase dari *Streptomyces macrosporeus* InaCC A454. Indones J App Chem 18(1): 91-101.
- Sossrowinoto PR. 2007. Pemanfaatan limbah kulit udang untuk produksi bahan baku kitin dan enzim [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suptijah P, Salamah E, Sumariyanto H, Purwaningsih S, Santoso J. 1992. Pengaruh berbagai isolasi kitin kulit udang terhadap mutunya. Laporan Penelitian. Departemen Pengolahan Hasil Perikanan. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.



### 9.3. Pemanfaatan Limbah Udang menjadi Tepung Udang

Haryanto (1991) menyatakan bahwa limbah udang mempunyai potensi besar sebagai sumber protein makanan ternak karena limbah udang mengandung protein sekitar 46,6% dengan kandungan Ca dan P berkisar 15,15% dan 1,56%. Widjaja (1993) dalam Poultry Indonesia (2007) menyatakan salah satu pilihan sumber protein adalah tepung limbah udang.

Tepung limbah udang merupakan limbah industri pengolahan udang yang terdiri dari kepala dan kulit udang. Hasil analisis berdasarkan bahan kering bahwa tepung limbah udang mengandung 45,29% protein kasar, 17,59% serat kasar, 6,62% lemak, 18,65% abu, 13,16 BETN (Poultry Indonesia 2007).

Kandungan gizi tepung limbah udang tidak kalah dengan bahan makanan lainnya. Tepung limbah udang lebih banyak mengandung protein dibandingkan susu skim dan mengandung asam amino esensial methionin dua kali lebih tinggi dibandingkan bungkil kedelai, tetapi lebih rendah daripada tepung ikan (Tabel 95) (Wanasuria 1990).

Tabel 95 Komposisi zat makan tepung ikan, limbah udang dan bungkil kedelai

Zat makanan	Tepung ikan	Tepung limbah udang	Bungkil kedelai
Abu (%)	13,76	18,65	6,75
Protein (%)	62,08	45,29	44
Serat kasar (%)	1,5	17,69	7,3
Lemak (%)	9,15	6,62	0,8
Kalsium (%)	3,52	7,76	0,29
Fosfor (%)	2,33	1,31	0,27
Energi bruto (kkal/kg)	4.706	3.577	2.230

Sumber: DLT (1993)



Gambar 117 Tepung limbah udang hasil pengolahan  
Sumber: [www.omikicau.com](http://www.omikicau.com)

Penggunaan limbah udang sebagai pakan dalam ransum unggas masih memiliki kelemahan. Limbah udang mengandung serat kasar dan kitin yang tinggi. Kandungan kitin limbah udang adalah sebanyak 23 - 30% (Hartadi *et al.* 1997).

Kandungan kitin yang tinggi menyebabkan limbah udang mempunyai pencernaan yang rendah. Oleh sebab itu, sebelum digunakan sebagai bahan pakan dalam ransum unggas, limbah udang harus mendapatkan penanganan dan pengolahan.

Perlakuan hidrolisis dan fermentasi adalah teknologi pengolahan yang dapat dilakukan pada limbah udang. Hidrolisis merupakan proses pemecahan senyawa dengan jalan mengikutsertakan air. Tujuan dilakukannya hidrolisis adalah untuk mendegradasi kitin sehingga kecernaannya meningkat (Batubara 2000).

Beberapa cara hidrolisis yang sudah dilakukan adalah menggunakan NaOH (Muzzarelli 1984 dalam Septinova *et al.* 2009), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Bastaman 1989) dan HCl (Sudibya 1998). Fermentasi adalah proses penguraian organik kompleks untuk menghasilkan energi melalui reaksi enzim. Fungi adalah salah satu mikroba yang dapat digunakan sebagai inokulum fermentasi, contohnya *Aspergillus niger* (Supriyati 2003).

Tabel 96 Kandungan zat-zat makanan tepung limbah udang tanpa olahan dan diolah dibandingkan tepung ikan

Nutrien	TLU tanpa diolah	TLU olahan	Tepung ikan (lokal)
Air (%)	8,96	14,6	8,21
Bahan kering (%)	91,04	86,4	91,79
Protein kasar (%)	39,62	39,48	49,81
Lemak (%)	5,43	4,09	4,85
Serat kasar (%)	21,29	18,71	1,78
Abu (%)	30,82	30,94	16,29
Kalsium (%)	15,88	14,63	3,17
Fosfor (%)	1,9	1,75	0,37
Kitin (%)	15,24	9,48	-
Metionina (%)	1,16	0,86	1,58
Lisin (%)	2,02	1,15	3,51
Triptopan (%)	0,53	0,35	0,59
Retensi nitrogen (%)	55,23	66,12	77,20
Energi metabolis (kkal/kg)	1.984,87	2.204,54	3.080,00
Kecernaan protein ( <i>in vitro</i> )	52,00	70,47	80,62

Keterangan: TLU: Tepung Limbah Udang

Sumber: Mirzah (2007)

### 9.3.1. Proses Pembuatan Tepung Limbah Udang

#### A. Teknik Hidrolisis

Proses pembuatan tepung limbah udang menggunakan cara hidrolisis termasuk ke dalam pengolahan secara kimia. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan HCl 6%, NaOH 3% dan H. Penelitian lain mengatakan bahwa pengolahan limbah udang secara hidrolisis juga dapat dilakukan menggunakan filtrat air abu sekam (AAS) (Mirzah 2007).

Hartati (2000) menjelaskan bahwa hidrolisis dengan AAS lebih menguntungkan dibandingkan dengan jenis alkali lainnya. AAS tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, tidak menimbulkan keracunan pada ternak dan mudah didapatkan dengan harga yang relatif murah. Berikut beberapa cara yang dapat dilakukan untuk membuat tepung limbah ikan dengan teknik hidrolisis.

### 1. Hidrolisis menggunakan Filtrat Air Abu Sekam

- Filtrat air abu sekam (AAS) sebagai larutan perendam dibuat dengan sekam padi yang telah diabukan secara sempurna dilarutkan dalam air bersih.
- Kemudian untuk memperoleh larutan abu sekam padi 10% maka dilarutkan 100 g abu sekam padi dalam 1 liter air bersih. Larutan ini dibiarkan selama 24 jam, lalu disaring filtratnya.
- Limbah udang yang sudah bersih direndam dengan filtrat abu sekam 10% selama 48 jam, kemudian ditiriskan. Selanjutnya limbah diambil sebanyak kurang lebih 1 kg dan dikukus masing-masing selama 45 menit.
- Limbah hasil kukusan selanjutnya didinginkan dan ditiriskan, kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Limbah kering ini kemudian digiling (Mirzah 2006a).

### 2. Hidrolisis menggunakan NaOH

Hidrolisis limbah udang menggunakan NaOH dapat dilakukan sesuai penelitian DLT (1997). Proses hidrolisis limbah udang sebagai berikut:

- Proses pembuatan limbah udang menjadi tepung dilakukan dengan cara merebus limbah udang dengan cairan NaOH 3% (3:2) selama satu jam.
- Limbah udang yang telah selesai direbus kemudian disaring untuk memisahkan padatan dan ekstrak limbah udang. Ekstrak kemudian diuapkan dan dikeringkan. Untuk mempercepat pengeringan, ekstrak dapat dicampur dengan *wheat pollard*.

## B. Teknik Fermentasi

Teknik fermentasi limbah udang merupakan teknik pengolahan limbah udang secara biologis. Fermentasi biasanya dilakukan dengan bantuan fungi untuk mengurangi kandungan kitin pada limbah udang. Fungi yang biasa digunakan yaitu *Aspergillus niger* (Djunaidi *et al.* 2009; Rosyidi 2009).

### 1. Fermentasi menggunakan *Aspergillus niger*

Proses fermentasi limbah udang dilakukan menggunakan fungi *Aspergillus niger*. Proses pembuatan mengacu pada penelitian Djunaidi *et al.* (2009) dan proses pembuatannya sebagai berikut:

- Limbah udang dikeringkan pada oven 55 °C selama 2 hari dan digiling dengan saringan ukuran 1,5 mm. Limbah udang kemudian disterilkan dengan *autoclave* selama 4 jam dan didinginkan.
- Pengembangan produksi biomassa sel (enzim protease) dilakukan dengan menggunakan media pertumbuhan untuk fungi *Aspergillus niger* yaitu glukosa 40 g; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,0 g; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1,5 g; MgSO<sub>4</sub> 1,0 g; *yeast extract* 1,5 g; limbah udang 3,5 g dan akuades 1.000 mL pada pH 7, selama 72 jam.
- Proses tersebut dilakukan pada alat *shaker bath*. Kemudian setelah selesai proses pertumbuhannya (72 jam), medium mikroba tersebut diinokulasi pada limbah udang dengan perbandingan 1 : 5 bobot kering bahan (v/w).
- Campuran limbah udang dan media mikroba tersebut kemudian diinkubasikan di inkubator pada suhu 30 °C, selama 72 jam. Setelah inkubasi selesai, LU hasil fermentasi tersebut dikeringkan pada oven 70 °C selama 48 jam.

### 9.3.2. Karakteristik Tepung Limbah Udang

Kualitas dan kandungan nutrisi limbah udang sangat tergantung pada proporsi bagian kepala dan cangkang udang. Bagian kepala lebih banyak mengandung protein dan lebih sedikit kitin dan bagian cangkang sebaliknya (Minoru *et al.* 2002). Selain itu, kualitas dan kandungan nutrisi dapat dipengaruhi oleh cara pembuatan tepung limbah udang.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Palupi (2007) yang melakukan hidrolisis menggunakan air abu sekam, didapatkan bahwa perendaman limbah udang dengan air abu sekam berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap kandungan protein kasar, serat kasar, lemak kalsium, kitin dan daya cerna protein. Tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan fosfor tepung limbah udang.

Pengolahan limbah udang yang direndam dengan filtrat air abu sekam 10% selama 48 jam dan dilanjutkan dengan pengukusan 45 menit dapat meningkatkan kualitas nilai gizi terutama daya cerna protein *in vitro* dari 52% menjadi 67,82% dan menurunkan kandungan kitin dari 15,58 menjadi 9,43% (Mirzah 2006a; Palupi 2007).

Pada penelitian Djunaidi dan Hardini (2014) yang melakukan fermentasi limbah udang menggunakan *Aspergillus oryzae*, didapatkan kandungan dan pencernaan BK (berat kering) limbah udang meningkat sebesar 9% setelah fermentasi, sedangkan kandungan abu, serat kasar, protein kasar dan lemak kasar menurun. Ketersediaan nutrisi limbah udang terfermentasi lebih baik dibandingkan sebelum fermentasi (Tabel 97).

Tabel 97 Pengaruh perendaman air abu sekam terhadap kualitas tepung limbah udang

Perlakuan	Bahan kering (%)	Protein kasar (%)	Lemak kasar (%)	Abu (%)	ME (kkal/kg)
Tanpa perlakuan	91,77	36,75	5,72	30,12	2.302
Direndam (48 jam dalam FAAS 10%)	90,55	36,28	5,26	30,28	2.311
Direndam dan dikukus 15 menit	87,59	31,65	4,59	30,88	2.150
Direndam dan dikukus 30 menit	86,01	29,94	4,48	31,22	2.091
Direndam dan dikukus 45 menit	85,54	28,33	4,18	32,18	2.072
Direndam dan dikukus 60 menit	85,24	25,52	3,9	34,48	1.949

Sumber: Mirzah (2006b)

Tabel 98 Kandungan nutrisi limbah udang dan hasil fermentasinya dengan *Aspergillus oryzae*

Nutrien (%)	Lama inkubasi (jam)			
	Kontrol	0	48	72
BK	91,20±0,51	93,49±0,38	93,91±0,03	94,30±0,17
Abu	21,77±0,21	21,34±0,06	21,41±0,05	21,88±0,42
Protein kasar	48,45±0,34	45,52±0,48	45,65±0,64	45,33±0,83
Serat kasar	13,82±0,17	13,56±0,25	13,53±0,17	13,78±0,19
Lemak kasar	16,00±0,39	15,12±0,45	15,46±0,71	15,16±0,40

Sumber: Djunaidi dan Hardini (2014)

### 9.3.3. Penggunaan Tepung Limbah Udang

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan tepung limbah udang sebagai bahan tambahan dalam pakan unggas seperti ayam pedaging (Fauzi 2005; Djuanidi *et al.* 2009; Septinova *et al.* 2009; Rosyidi 2009), itik (Juliambarwati 2012), ayam jantan petelur (DLT 2007), buras jantan (DLT 2007), dan sebagai pakan ikan nila (Hadi *et al.* 2009).

Pada ayam pedaging, penggunaan tepung limbah udang pada taraf tertentu dapat mempengaruhi performans dan bobot dari organ pencernaan ayam pedaging, meningkatkan bobot hidup, serta memperbaiki kondisi fisik dari daging ayam pedaging. Pada penelitian Djuanidi *et al.* (2009), didapatkan bahwa persentase karkas dan bobot organ pencernaan relatif tidak berbeda dibandingkan dengan tanpa penambahan limbah udang hasil fermentasi.

Tabel 99 Pengaruh pemberian tepung limbah udang fermentasi terhadap performans dan bobot organ pencernaan ayam pedaging

Parameter	Penambahan tepung limbah udang			
	0%	5%	7,5%	10%
Proventrikulus	0,45±0,04	0,47±0,14	0,50±0,08	0,53±0,02
<i>Gizzard</i>	3,11±0,27	2,03±0,25	2,44±0,05	2,45±0,22
Pankreas	0,25±0,00	0,22±0,06	0,28±0,03	0,29±0,05
Duodenum	0,81±0,14	0,97±0,07	0,90±0,05	0,88±0,08
Jejunum	1,80±0,15	1,73±0,79	2,16±0,57	1,72±0,33
<i>Ileum</i>	1,91±0,46	1,50±0,43	1,60±0,43	1,66±0,29
<i>Caeca</i>	0,51±0,05	0,69±0,01	0,54±0,08	0,56±0,08

Sumber: Djuanidi (2009)

Meskipun demikian, dibandingkan kontrol, bobot organ pencernaan ayam pedaging yang diberi perlakuan adalah lebih berat. Perlakuan LUF, bobot *gizzard* dan *ileum* lebih ringan dibandingkan dengan kontrol (Tabel 99). Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh kandungan serat kasar dan kitin limbah udang yang tinggi dan sulit dicerna, sehingga menyebabkan ukuran proventrikulus agak membesar dan dindingnya menebal.

Pankreas yang didapat sedikit lebih berat dibandingkan kontrol karena stimulasi pankreas untuk menghasilkan enzim pencerna serat dan kitin limbah udang. Keterbatasan pencernaan serat kasar dan kitin pada usus kemungkinan menyebabkan aktivitas pencernaan serat kasar dan kitin tersebut masih berlangsung sampai pada bagian *caeca*, sehingga menyebabkan bobot *caeca* lebih berat dibandingkan dengan kontrol.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Septinova *et al.* (2009) didapatkan bahwa penambahan limbah udang hasil pengolahan sebanyak 5% dalam ransum basal berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap bobot hidup, persentase *giblet*, persentase lemak abdominal ayam pedaging, namun tidak berpengaruh terhadap persentase karkas.

Tabel 100 Pengaruh penambahan tepung limbah udang terhadap bobot hidup, persentase *giblet*, persentase lemak abdominal dan persentase karkas ayam pedaging

Parameter	R0	R1	R2	R3	R4
Konsumsi ransum (g/ekor/minggu)	350,00	459,88	365,30	421,53	374,68
Bobot hidup (g)	410,00	800,00	517,50	641,25	527,50
Karkas (%)	62,25	69,09	68,58	67,88	65,61
<i>Giblet</i> (%)	7,52	5,73	5,77	5,54	6,56
Lemak abdominal (%)	1,15	1,37	0,68	0,69	1,37

Keterangan:

R0 = ransum basal+ 5% limbah udang tanpa pengolahan

R1 = ransum basal+5% limbah udang hidrolisat NaOH 3%

R2 = ransum basal+5% limbah udang hidrolisat HCl 6%

R3 = ransum basal+5% limbah udang hidrolisat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5%

R4 = ransum basal+5% limbah udang dengan hasil fermentasi dengan *Aspergillus niger*

Sumber: Septinova *et al.* (2009)

Pengaruh lain dari penggunaan tepung limbah udang adalah terhadap kualitas fisik daging ayam yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rosyidi (2009) yang menggunakan ayam pedaging, didapatkan peningkatan nilai susut masak dan penurunan *water holding capacity* (WHC) dan keempukkan pada daging ayam pedaging.

WHC merupakan kemampuan protein daging mengikat air di dalam daging, sehingga WHC ini dapat menggambarkan tingkat kerusakan



protein daging. Kecenderungan penurunan nilai WHC disebabkan oleh kandungan serat kasar pada limbah udang fermentasi (LUF).

Menurut Parakkasi (1990), peningkatan kandungan serat kasar dalam pakan dapat menyebabkan penurunan daya cerna, sehingga ayam pedaging kurang mampu memanfaatkan zat makanan. Hal tersebut menyebabkan kadar lemak turun, sehingga WHC turun, nilai susut masak naik dan daging semakin empuk (Rosyidi *et al.* 2009).

Tabel 101 Pengaruh penambahan limbah udang fermentasi terhadap kualitas fisik daging ayam pedaging

Perlakuan	WHC (%)	Susut masak (%)	Keempukan daging (N)
Tanpa LUF	38,84	27,89	13,47
LUF 5%	25,66	27,38	16,2
LUF 7,5%	36,9	07,55	15,23
LUF 10%	25,74	25,35	15,8
LUF 12,5%	27,48	26,77	16,07

Sumber: Rosyidi (2009)

## Daftar Pustaka

- Bastaman S. 1989. Studies on degradation extraction of chitin and chitosan from prawn shell [Tesis]. Belfast (GB): The Queen's University.
- Batubara Z. 2000. Limbah udang sebagai sumber protein pintas rumen [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Djunaidi IF, Yuwanta T, Supadmo, Nurcahyanto M. 2009. Pengaruh penggunaan limbah udang hasil fermentasi dengan *Aspergillus niger* terhadap performans dan bobot organ pencernaan broiler. *JITV* 14(2): 104-9.
- Djunaidi IH, Hardini. 2014. Kandungan nutrisi dan pencernaan bahan kering *in-vitro* limbah udang hasil fermentasi dengan *Aspergillus oryzae*. *Jurnal Ilmu Peternakan* 20(2): 31-5.
- DLT FG. 1993. Pengaruh pemberian tepung dan ekstrak limbah udang terhadap performans ayam jantan petelur dan buras jantan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fauzi A. 2005. Pengaruh pemberian kepala udang dalam ransum terhadap kandungan lemak dan kolesterol daging serta persentase organ dalam ayam broiler [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hadi M, Agustono, Cahyoko Y. 2009. Pemberian tepung limbah udang yang difermentasi dalam ransum pakan buatan terhadap laju pertumbuhan, rasio konversi pakan dan kelangsungan hidup benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Surabaya (ID): Universitas Airlangga.
- Hartadi H, Reksohadiprodjo S, Tillman AD. 1997. Tabel komposisi pakan untuk Indonesia. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Hartati. 2000. Pengaruh lama perendaman tandan kosong sawit dengan air abu sekam terhadap kandungan NDF, ADF, hemiselulosa dan PK [Skripsi]. Padang (ID): Universitas Andalas.
- Haryanto D. 1991. Kepala udang sebagai bahan campuran ransum itik. *Poultry Indonesia* 141: 17-8.
- <http://www.poultryindonesia.com/5/09/2008>. 1 hal.
- Juliambawati M, Ratriyanto A, Hanifa A. 2012. Pengaruh penggunaan tepung limbah udang dalam ransum terhadap kualitas telur itik. *Sains Peternakan* 10(1): 1-6.
- Minoru M, Hiroyuki S, Yoshihiro S. 2002. Control of function chitine and chitosan by chemical modification. Mini review, in *Trends. Glycosci Glycotech* 14: 205-22.
- Mirzah. 2006a. Pengaruh pengukusan terhadap kualitas protein limbah udang yang telah direndam dengan filtrat abu sekam. *Jurnal Peternakan Indonesia* 11(2): 141-50.
- Mirzah. 2006b. Efek pemanasan limbah udang yang direndam dalam air abu sekam terhadap kandungan nutrisi dan energi metabolis pakan. *Jurnal Peternakan* 3(2): 47-54.

- Mirzah. 2007. Penggunaan tepung limbah udang yang diolah dengan filtrat air abu sekam dalam ransum ayam broiler. *Media Peternakan* 30(3):189-97.
- Palupi R. 2007. Pengaruh pengolahan limbah udang terhadap nilai gizi dan daya cerna proteinnya. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2007*: 861-8.
- Parakkasi A. 1990. Ilmu gizi dan makanan monogastrik. Bandung (ID): Angkasa.
- Poultry Indonesia. 2007. Limbah udang pengganti tepung ikan.
- Rosyidi D, Susilo A, Muhibianto R. 2009. Pengaruh penambahan limbah udang fermentasi *Aspergillus niger* pada pakan terhadap kualitas fisik daging ayam broiler. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak* 4(1): 1-10.
- Septinova D, Kurtini T, Purwaningsih N, Riyanti. 2009. Pemanfaatan limbah udang terolah dalam ransum terhadap bobot hidup, karkas, giblet dan lemak abdominal broiler. *J Indon Trop Anim Agric* 34(2): 122-6.
- Sudibya. 1998. Manipulasi kadar kolesterol dan asam lemak omega-3 telur ayam melalui penggunaan kepala udang dan minyak lemuru [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Supriyati. 2003. Onggok terfermentasi dan pemanfaatannya dalam ransum ayam ras pedaging. *JITV* 8(3).146-50.
- Wanasuria S. 1990. Tepung kepala udang dalam pakan broiler. *Poult. Indonesia*. 122: 19-21.



## TENTANG PENULIS



**Arief Sabdo Yuwono** lahir di Magetan, Jawa Timur pada 21 Maret 1966. Pendidikan dasar hingga menengah ditempuh di kota kelahirannya tersebut, sedangkan tingkat sarjana diselesaikan di Institut Pertanian Bogor (IPB) pada Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian (Fateta) tahun 1989. Pada bulan Januari-Desember 1992 mengikuti pelatihan bidang *Environmental Control Engineering in Agriculture* di *University of Tokyo* dan *University of Kochi*, Japan atas sponsor JICA (Japan International Cooperation Agency). Pada tahun 1994-1996 menempuh pendidikan tingkat master di *Centre for Environmental Sanitation (CES)*, *University of Ghent*, Belgium atas sponsor ABOS (*Algemeen Bestuur voor Ontwikkelingssamenwerking*) dan memperoleh gelar **Master of Science in Environmental Sanitation** dengan predikat *Great Distinction*. Pendidikan strata S3 (doktor) ditempuh di dua institut, yaitu *Institut für Landtechnik* dan *Center for Development Research (Zentrum für Entwicklungsforschung, ZEF)*, *University of Bonn*, Germany, atas sponsor DAAD (*Deutscher Akademischer Austauschdienst*) pada tahun 1999-2003. Sejak akhir tahun 2003 hingga 2008 kembali mengajar di Jurusan Teknik Pertanian Fateta IPB dan kemudian pada tahun 2008 pindah ke Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan (SIL), Fateta IPB. Penulis aktif dalam banyak kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi di berbagai tempat di Indonesia. Mata kuliah tingkat sarjana (S1) yang diampu antara lain adalah Teknik Pengelolaan Kualitas Udara, Teknik Sanitasi Lingkungan, dan Pengantar *Life Cycle Analysis (LCA)*. Pada tingkat pasca sarjana (S2 dan S3) mata kuliah yang diampu adalah Polusi dan Sanitasi Lingkungan, Bangunan dan Lingkungan, serta Teknologi Pengolahan Limbah Pertanian. Penulis telah terlibat dalam seratus kegiatan pengabdian pada masyarakat, baik sebagai ketua, maupun anggota tim konsultan lingkungan atau sebagai narasumber bidang pengelolaan kualitas udara, kebisingan, dan sanitasi lingkungan. Pada tahun 2014 penulis terpilih menjadi Dosen Berprestasi Pertama di Fateta IPB dan kemudian menjadi Dosen Terbaik ke-3 di IPB. Pada tahun yang sama penulis juga terpilih sebagai Dosen Peneliti Terbaik di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fateta IPB. Lebih dari 60 artikel ilmiah

telah dipublikasikan dalam berbagai bentuk (prosiding, jurnal nasional dan internasional). Sejak awal 2015 penulis menjabat sebagai *Deputy Director for Resource Management* di SEAMEO BIOTROP (South East Asian Regional Centre for Tropical Biology). Beberapa buku yang telah selesai ditulis dan terbit adalah **Lingkungan dan Bangunan Pertanian** (2014), **Penuntun Praktikum Teknik Pengelolaan Kualitas Udara** (2014), serta **Pengelolaan Kualitas Udara dan Kebisingan untuk Kesehatan Masyarakat dan Konservasi Lingkungan** (2015).



**Yoga Armando** dilahirkan di Kota Batam, Kepulauan Riau, pada tanggal 29 November 1994. Pendidikan dasar hingga menengah ditempuh di kota kelahirannya tersebut. Tingkat sarjana diselesaikan pada Program Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2016 dengan predikat *Cum Laude*. Selama masa kuliah, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi, kepanitiaan serta pelatihan. Pada tahun 2012 – 2013, penulis aktif sebagai anggota klub asrama *Mega Entrepreneur* ketika masih kuliah pada Tingkat Persiapan Bersama (TPB). Setelah memasuki fakultas, penulis aktif pada organisasi Dewan Perwakilan Mahasiswa Fateta (DPM-F) pada tahun 2013 – 2014 dan tahun 2014 – 2015 sebagai staff komisi 1. Penulis mengikuti kepanitiaan Masa Perkenalan Fakultas (MPF) Fateta pada tahun 2014 dan menjadi panitia Masa Perkenalan Himpunan (MPH) Himatesil (Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan) di tahun yang sama. Di tahun 2015, penulis menjadi anggota Divisi Logistik dan Transportasi pada lokakarya organisasi mahasiswa (Ormawa) tingkat kampus dan menjabat sebagai ketua Divisi Logistik dan Transportasi pada kegiatan lokakarya Ormawa tingkat fakultas. Pada tahun 2015, penulis juga menjadi panitia pada acara ICEF (*Indonesian Civil dan Environmental Festival*) yang diselenggarakan oleh Himatesil. Pada tahun 2013, penulis mengikuti pelatihan AutoCAD yang diselenggarakan oleh pihak Himatesil. Pada tahun 2015, penulis mengikuti pelatihan pelaksana lapangan pekerjaan bangunan irigasi yang dilaksanakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat serta pelatihan softskill: *public speaking*, etika dan *manner*, *personal branding*, *service excellent* dan teknik wawancara yang diselenggarakan oleh Direktorat Pengembangan Karir dan Hubungan Alumni (DPKHA) IPB. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Hidrolika serta melakukan praktek lapang (PL) di PT Adhya Tirta Batam yang merupakan perusahaan penyedia air bersih di Kota Batam pada tahun 2015.





# Pengolahan dan Pemanfaatan LIMBAH PERTANIAN

Sebagian besar isi buku ini pada dasarnya merupakan kompilasi atau kumpulan hasil penelitian tentang pengolahan limbah pertanian yang telah dilakukan oleh banyak peneliti, dosen, dan mahasiswa di Indonesia. Pertanian yang dimaksud dalam buku ini tidak hanya bermakna pertanian tanaman, melainkan juga bidang cakupan “pertanian” dalam arti luas yang meliputi perikanan, peternakan, kehutanan, beserta pengolahan hasilnya. Kompilasi tulisan dilakukan dengan pengelompokan berdasar komoditi di mana pada setiap komoditi ini diuraikan aspek-aspek karakteristik limbahnya, proses pengolahan yang dilakukan serta pemanfaatan limbah tersebut. Dengan demikian, sebagai contoh, uraian tentang karakteristik limbah ikan antara lain terdiri dari karakteristik jeroan ikan, isi perut ikan, tepung tulang ikan, dan limbah cair pengolahan ikan, sedangkan beberapa contoh pemanfaatan limbah ikan antara lain berupa silase limbah ikan, kecap ikan, tepung tulang ikan, gelatin dari tulang ikan, pupuk cair dari instalasi pengolahan ikan, dan lain-lain. Dengan cara yang sama, aspek-aspek yang dicakup dari pengolahan dan pemanfaatan limbah singkong, misalnya, terdiri dari pemanfaatan kulit singkong, fermentasi kulit singkong, karakteristik kulit singkong, dan pemanfaatan kulit singkong sebagai pakan unggas. Demikian juga bila yang dibahas adalah tentang limbah ternak, maka uraian yang dicakup adalah pemanfaatan limbah ternak menjadi biogas, teknologi fermentasinya, proses pembuatan biogas, pemanfaatan urin sapi menjadi pupuk cair organik, serta karakteristik pupuk cair organik dari urin sapi. Uraian dibuat secara sederhana sehingga pembaca yang mempunyai minat dalam bidang pemanfaatan limbah pertanian dapat melakukan pengolahan atau pemanfaatan sesuai dengan referensi yang diacu.



Published by  
SEAMEO BIOTROP  
Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology  
Bogor, Indonesia  
[www.biotrop.org](http://www.biotrop.org)

ISBN 978-979-6275-51-7

