MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI BIOMASSA

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan

KELOMPOK KOMPETENSI

8

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI BIOMASSA

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

Penyusun:

Tim PPPPTK

BMTI

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN

2015

KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasi perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabaran Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR v

DAFTAR TABEL viii

BAB I Pendahuluan 1

A. Latar Belakang 1

B. Tujuan 2

C. Peta Kompetensi 3

D. Ruang Lingkup 3

E. Saran Cara Penggunaan Modul 4

BAB II Kegiatan Pembelajaran 5

Kegiatan Pembelajaran 1 PENGEMBANGAN EVALUASI PEMBELAJARAN 5

A. Tujuan 5

B. Indikator Pencapaian Kompetensi 5

C. Uraian Materi 6

D. Aktivitas Pembelajaran 55

E. Rangkuman 57

F. Tes Formatif 58

G. Kunci Jawaban 60

Kegiatan Pembelajaran 2 Pemipaan Dengan Tekanan Tinggi Dan Rendah 72

A. Tujuan Pembelajaran 72

B. Indikator Pencapaian Komptensi 72

C. Uraian Materi 72

D. Aktivitas Pembelajaran 81

E. Rangkuman 84

F. Tes Formatif 84

G. Kunci Jawaban 84

Kegiatan Pembelajaran 3 Sambungan Pipa Dan Komponennya 86
A. Tujuan Pembelajaran 86
B. Indikator Pencapaian Kompetensi 86
C. Uraian Materi 86
D. Aktivitas Pembelajaran 95
E. Rangkuman 97
F. Tes Formatif 98
G. Kunci Jawaban 99
Kegiatan Pembelajaran 4 Bahan Dan Sambungan Pipa 100
A. Tujuan Pembelajaran 100
B. Indikator Pencapaian Kompetensi 100
C. Uraian Materi 100
D. Aktivitas Pembelajaran 138
E. Rangkuman 141
F. Tes Formatif 142
G. Kunci Jawaban 144
Kegiatan Pembelajaran 5 Sambungan Pipa Dan Komponen Instalasi Pipa 145
A. Tujuan Pembelajaran 145
B. Indikator Pencapaian Kompetensi 145
C. Uraian Materi 145
D. Aktivitas Pembelajaran 177
E. Rangkuman 180
F. Tes Formatif 182
G. Kunci Jawaban 184
Kegiatan Pembelajaran 6 PLTU 185
A. Tujuan 185
B. Indikator Pencapaian Kompetensi 185
C. Uraian Materi 185
D. Aktifitas Pembelajaran 217
E. Rangkuman 218

F. Tes Formatif 218
G. Kunci Jawaban 219
H. LEMBAR KERJA KB-6 221
Kegiatan Pembelajaran 7 PLT POME Kelapa Sawit 223
A. Tujuan 223
B. Indikator Pencapaian Kompetensi 223
C. Uraian Materi 223
D. Aktifitas Pembelajaran 241
E. Rangkuman 241
F. Tes Formatif 242
G. Kunci Jawaban 243
H. LEMBAR KERJA KB-7 244
Kegiatan Pembelajaran 8 PLT Biomassa 246
A. Tujuan 246
B. Indikator Pencapaian Kompetensi 246
C. Uraian Materi 246
D. Aktifitas Pembelajaran 265
E. Rangkuman 265
F. Tes Formatif 266
G. Kunci Jawaban 267
H. LEMBAR KERJA KB-8 268
BAB III Penutup 270
Uji Kompetensi 270
Daftar Pustaka 273
Glosarium 274

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis pipa baja karbon 76
Gambar 2. 2 Ilustrasi pembuatan seamless pipe 77
Gambar 2. 3 Manufaktur seamless pipe di pabrik 77
Gambar 2. 4 Fabrikasi pip*a straight welded pipe* 78
Gambar 2. 5 Pipa *straight welded* 78
Gambar 2. 6 Skema pembuatan pipa spiral 79
Gambar 2. 7 Manufaktur *spiral pipe* 79

Gambar 4. 1 Sistem sambungan solder 108
Gambar 4. 2 Sambungan cabang 113
Gambar 4. 3 Alat penyambung pipa 115
Gambar 4. 4 Sambungan solder spigot 115
Gambar 4. 5 Sambungan Pipa Tembaga 116
Gambar 4. 6 Sambungan soket union 120
Gambar 4. 7 Sambungan pipa polythene 121
Gambar 4. 8 Sambungan pipa baja 122
Gambar 4. 9 Memasang pipa timah hitam 124
Gambar 4. 10 Penggantung dan penumpu bagian bawah pipa tekak 127
Gambar 4. 11 Penggantung pipa 129
Gambar 4. 12 Penggantung pipa-pipa tunggal 130
Gambar 4. 13 Cara-cara pengantung atau menumpu pipa bersama 131
Gambar 4. 14 Perlindungan pipa bawah tanah 134
Gambar 4. 15 Perlindungan pipa pada dinding 138

Gambar 5. 1 Pemasangan Elbow 146
Gambar 5. 2 Long *Radius* 146
Gambar 5. 3 *Radius* 147
Gambar 5. 4 Elbow (*Weld*) 148
Gambar 5. 5 Elbow 90 derajat 148
Gambar 5. 6 Tee 148
Gambar 5. 7 *Stub-in* 150
Gambar 5. 8 Pemasangan *Stub-in* 150
Gambar 5. 9 Pemasangan *Stub-in* 151
Gambar 5. 10 *Reducer* 152
Gambar 5. 11 *Cap* 153
Gambar 5. 12 *Fitting make-up* 153

Gambar 5. 13 Penentuan panjang pipa 155
Gambar 5. 14 Swage 156
Gambar 5. 15 Ukuran Diamater luar-dalam pipa..... 157
Gambar 5. 16 Ketebalan pipa 158
Gambar 5. 17 Teknik Penggambaran Pipa 159
Gambar 5. 18 Penyimpanan Pipa..... 161
Gambar 5. 19 Macam-macam Sambungan pipa..... 161
Gambar 5. 20 *Seamless Drawing Steel Pipe*..... 165
Gambar 5. 21 *Lap Welded Steel Pipe* 165
Gambar 5. 22 *Electric Resistence Welded Steel Pipe* 166
Gambar 5. 23 *Seamless Drawn Pipe* 166
Gambar 5. 24 Baja *Schedule 40*..... 167
Gambar 5. 25 Pip*a Galvanis*..... 168
Gambar 5. 26 Separator..... 173
Gambar 5. 27 Hydrosphore..... 175
Gambar 5. 28 Kondensator pada Instalasi Pendingin 176

Gambar 6. 1 T-s untuk air..... 186
Gambar 6. 2 h-s diagram untuk air 187
Gambar 6. 3 Bagian-bagian T-s diagram 188
Gambar 6. 4 Proses pemanasan air dari 18 ^{o}C - 230 ^{o}C pada tekanan 1 atm 189
Gambar 6. 5 Skema siklus Rankine ideal sederhana..... 192
Gambar 6. 6 Diagram T-s untuk siklus Rankine ideal sederhana 192
Gambar 6. 7 Siklus rankine sederhana..... 204
Gambar 6. 8 Hubungan antara suhu dan entalpi..... 204
Gambar 6. 9 Siklus rankine dengan *preheater* dan *reheater* 206
Gambar 6. 10 Diagram temperatur-entropi untuk modifikasi siklus rankine..... 207
Gambar 6. 11 Konstruksi PLTU..... 213

Gambar 7. 1 Proses pengolahan limbah cair kelapa sawit memproduksi gas metana 226
Gambar 7. 2 Biogas dari POME 226
Gambar 7. 3 Kesetaraan Biomassa dan Energi dalam Proses Pengolahan Sawit di 230
Gambar 7. 4 Konversi biogas ke energi listrik..... 233
Gambar 7. 5 *Smart Grid* 237

Gambar 8. 1 Kumpulan Sampah Organik dan Non Organik..... 252
Gambar 8. 2 Reaktor Gasifier..... 254
Gambar 8. 3 Bagan Proses Gassification..... 255
Gambar 8. 4 Proses Gassification..... 256

Gambar 8. 5 Bagan Proses Anaerobic Digestion 257
Gambar 8. 6 Bagan Proses Landfill 258
Gambar 8. 7 Penyedotan Kayu Sisa ke mesin Pembakaran 260
Gambar 8. 8 Skema Proses Penggasan Sampah 261
Gambar 8. 9 Instalasi Biogas 264
Gambar 8. 10 Sistem Pembangkit Energi Biomassa Secara Konvensional 264

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Berat minimum pipa timah hitam.(dalam lb/yd) 102
Tabel 4. 2 Diameter pipa 106

Tabel 5. 1 Penggunaan Ukuran Sambungan Pipa 154
Tabel 5. 2 Penggunaan Ukuran Sambungan Pipa 155
Tabel 5. 3 Diameter Nomila Pipa 158
Tabel 5. 4 Ukuran Pipa dalam NPS dan DN 159

Tabel 6. 1 Uap jenuh variabel tetap temperatur air 196
Tabel 6. 2 Uap jenuh variabel tetap temperatur air lanjutan 197
Tabel 6. 3 Uap panas dengan variabel tetap tekanan 198
Tabel 6. 4 Uap panas dengan variabel tetap tekanan lanjutan 199
Tabel 6. 5 Untuk air yang sangat panas 200
Tabel 6. 6 Untuk air yang sangat panas lanjutan 201
Tabel 6. 7 Untuk air yang sangat panas lanjutan 202
Tabel 6. 8 Untuk air yang sangat panas lanjutan 203

Tabel 7. 1 Potensi listrik dari limbah cair kelapa sawit berdasarkan kapasitas pabrik . 225
Tabel 7. 2 Komposisi biogas POME 231
Tabel 7. 3 Dasar Asumsi Konversi Biogas kelistrik 233
Tabel 7. 4 Estimasi POME Dihasilkan 234
Tabel 7. 5 *Relative size of distributed* 236
Tabel 7. 6 Teknologi *distributed generation* 238
Tabel 7. 7 Contoh proyeksi kebutuhan listrik provinsi riau 240

BAB I

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Tingkat kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan perkembangan pembangunan yang pesat, terutama menyangkut energi listrik dan energi dari bahan bakar. Berkaitan dengan pemenuhan energi listrik, tingkat elektrifikasi di Indonesia masih jauh dari 100 persen, demikian juga untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar masih terjadi kekurangan. Oleh karena itu perlu dilakukan diversifikasi energi dan konservasi energi untuk pemenuhan dan pemerataan energi di Indonesia. Modul ini akan memberi wawasan mengenai hal tersebut.

Modul ini memuat secara menyeluruh mengenai tahapan pengelolaan energi. Tahapan pengelolaan energi tersebut terdiri dari: penyediaan energi, pengusahaan energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi. Dengan demikian pengetahuan yang komprehensif mengenai konservasi energi dan lingkungan dapat dicapai.

Modul ini dirancang agar guru mampu memahami teknik konversi energi yang bersumber pada sumber daya alam yang dapat diperbaharui yang ramah lingkungan, serta mampu mengenali langkah-langkah penghematan energi pada berbagai peralatan dan fasilitas.

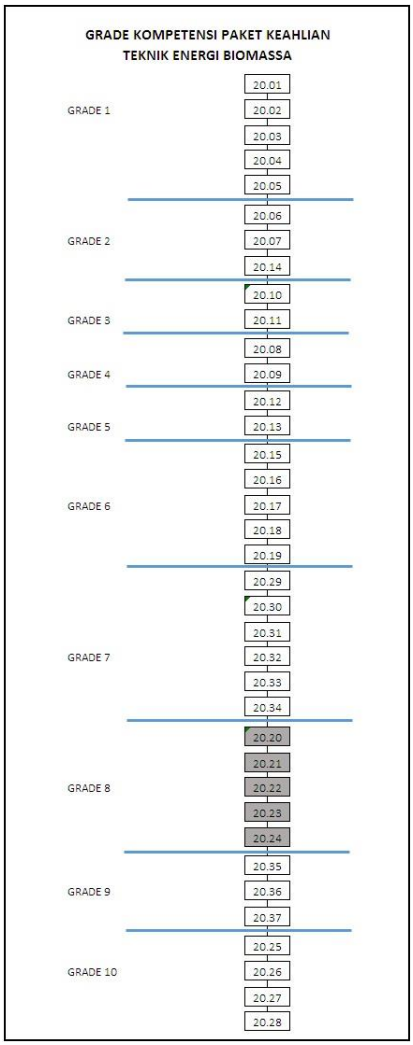
Uraian dalam modul ini selain menekankan pada aspek produksi energi juga mempelajari konservasi energi dan lingkungan. Perlunya konservasi energi dan lingkungan berkaitan dengan pilihan sumber daya dalam produksi energi, dan upaya-upaya dalam melestarikan sumber energi. Produksi energi tanpa memperhatikan konservasi energi dan lingkungan hanya akan menimbulkan pemborosan energi dan kerusakan lingkungan. Buku ini memberi wawasan penyeimbang dalam produksi energi.

B. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat mampu:

1. Memahami semua proses pemipaan untuk pipa bertekanan, menyangkut seluruh aspek, mulai peralatan, bahan, dan tekniknya.
2. Mengerti dan memahami tentang PLTU.
3. Mengerti dan memahami tentang PLT POME.
4. Mengerti dan memahami tentang PLT Biomassa.

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

Modul ini membahas mengenai hal-hal yang berkaitan dengan pembuatan konstruksi pembangkit listrik tenaga biomassa. Pemipaan menjadi salah satu komponen yang utama dalam konstruksi ini. Selanjutnya dibahas mengenai PLTU, karena pada umumnya PLT POME dan PLT Biomassa memanfaatkan turbin uap.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Penjelasan bagi peserta diklat tentang tata cara belajar dengan bahan ajar/modul bahan ajar, tugas-tugas peserta diklat antara lain:

1) Modul ini dirancang sebagai bahan pembelajaran dengan pendekatan peserta diklat aktif.
2) Guru berfungsi sebagai fasilitator.
3) Penggunaan modul ini dikombinasikan dengan sumber belajar yang lainnya.
4) Pembelajaran untuk pembentukan sikap spiritual dan sosial dilakukan secara terintegrasi dengan pembelajaran kognitif dan psikomotorik.
5) Lembar tugas peserta diklat untuk menyusun pertanyaan yang berkaitan dengan isi buku memuat (apa, mengapa dan bagaimana).
6) Tugas membaca bahan ajar/modul secara mendalam untuk dapat menjawab pertanyaan. Apabila pertanyaan belum terjawab, maka peserta diklat dipersilahkan untuk mempelajari sumber belajar lainnya yang relevan.

BAB II

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Pembelajaran 1 PENGEMBANGAN EVALUASI PEMBELAJARAN

A. Tujuan

Tujuan dari penulisan materi dalam modul ini adalah:

1. Melalui membaca peserta diklat dapat menjelaskan tentang prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan santun;
2. Melalui diskusi kelompok peserta diklat dapat mengidentifikasi aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi dengan teliti;
3. Melalui tanya jawab peserta diklat dapat menentukan prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan percaya diri;
4. Melalui contoh peserta diklat dapat mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan penuh tanggungjawab;
5. Melalui kegiatan praktek peserta diklat dapat mengadministrasikan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar secara rinci;
6. Melalui data yang diperoleh peserta diklat dapat menganalisis hasil penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan cermat;
7. Melalui berbagai instrumen peserta diklat dapat melakukan evaluasi proses dan hasil belajar dengan konsisten.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Dapat menjelaskan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
2. Dapat mengidentifikasi aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi;
3. Dapat menentukan prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
4. Dapat mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;

5. Dapat mengadministrasikan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
6. Dapat menganalisis hasil penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
7. Dapat melakukan evaluasi proses dan hasil belajar.

C. Uraian Materi

Assesment pembelajaran merupakansalah satu bagian penting pada pelaksanaan pembelajaran.Pelaksanaan *assessment* pembelajaran guru dihadapkan pada tiga istilah yang sering dikacaukan pengertiannya atau bahkan sering pula digunakan secara bersama yaitu istilah pengukuran, penilaian dan evaluasi.*Measurement* atau pengukuran diartikan sebagai proses untuk menentukan luas atau kuantitas sesuatu (Wondt, Edwin and G.W. Brown, 1957:1), dengan pengertian lain pengukuran adalah suatu usaha untuk mengetahui keadaan sesuatu seperti adanya yang dapat dikuantitaskan, hal ini dapat doperoleh dengan jalan tes atau cara lain. Penilaian dalam konteks hasil belajar diartikan sebagai kegiatan menafsirkan data hasil pengukuran tentang kecakapan yang dimiliki siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran.

Evaluasi dan penilaian lebih bersifat komprehensif yang meliputi pengukuran , sedangkan tes merupakan salah satu alat (instrument) pengukuran. Pengukuran lebih memebatasi kepada gambaran yang bersifat kuantitatif (angka-angka) tentang kemajuan belajar peserta didik (learning progres), sedangkan evalusi dan penilaian lebih bersifat kualitatif. Di samping itu, evaluasi dan penilaian pada hakikatnya merupakan suatu proses membuat keputusan tentang nilai suatu objek. Keputusan penilaian (*value judgemen*) tidak hanya didasarkan kepada hasil pengukuran (*quantitativ description*), tetapi dapat pula didasarkan kepada hasil pengamatan dan wawancara (*quqlitatif description*).

Implementasi Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan dan Permendiknas Nomor 20 Tahun 2007 tentang Standar Penilaian Pendidikan membawa implikasi terhadap sistem penilaian, termasuk model dan teknik penilaian proses dan hasil belajar peserta didik.

Sejalan dengan itu berdasarkan permendiknas nomor 16 tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru, salah satu kompetensi inti yang harus

dikuasai guru adalah mampu menyelengarakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar. Untuk melalukan kegiatan tersebut maka setiap guru mata pelajaran harus memiliki kompetensi dalam: 1) Memahami prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu, 2) Menentukan aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu, 3) Menentukan prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, 4) Mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, 5) Mengadministrasikan penilaian proses dan hasil belajar secara berkesinambungan dengan mengunakan berbagai instrumen, 6) Menganalisis hasil penilaian proses dan hasil belajar untuk berbagai tujuan, 7) Melakukan evaluasi proses dan hasil belajar.

Perubahan Kurikulum 2013 berwujud pada perubahan kompetensi lulusan, isi, proses dan penilaian. Elemen utama perbaikan kurikulum 2013 dalam reformasi penilaian dengan penerapan *authentic assesment* atau penilaian autentik, dan perubahan pada penulisan buku rapor.

Penilaian autentik meruan suatu pendekatan penilaian yang memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas atau masalah, dengan mengekspresikan pengetahuan dan keterampilan serta sikapnya sesuai kaidah-kaidah yang berlaku di dunia nyata atau dunia kerja. Penilaian autentik berdampak terhadap perlunya perubahan/penyesuaian terhadap teknik, dan instrumen serta proses penilaian yang dilakukan selama ini. Penerapan penilaian autentik ini dapat dilakukan oleh guru secara sendiri, guru secara tim, atau guru bekerja sama dengan peserta didik. Dalam penilaian autentik sering kali pelibatan peserta didik sangat penting. Asumsinya peserta didik dapat melakukan aktivitas belajar lebih baik ketika mereka tahu bagaimana mereka akan dinilai.

Penilaian pembelajaran terhadap kompetensi siswa meliputi penilaian proses dan hasil belajar. Penilaian proses pembelajaran dilakukan selama pembelajaran berlangsung pada setiap pertemuan dan beberapa pertemuan berikutnya sampai selesai dipelajarinya satu kompetensi dasar oleh siswa. Penilaian proses pada setiap pertemuan dapat dilakukan pada wal, tengah atau akhir pertemuan. Hasil penilaian

proses pembelajaran yang dilakukan pada setiap pertemuan memberi gambaran tentang hasil sementara dari siswa pada pertemuan itu. Hasil penilaian ini menjadi acuan bagi guru dalam menentukan langkah pembelajaran pada pertemuan berikutnya. Dengan hasil itu guru dapat memutuskan tentang kelanjutan dari rencana pembelajaran yang telah disiapkan,dapat diteruskan, dilakukan penyesuaian atau bahkan pengubahan.

Penilaian hasil pembelajaran dilakukan minimal setelah satu kompetensi dasar dipelajari. Bila muatan materi pada satu kompetensi dasar cukup padat, penilaian hasil dapat dilakukan lebih dari satu kali. Fokus penilaian tidak harus pada semua indikatorpencapaian kompetensi yang telah ditetapkan, namuan dapat dipilih yang berkenaan dengan indikator esensial dan mencerminkan hasil akhir pencapaian kompetensi dasarnya.

1. Prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, pendidik perlu memperhatikan prinsip-prinsip penilaian sebagai berikut:

Valid/sahih

Penilaian hasil belajar oleh pendidik harus mengukur pencapaian kompetensi yang ditetapkan dalam standar isi (standar kompetensi dan kompetensi dasar) dan standar kompetensi lulusan. Penilaian valid berarti menilai apa yang seharusnya dinilai dengan menggunakan alat yang sesuai untuk mengukur kompetensi.

Objektif

Penilaian hasil belajar peserta didik hendaknya tidak dipengaruhi oleh subyektivitas penilai, perbedaan latar belakang agama, sosial-ekonomi, budaya, bahasa, gender, dan hubungan emosional.

Transparan/terbuka

Penilaian hasil belajar oleh pendidik bersifat terbuka artinya prosedur penilaian, kriteria penilaian dan dasar pengambilan keputusan terhadap hasil belajar peserta didik dapat diketahui oleh semua pihak yang berkepentingan.

Adil

Penilaian hasil belajar tidak menguntungkan atau merugikan peserta didik karena berkebutuhan khusus serta perbedaan latar belakang agama, suku, budaya, adat istiadat, status sosial ekonomi, dan gender.

Terpadu

Penilaian hasil belajar oleh pendidik merupakan salah satu komponen yang tak terpisahkan dari kegiatan pembelajaran.

Menyeluruh dan berkesinambungan

Penilaian hasil belajar oleh pendidik mencakup semua aspek kompetensi dengan menggunakan berbagai teknik penilaian yang sesuai, untuk memantau perkembangan kemampuan peserta didik.

Sistematis

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilakukan secara berencana dan bertahap dengan mengikuti langkah-langkah baku.

Akuntabel

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dapat dipertanggungjawabkan, baik dari segi teknik, prosedur, maupun hasilnya.

Beracuan kriteria

Penilaian hasil belajar oleh pendidik didasarkan pada ukuran pencapaian kompetensi yang ditetapkan.

2. Aspek-Aspek penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Aspek atau sasaran evaluasi adalah sesuatu yang sesuatu yang dijadikan titik pusat perhatian yang akan diketahui statusnya berdasarkan pengukuran. Dalam dunia pendidikan, ada tiga aspek yang menjadi sasaran evaluasi pembelajaran, yaitu aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Ranah Kognitif

Aspek atau domain kognitif adalah ranah yang mencakup kegiatan mental (otak). Menurut Bloom, segala upaya yang menyangkut otak adalah termasuk dalam ranah kognitif. Dalam ranah kognitif terdapat enam jenjang proses berpikir, mulai dari jenjang terendah sampai dengan jenjang yang paling tinggi.

Keenam jenjang dmaksud adalah (1) pengetahuan, hafalan, ingatan (*knowledge*), (2) pemahaman (*comprehension*), (3) penerapan (*application*), (4) analisis (*analysis*), (5) sintesis (*synthesis*), dan (6) penilaian (*evaluation*).

1) **Pengetahuan** adalah kemampuan seseorang untuk mengingat-ingat kembali (*recall*) atau mengenali kembali tentang nama, istilah, ide, gejala, rumus-rumus, dan lain-lain tanpa mengharapkan kemampuan untuk menggunakannya. Pengetahuan atau ingatan ini merupakan tingkat berpikir yang paling rendah. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada jenjang pengetahuan adalah peserta didik dapat menghafal surat al-'Ashr, menerjemahkan dan menuliskannya kembali secara baik dan benar, sebagai salah satu materi pelajaran kedisiplinan yang diberikan guru Pendidikan Agama Islam di sekolah. Contoh lainnya, peserta didik dapat mengingat kembali peristiwa kelahiran Rasulullah saw.

2) **Pemahaman** adalah kemampuan seseorang untuk mengerti dan memahami sesuatu setelah sesuatu itu diketahui dan diingat. Dengan kata lain, memahami adalah mengetahui tentang sesuatu dan dapat melihatnya dari berbagai segi. Seorang peserta didik dapat dikatakan memahami sesuatu apabila dia dapat memberikan penjelasan yang rinci tentang sesuatu tersebut dengan menggunakan kata-katanya sendiri. Pemahaman merupakan tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi dari ingatan atau hafalan. Salah satu contoh hasil belajar ranah kognitif pada jenjang pemahaman adalah peserta didik dapat menguraikan tentang makna kedisiplinan yang terkandung dalam surat al-'Ashr secara lancer dan jelas.

3) **Penerapan** atau aplikasi adalah kesanggupan seseorang untuk menerapkan atau menggunakan ide-ide umum, tata cara ataupun metode-metode, prinsip-prinsip, rumus, teori dan lain-lain dalam situasi yang baru dan kongkrit. Aplikasi atau penerapan ini adalah tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi daripada pemahaman. Salah satu contoh hasil belajar kognitif jenjang aplikasi adalah peserta didik mampu memikirkan tentang

penerapan konsep kedisiplinan yang diajarkan oleh Islam dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan keluarga, sekolah maupun di masyarakat.

4) **Analisis** adalah kemampuan seseorang untuk merinci atau menguraikan suatu bahan atau keadaan menurut bagian-bagian yang lebih kecil dan mampu memahami hubungan di antara bagian-bagian tersebut. Taraf berpikir analisis adalah setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir aplikasi. Contoh hasil belajar analisis adalah peserta didik dapat merenung dan memikirkan dengan baik tentang wujud nyata kedisiplinan seorang siswa sehari-hari di rumah, di sekolah, dan di masyarakat sebagai bagian dari ajaran Islam.

5) **Sintesis** adalah kemampuan berpikir yang merupakan kebalikan dari proses berpikir analisis. Sintesis merupakan suatu proses berpikir yang memadukan bagian-bagian atau unsur-unsur secara logis, sehingga menjelma menjadi suatu pola yang berstruktur atau berbentuk pola baru. Taraf berpikir sintesis kedudukannya setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir analisis. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada taraf sintesis adalah peserta didik mampu menulis karangan tentang pentingnya kedisiplinan sebagaimana telah diajarkan oleh Islam. Dalam karangannya itu, peserta didik juga dapat mengemukakan secara jelas gagasan-gagasannya sendiri atau orang lain, data-data atau informasi lain yang mendukung pentingnya kedisiplinan.

6) **Penilaian** atau penghargaan atau evaluasi merupakan jenjang berpikir paling tinggi dalam ranah kognitif menurut taksonomi Bloom. Penilaian atau evaluasi merupakan kemampuan seseorang untuk membuat pertimbangan terhadap suatu situasi, nilai, atau ide. Misalnya, jika seseorang dihadapkan pada beberapa pilihan maka dia akan mampu memilih satu pilihan yang terbaik sesuai dengan patokan-patokan atau criteria yang ada. Contoh hasil belajar kognitif taraf evaluasi adalah peserta didik mampu mengidentifikasi manfaat kedisiplinan dan mudharat kemalasan sehingga pada akhirnya dia

berkesimpulan dan menilai bahwa kedisiplinan di samping merupakan perintah Allah swt juga merupakan kebutuhan manusia itu sendiri.

Keenam jenjang taraf berpikir kognitif ini bersifat kontinum dan *overlap* atau tumpang tindih, di mana taraf berpikir yang lebih tinggi meliputi taraf berpikir yang ada di bawahnya.

Ranah afektif

Taksonomi untuk ranah afektif dikembangkan pertama kali oleh David R. Krathwohl dan kawan-kawan (1974) dalam bukunya yang berjudul *Taxonomy of Educational Objectives: Affective Domain.* Ranah afektif adalah ranah yang berkaitan dengan sikap dan nilai. Beberapa pakar mengatakan bahwa sikap seseorang dapat diramalkan perubahannya bila seseorang telah memiliki penguasaan kognitif yang tinggi. Cirri-ciri hasil belajar afektif akan tampak pada peserta didik dalam berbagai tingkah laku, seperti perhatiannya terhadap mata pelajaran PAI, kedisiplinan dalam mengikuti pembelajaran PAI, motivasinya yang tinggi untuk tahu lebih banyak tentang materi PAI, penghargaan dan rasa hormat terhadap guru PAI, dan lain-lain.

Ranah afektif ini oleh Krathwohl dan kawan-kawan dirinci ke dalam beberapa jenjang atau taraf afektif, yaitu (1) penerimaan (*receiving*), (2) penanggapan (*responding*), (3) menilai (*valuing*), (4) mengorganisasikan (*organization*), dan (5) karakterisasi dengan nilai atau kompleks nilai (*characterization by a value orang value complex*).

1) **Receiving** atau *attending* adalah kepekaan seseorang dalam menerima rangsangan atau stimulus dari luar yang dating kepada dirinya dalam bentuk masalah, situasi, gejala, dan lain-lain. Termasuk dalam jenjang ini adalah kesadaran dan keinginan untuk menerima stimulus, mengontrol dan menyeleksi gejala-gejala atau rangsangan yang dating. *Receiving* atau *attending* juga sering diberi pengertian sebagai kemauan untuk memperhatikan suatu kegiatan atau suatu objek. Pada jenjang ini, peserta didik dibina agar mereka bersedia menerima nilai yang diajarkan kepada

mereka, dan mereka mau menggabungkan diri ke dalam nilai itu, atau mengidentikkan diri dengan nilai itu. Contoh hasil belajar afektif taraf *receiving* adalah peserta didik menyadari bahwa disiplin wajib ditegakkan, sifat malas dan tidak berdsiplin harus disingkirkan jauh-jauh.

2) **Responding** atau menanggapi mengandung arti "adanya partisipasi aktif". Jadi, kemampuan *responding* adalah kemampuan yang dimiliki seseorang untuk mengikutsertakan dirinya secara aktif dalam fenomena tertentu dan membuat reaksi terhadapnya dengan salah satu cara. Jenjang ini setingkat lebih tinggi daripada *receiving.* Contoh hasil belajar ranah afektif jenjang *responding* adalah peserta didik tumbuh hasratnya untuk mempelajari lebih jauh ajaran-ajaran Islam tentang kedisiplinan.

3) **Valuing** artinya memberikan nilai atau penghargaan terhadap suatu kegiatan atau objek, sehingga apabila kegiatan itu tidak dikerjakan dirasakan akan membawa kerugian atau penyesalan. *Valuing* merupakan taraf afektif yang setingkat lebih tinggi daripada *responding.* Terkait dengan proses pembelajaran, peserta didik tidak hanya mau menerima nilai yang diajarkan tetapi telah mampu untuk menilai konsep atau fenomena, yaitu baik-buruk. Apabila peserta didik telah mampu untuk mengatakan bahwa "itu baik atau itu buruk" maka dia sudah mampu untuk melakukan penilaian. Nilai itu sudah mulai diinternalisasikan ke dalam dirinya, yang selanjutnya bersifat stabil dan menetap dalam dirinya. Contoh hasil belajar afektif taraf *valuing* adalah tumbuhnya kemauan yang kuat dalam diri peserta didik untuk berlaku disiplin, baik di rumah, sekolah, maupun di masyarakat karena didasari keyakinan dan penilaian bahwa hidup disiplin adalah baik.

4) **Organization** artinya mempertemukan perbedaan nilai sehingga terbentuk nilai baru yang lebih universal, yang membawa kepada perbaikan umum. Mengatur atau mengorganisasikan merupakan pengembangan dari nilai ke dalam satu sistem organisasi, termasuk di dalamnya hubungan satu nilai dengan nilai yang lain, pemantapan dan prioritas nilai yang telah

dimilikinya. Contoh hasil belajar afektif taraf *organization* adalah peserta didik mendukung penegakkan disiplin nasional yang dicanangkan oleh pemerintah. Mengatur atau mengorganisasikan ini merupakan taraf afektif yang setingkat lebih tinggi daripada *valuing.*

5) **Characterization *by a value orang value complex*** yakni keterpaduan semua sistem nilai yang telah dimiliki seseorang, yang mempengaruhi pola kepribadian dan tingkah lakunya. Di sini proses internalisasi nilai telah menempati tempat yang tinggi dalam suatu hirarki nilai. Nilai itu telah tertanam secara konsisten dalam sistemnya dan telah mempengaruhi emosinya. Ini adalah tingkatan afektif tertinggi karena sikap batin peserta didik telah benar-benar bijaksana. Dia telah memiliki filsafat hidup yang mapan. Jadi pada taraf afektif ini, peserta didik telah memiliki sistem nilai yang mapan dan mengontrol tingkah lakunya untuk suatu waktu yang cukup lama, sehingga membentuk karakteristik "pola hidup". Tingkah lakunya menetap, konsisten, dan dapat diramalkan. Contoh hasil belajar afektif ranah terakhir ini adalah peserta didik telah memiliki kebulatan sikap. Wujudnya, peserta didik menjadikan perintah Allah swt dalam surat al-'Ashr sebagai pegangan hidupnya dalam hal yang menyangkut kedisiplinan, baik di rumah, sekolah, maupun di masyarakat.

Ranah Psikomotor

*Ranah psikomotor adalah ranah y*ang berkaitan dengan keterampilan (skill) atau kemampuan bertindak setelah seseorang menerima pengalaman belajar tertentu. Hasil belajar ranah psikomotor dikemukakan oleh Simpson (1956) yang menyatakan bahwa hasil belajar psikomotor ini tampak dalam bentuk keterampilan dan kemampuan bertindak individu. Hasil belajar kognitif dan afektif akan menjadi hasil belajar psikomotor apabila peserta didik telah menunjukkan perilaku atau perbuatan tertentu sesuai dengan makna yang terkandung dalam ranah kognitif dan afektifnya.

Sebagai contoh wujud nyata hasil belajar psikomotor untuk tema kedisiplinan dapat berupa:

- Peserta didik bertanya kepada guru PAI tentang contoh-contoh kedisiplinan yang ditunjukkan oleh Rasulullah saw, para sahabat, dan ulama.
- Peserta didik mencari dan membaca buku, majalah, dan sumber informasi lain yang memuat tentang tema kedisiplinan.
- Peserta didik dapat memberikan penjelasan kepada siapapun tentang pentingnya kedisiplinan dalam kehidupan.
- Peserta didik menganjurkan kepada siapapun untuk berperilaku hidup disiplin.
- Peserta didik dapat memberikan contoh perilaku kedisiplinan dalam bentuk mentaati peraturan, beribadah, belajar dan lain-lain di manapun dia berada.
- Dan lain-lain

3. Prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Mengingat pentingnya penilaian dalam menentukan kualitas pembelajaran, maka upaya merencanakan dan melaksanakan penilaian hendaknya memperhatikan beberapa prosedur penilaian. Prosedur penilaian yang dimaksudkan antara lain adalah sebagai berikut :

Mengkaji Materi Pembelajaran

Tahap pertama yang harus dilakukan guru sebagai penilai adalah mempelajari dan mengkaji materi pembelajaran dari satu atau lebih kompetensi dasar. Kajian materi ini dapat dilakukan melalui beberapa referensi untuk memperoleh bahan secara komprehensif dari beragam sumber dengan bertolak pada kompetensi yang diharapkan.

Memilih Teknik Penilaian

Tahap kedua Guru memilih atau menentukan teknik penilaian sesuai dengan kebutuhan pengukuran. Secara garis besar, teknik penilaian dapat digolongkan menjadi dua, yaitu penilaian melalui tes dan non tes. Dalam menentukan keakuratan perlu dipertimbangkan pemilihan teknik, yaitu tingkat ke-akurat-an dan kepraktisan penyusunan dalam setiap butir soal/instrumen.

Perumusan Kisi – Kisi

Tahap ketiga merumuskan dan membuat matrik kisi-kisi sesuai dengan teknik penilaian yang telah ditentukan. Kisi-kisi merupakan deskripsi mengenai informasi dan ruang lingkup dari materi pembelajaran yang digunakan sebagai pedoman untuk menulis soal atau matriks soal menjadi tes.Pembuatan kisi-kisi memiliki tujuan untuk menentukan ruang lingkup dalam menulis soal agar menghasilkan perangkat tes yang sesuai dengan indikator.

Kisi kisi dibuat berdasarkan kompetensi dasar dan indikator yang ingin dicapai serta bentuk tes yang akan diberikan kepada peserta didik. Tes dapat berbentuk tes objektif benar-salah, pilihan ganda atau tes uraian serta non tes berupa penilaian afektif dan psikomotorik.

Kisi-kisi berfungsi sebagai pedoman dalam penulisan soal dan perakitan tes. Dengan adaya kisi-kisi penulisan soal menjadi terarah, komprehensif dan representatif. Dengan pedoman kepada kisi-kisi penyusunan soal menjadi lebih mudah dan dapat menghasilkan soal-soal yang sesuai dengan tujuan tes.

Penulisan Butir Soal

Tahap keempat, guru menulis dan membuat butir-butir soal/instrumen yang sesuai dengan kisi-kisi dan bentuk soal/instrumen yang telah ditentukan. Bila guru menggunakan teknik non tes, maka diperlukan untuk membuat pedoman pengisian instrumen. Misalnya untuk observasi atau wawancara.

Penimbangan/Review

Dalam tahap ini, butir soal dan atau pedoman yang telah disusun guru, ditimbang secara rasional (analisis rasional oleh guru); dibaca, ditelaah dan dikaji kembali butir-butir soal dan atau pedoman yang dibuat telah memenuhi persyaratan.

Perbaikan

Pedoman diperbaiki sesuai dengan hasil penimbangan, bagian-bagian mana yang perlu dikurangi atau ditambah kalimat atau kata-katanya perbaikan inipun biasanya didasarkan kepada pemikiran peserta didik untuk memahami isi dari

kalimat yang diberikan, hal ini mengandung arti bahwa kalimat yang disusun hendaknya mudah di pahami oleh para peserta didik .

Uji-coba dan Penggandaan.

Uji-coba terhadap instrumen yang dibuat adalah untuk menentukan apakah butir soal/isntrumen yang dibuat telah memenuhi kriteria yang dituntut, sudahkah mempunyai tingkat ketetapan, ketepatan, tingkat kesukaran dan daya pembeda yang memadai. Untuk bentuk non tes kriterianya dituntut adalah tingkat ketepatan (validitas) dan ketetapan (reliabilitas) sehingga diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang baku (standar)

Diuji (diteskan)

Setelah diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang memenuhi persyaratan sudah barang tentu perangkat alat ini diorganisasikan, disusun berdasarkan pada bentuk-bentuk atau model-model soal bagi perangkat tes, dan untuk perangkat non tes.Setelah perangkat tes maupun non tes digandakan kemudian siap untuk diujikan.

Pemberian Skor

Lembar jawaban peserta didik dikumpulkan dan disusun berdasarkan nomer induk peserta didik untuk memudahkan dalam memasukkan skor peserta didik. Kemudian dilakukan pemberian skor sesuai dengan kunci jawaban, sehingga diperoleh skor setiap peserta didik. Untuk bentuk soal objektif diberi skor 1 jika benar dan 0 jika salah, sedangkan skor bentuk *essay* bergantung kepada tingkat kesulitan soal. Untuk menafsirkan siapa yang lulus dan tidak lulus bergantung pada batas lulus yang dipergunakan oleh guru.

Putusan.

Setelah pengelolaan, sampai pada menafsirkan, guru memperoleh putusan akhir dari kegiatan penilaian. Putusan yang diambil diharapkan obyektif sesuai dengan aturan.

4. Pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Instrumen penilaian yang akan dipergunakan harus dikembangkan oleh guru. Teknik dan instrumen yang dapat digunakan untuk menilai kompetensi pada aspek sikap, keterampilan, dan pengetahuan disajikan dalam Tabel 1.1

Tabel 1.1 Ranah dan Jenis Penilaian

Ranah/Lingkup	Gradasi /Taksonomi	Jenis	Periode Waktu
Sikap Spriritual, Sosial	menerima, menanggapi, menghargai, menghayati, mengamalkan	Pengamatan	setiap pertemuan
		Penilaian Diri	periode
		Penilaian Teman	periode
		Jurnal	insidental
Pengetahuan Faktual, Konseptual, Prosedural, Metakognitif	mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, mencipta	Tes tulisan	UH, UTS, UAS
		Tes lisan/observasi diskusi	UH, UTS, UAS
		Non tes Tugas	UH, UTS, UAS
		Penilaian Diri	sebelum ulangan
Keterampilan Abstrak, Konkret	**Abstrak:** mengamati, menanya, mencoba, menalar, menyaji **Konkret:** meniru, melakukan, menguraikan, merangkai,	Kinerja/Praktik	Setiap KD , UTS, UAS
		Produk	Kelompok KD, UTS, UAS
		Proyek	Kelompok KD, UTS, UAS
		Portofolio	Kelompok KD, UTS, UAS
		Penilaian Diri	Sebelum Uji

Ranah/Lingkup	Gradasi /Taksonomi	Jenis	Periode Waktu
	memodifikasi, mencipta		Keterampilan

Penilaian Kompetensi Sikap

Sikap bermula dari perasaan (suka atau tidak suka) yang terkait dengan kecenderungan seseorang dalam merespon sesuatu/objek. Sikap juga sebagai ekspresi dari nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sikap dapat dibentuk, sehingga terjadi perubahan perilaku atau tindakan yang diharapkan.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk menilai sikap peserta didik, antara lain melalui observasi, penilaian diri, penilaian teman sebaya, dan penilaian melalui jurnal. Instrumen yang digunakan antara lain daftar cek atau skala penilaian yang disertai rubrik, yang hasil akhirnya dihitung berdasarkan modus.

1) Observasi

Sikap dan perilaku keseharian peserta didik direkam melalui pengamatan dengan menggunakan format yang berisi sejumlah indikator perilaku yang diamati, baik yang terkait dengan mata pelajaran maupun secara umum. Pengamatan terhadap sikap dan perilaku yang terkait dengan mata pelajaran dilakukan oleh guru yang bersangkutan selama proses pembelajaran berlangsung, seperti: ketekunan belajar, percaya diri, rasa ingin tahu, kerajinan, kerjasama, kejujuran, disiplin, peduli lingkungan, dan selama peserta didik berada di sekolah atau bahkan di luar sekolah selama perilakunya dapat diamati guru.

Tabel 1.2 Contoh Format Pengamatan Sikap dalam Laboratorium IPA

No	Nama	Aspek perilaku yang dinilai				Skor	Keterangan
		Bekerja sama	Rasa ingin tahu	Disip lin	Peduli lingkung an		
1 2 3	Andi Badu	3	4	3	2	12	

Catatan:
Kolom Aspek perilaku diisi dengan angka yang sesuai dengan kriteria berikut.

1 = kurang
2 = cukup
3 = baik
4 = sangat baik

Format di atas dapat digunakan pada mata pelajaran lain dengan menyesuaikan aspek perilaku yang ditetapkan pada tujuan pembelajaran.

2) Penilaian diri (*self assessment*)

Penilaian diri digunakan untuk memberikan penguatan (*reinforcement*) terhadap kemajuan proses belajar peserta didik. Penilaian diri berperan penting bersamaan dengan bergesernya pusat pembelajaran dari guru ke peserta didik yang didasarkan pada konsep belajar mandiri (*autonomous learning*).

Untuk menghilangkan kecenderungan peserta didik menilai diri terlalu tinggi dan subyektif, penilaian diri dilakukan berdasarkan kriteria yang jelas dan objektif. Untuk itu penilaian diri oleh peserta didik di kelas perlu dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

a) Menjelaskan kepada peserta didik tujuan penilaian diri.
b) Menentukan kompetensi yang akan dinilai.
c) Menentukan kriteria penilaian yang akan digunakan.

d) Merumuskan format penilaian, dapat berupa daftar tanda cek, atau skala penilaian.

Tabel 1.3	Contoh Format Penilaian Diri untuk Aspek Sikap

Partisipasi Dalam Diskusi Kelompok

Nama : ----------

Nama-nama anggota kelompok : ----------

Kegiatan kelompok : ----------

Isilah pernyataan berikut dengan jujur. Untuk No. 1 s.d. 6, tulislah huruf A,B,C atau D didepan tiap pernyataan:

A : selalu C : kadang-kadang

B : sering D : tidak pernah

1.--- Selama diskusi saya mengusulkan ide kepada kelompok untuk didiskusikan

2.--- Ketika kami berdiskusi, tiap orang diberi kesempatan mengusulkan sesuatu

3.--- Semua anggota kelompok kami melakukan sesuatu selama kegiatan

4.--- Tiap orang sibuk dengan yang dilakukannya dalam kelompok saya

5. Selama kerja kelompok, saya....

--- mendengarkan orang lain

--- mengajukan pertanyaan

--- mengorganisasi ide-ide saya

--- mengorganisasi kelompok

--- mengacaukan kegiatan

--- melamun

6. Apa yang kamu lakukan selama kegiatan?

Pada dasarnya teknik penilaian diri ini tidak hanya untuk aspek sikap, tetapi juga dapat digunakan untuk menilai kompetensi dalam aspek keterampilan dan pengetahuan.

3) Penilaian teman sebaya (*peer assessment*)

Penilaian teman sebaya atau antarpeserta didik merupakan teknik penilaian dengan cara meminta peserta didik untuk saling menilai terkait dengan pencapaian kompetensi. Instrumen yang digunakan berupa lembar pengamatan antarpeserta didik. Penilaian teman sebaya dilakukan oleh peserta didik terhadap 3 (tiga) teman sekelas atau sebaliknya. Format yang

digunakan untuk penilaian sejawat dapat menggunakan format seperti contoh pada penilaian diri.

Tabel 1.4	Contoh Format Penilaian Teman Sebaya

No	Pernyataan	Skala			
		1	2	3	4
1.	Teman saya berkata benar, apa adanya kepada orang lain				
2.	Teman saya mengerjakan sendiri tugas-tugas sekolah				
3.	Teman saya mentaati peraturan (tata-tertib) yang diterapkan				
4.	Teman saya memperhatikan kebersihan diri sendiri				
5.	Teman saya mengembalikan alat kebersihan, pertukangan, olah raga, laboratorium yang sudah selesai dipakai ke tempat penyimpanan semula				
6.	Teman saya terbiasa menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan petunjuk guru				
7.	Teman saya menyelesaikan tugas tepat waktu apabila diberikan tugas oleh guru				
8.	Teman saya berusaha bertutur kata yang sopan kepada orang lain				
9.	Teman saya berusaha bersikap ramah terhadap orang lain				
10	Teman saya menolong teman yang sedang mendapatkan kesulitan				
11	.....				

Keterangan :
1 = Sangat jarang
2 = Jarang
3 = Sering

4 = Selalu

4) Penilaian melalui jurnal (anecdotal record)

Jurnal merupakan rekaman catatan guru dan/atau tenaga kependidikan di lingkungan sekolah tentang sikap dan perilaku positif atau negatif, di luar proses pembelajaran mata pelajaran.

Tabel 1.5	Contoh Format Penilaian Melalui Jurnal

JURNAL

Nama :.....

Kelas :.....

Hari, tanggal	Kejadian	Keterangan

Penilaian Kompetensi Pengetahuan

1) Tes tertulis.

Bentuk soal tes tertulis, yaitu:

a) memilih jawaban, dapat berupa:

- pilihan ganda
- dua pilihan (benar-salah, ya-tidak)
- menjodohkan
- sebab-akibat

b) mensuplai jawaban, dapat berupa:

- isian atau melengkapi
- jawaban singkat atau pendek
- uraian

Soal tes tertulis yang menjadi penilaian otentik adalah soal-soal yang menghendaki peserta didik merumuskan jawabannya sendiri, seperti soal-

soal uraian. Soal-soal uraian menghendaki peserta didik mengemukakan atau mengekspresikan gagasannya dalam bentuk uraian tertulis dengan menggunakan kata-katanya sendiri, misalnya mengemukakan pendapat, berpikir logis, dan menyimpulkan. Kelemahan tes tertulis bentuk uraian antara lain cakupan materi yang ditanyakan terbatas dan membutuhkan waktu lebih banyak dalam mengoreksi jawaban.

2) ObservasiTerhadap Diskusi, Tanya Jawab dan Percakapan.

Penilaian terhadap pengetahuan peserta didik dapat dilakukan melalui observasi terhadap diskusi, tanya jawab, dan percakapan. Teknik ini adalah cerminan dari penilaian otentik. Ketika terjadi diskusi, guru dapat mengenal kemampuan peserta didik dalam kompetensi pengetahuan (fakta, konsep, prosedur) seperti melalui pengungkapan gagasan yang orisinal, kebenaran konsep, dan ketepatan penggunaan istilah/fakta/prosedur yang digunakan pada waktu mengungkapkan pendapat, bertanya, atau pun menjawab pertanyaan.

Seorang peserta didik yang selalu menggunakan kalimat yang baik dan benar menurut kaedah bahasa menunjukkan bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan tata bahasa yang baik dan mampu menggunakan pengetahuan tersebut dalam kalimat-kalimat. Seorang peserta didik yang dengan sistematis dan jelas dapat menceritakan misalnya hukum Pascal kepada teman-temannya, pada waktu menyajikan tugasnya atau menjawab pertanyaan temannya memberikan informasi yang sahih dan otentik tentang pengetahuannya mengenai hukum Pascal dan mengenai penerapan hukum Pascal jika yang bersangkutan menjelaskan bagaimana hukum Pascal digunakan dalam kehidupan (bukan mengulang cerita guru, jika mengulangi cerita dari guru berarti yang bersangkutan memiliki pengetahuan). Seorang peserta didik yang mampu menjelaskan misalnya pengertian pasar, macam dan jenis pasar serta kaitannya dengan pemasaran memberikan informasi yang valid dan otentik tentang pengetahuan yang dimilikinya tentang

konsep pasar. Seorang peserta didik yang mampu menceritakan dengan kronologis tentang suatu peristiwa sejarah merupakan suatu bukti bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan dan keterampilan berpikir sejarah tentang peristiwa sejarah tersebut. Seorang peserta didik yang mampu menjelaskan makna lambang negara Garuda Pancasila merupakan suatu bukti bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan dan keterampilan berpikir tentang kandungan nilai-nilai kebangsaan dan cinta tanah air.

Tabel 1.6	Contoh Format Observasi Terhadap Diskusi, Tanya Jawab, dan Percakapan

Nama Peserta Didik	Pernyataan							
	Pengungkapan gagasan yang orisinal		Kebenaran konsep		Ketepatan penggunaan istilah		dan lain sebagainya	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
A								
B								
C								
....								

Keterangan: diisi dengan ceklis (√)

3) Penugasan

Instrumen penugasan berupa pekerjaan rumah dan/atau projek yang dikerjakan secara individu atau kelompok sesuai dengan karakteristik tugas.

Penilaian Kompetensi Keterampilan

Kompetensi keterampilan terdiri atas keterampilan abstrak dan keterampilan kongkret.Penilaian kompetensi keterampilan dapat dilakukan dengan menggunakan:

1) Kinerja/Praktik

Penilaian kinerja atau praktik dilakukan dengan penilaian kinerja, yaitu dengan cara mengamati kegiatan peserta didik dalam melakukan sesuatu. Penilaian ini cocok digunakan untuk menilai ketercapaian kompetensi yang

menuntut peserta didik melakukan tugas tertentu seperti: praktikum di laboratorium, praktik ibadah, praktik olahraga, presentasi, bermain peran, memainkan alat musik, bernyanyi, dan membaca puisi/ deklamasi.

Penilaian kinerja perlu mempertimbangkan hal-hal berikut.

- Langkah-langkah kinerja yang perlu dilakukan peserta didik untuk menunjukkan kinerja dari suatu kompetensi.
- Kelengkapan dan ketepatan aspek yang akan dinilai dalam kinerja tersebut.
- Kemampuan-kemampuan khusus yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas.
- Kemampuan yang akan dinilai tidak terlalu banyak, sehingga dapat diamati.
- Kemampuan yang akan dinilai selanjutnya diurutkan berdasarkan langkah-langkah pekerjaan yang akan diamati.

Pengamatan kinerja perlu dilakukan dalam berbagai konteks untuk menetapkan tingkat pencapaian kemampuan tertentu. Misalnya untuk menilai kemampuan berbicara yang beragam dilakukan pengamatan terhadap kegiatan-kegiatan seperti: diskusi dalam kelompok kecil, berpidato, bercerita, dan wawancara. Dengan demikian, gambaran kemampuan peserta didik akan lebih utuh. Contoh untuk menilai kinerja di laboratorium dilakukan pengamatan terhadap penggunaan alat dan bahan praktikum. Untuk menilai praktik olahraga, seni dan budaya dilakukan pengamatan gerak dan penggunaan alat olahraga, seni dan budaya. Untuk mengamati kinerja peserta didik dapat menggunakan instrumen sebagai berikut:

a) **Daftar cek**

Dengan menggunakan daftar cek, peserta didik mendapat nilai bila kriteria penguasaan kompetensi tertentu dapat diamati oleh penilai.

Tabel 1.7	Contoh Format Instrumen Penilaian Praktik di Laboratorium

Nama Peserta didik	Aspek yang dinilai							
	Menggunakan jas lab		Membaca prosedur kerja		Member-sihkan alat		Menyimpan alat pada tempatnya	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Andi								
.....								

Keterangan: diisi dengan ceklis (√)

b) **Skala Penilaian *(Rating Scale)***

Penilaian kinerja yang menggunakan skala penilaian memungkinkan penilai memberi nilai tengah terhadap penguasaan kompetensi tertentu, karena pemberian nilai secara kontinum di mana pilihan kategori nilai lebih dari dua. Skala penilaian terentang dari tidak sempurna sampai sangat sempurna. Misalnya: 1 = kurang, 2 = cukup, 3 = baik, dan 4 = sangat baik.

Tabel 1.8	Contoh Format Instrumen Penilaian Praktik Olahraga Bola Volley

Nama peserta didik	Keterampilan yang dinilai																			
	Cara service				Cara passing atas				Cara passing bawah				Cara smash				Cara blok/membendung			
																				4
Anton																				
Bertha																				
Charles																				
Dono																				
.....																				

Keterangan: diisi dengan tanda cek (√).
Kategori penilaian: 1 = kurang, 2 = cukup, 3 = baik, dan 4 = sangat baik.

2) Projek

Penilaian projek dapat digunakan untuk mengetahui, misalnya tentang pemahaman, kemampuan mengaplikasi, kemampuan menyelidiki dan kemampuan menginformasikan suatu hal secara jelas. Penilaian projek dilakukan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, sampai pelaporan. Untuk itu, guru perlu menetapkan hal-hal atau tahapan yang perlu dinilai, seperti penyusunan desain, pengumpulan data, analisis data, dan penyiapan laporan tertulis/lisan. Untuk menilai setiap tahap perlu disiapkan kriteria penilaian atau rubrik.

Tabel 1.9 Contoh Format Rubrik untuk Menilai Projek

Aspek	Kriteria dan Skor			
	1	2	3	4
Persiapan	Jika memuat tujuan, topik, dan alasan	Jika memuat tujuan, topik, alasan, dan tempat penelitian	Jika memuat tujuan, topik, alasan, tempat penelitian, dan responden	Jika memuat tujuan, topik, alasan, tempat penelitian, res ponden, dan daf tar pertanyaan
Pelaksanaa n	Jika data diperoleh tidak lengkap, tidak terstruktur, dan tidak sesuai tujuan	Jika data diperoleh kurang lengkap, kurang terstruktur, dan kurang sesuai tujuan	Jika data diperoleh lengkap, kurang terstruktur, dan kurang sesuai tujuan	Jika data diperoleh lengkap, terstruktur, dan sesuai tujuan
Pelaporan Secara Tertulis	Jika pembahasan data tidak sesuai tujuan penelitian	Jika pembahasan data kurang	Jika pembahasan data kurang	Jika pembahasan data sesuai tujuan penelitian

Aspek	Kriteria dan Skor			
	1	2	3	4
	dan membuat simpulan tapi tidak relevan dan tidak ada saran	sesuai tujuan penelitian, membuat simpulan dan saran tapi tidak relevan	sesuai tujuan penelitian, membuat simpulan dan saran tapi kurang relevan	dan membuat simpulan dan saran yang relevan

3) Produk

Penilaian produk meliputi penilaian kemampuan peserta didik membuat produk-produk pengetahuan, teknologi, dan seni, seperti: makalah, karangan, puisi, makanan (contoh: tempe, kue, asinan, baso, dan nata de coco), pakaian, sarana kebersihan (contoh: sabun, pasta gigi, cairan pembersih dan sapu), alat-alat teknologi (contoh: adaptor ac/dc dan bel listrik), hasil karya seni (contoh: patung, lukisan dan gambar), dan barang-barang terbuat dari kain, kayu, keramik, plastik, atau logam.

Pengembangan produk meliputi 3 (tiga) tahap dan setiap tahap perlu diadakan penilaian yaitu:

- Tahap persiapan, meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dan merencanakan, menggali, dan mengembangkan gagasan, dan mendesain produk.
- Tahap pembuatan produk (proses), meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dalam menyeleksi dan menggunakan bahan, alat, dan teknik.
- Tahap penilaian produk (*appraisal*), meliputi: penilaian produk yang dihasilkan peserta didik sesuai kriteria yang ditetapkan, misalnya berdasarkan sistematika, tampilan, bahasa, isi, fungsi dan estetika.

Penilaian produk biasanya menggunakan cara analitik atau holistik.

- Cara analitik, yaitu berdasarkan aspek-aspek produk, biasanya dilakukan terhadap semua kriteria yang terdapat pada semua tahap proses pengembangan (tahap: persiapan, pembuatan produk, penilaian produk).
- Cara holistik, yaitu berdasarkan kesan keseluruhan dari produk, biasanya dilakukan hanya pada tahap penilaian produk.

Tabel 1.10 Contoh Penilaian Produk

Mata Pelajaran : IPA (Kimia)
Nama Proyek : Membuat Sabun
Nama Peserta didik : _____Kelas :_____

No	Aspek *	Skor			
1.	Perencanaan Bahan	1	2	3	4
2.	Proses Pembuatan a. Persiapan Alat dan Bahan b. Teknik Pengolahan c. K3 (Keamanan, Keselamatan dan Kebersihan)				
3.	Hasil Produk a. Bentuk Fisik b. Bahan c. Warna d. Pewangi e. Kebaruan				
Total Skor					

* Aspek yang dinilai disesuaikan dengan jenis produk yang dibuat

** Skor diberikan tergantung dari ketepatan dan kelengkapan jawaban yang diberikan. Semakin lengkap dan tepat jawaban, semakin tinggi perolehan skor.

4) Portofolio

Penilaian portofolio pada dasarnya menilai karya-karya peserta didik secara individu pada satu periode untuk suatu mata pelajaran. Akhir suatu periode hasil karya tersebut dikumpulkan dan dinilai oleh guru dan peserta didik

sendiri. Berdasarkan informasi perkembangan tersebut, guru dan peserta didik sendiri dapat menilai perkembangan kemampuan peserta didik dan terus menerus melakukan perbaikan. Dengan demikian, portofolio dapat memperlihatkan dinamika kemampuan belajar peserta didik melalui sekumpulan karyanya, antara lain: karangan, puisi, surat, komposisi musik, gambar, foto, lukisan, resensi buku/literatur, laporan penelitian, sinopsis dan karya nyata individu peserta didik yang diperoleh dari pengalaman.Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan penilaian portofolio.

- Peserta didik merasa memiliki portofolio sendiri
- Tentukan bersama hasil kerja apa yang akan dikumpulkan
- Kumpulkan dan simpan hasil kerja peserta didik dalam 1 map atau folder
- Beri tanggal pembuatan
- Tentukan kriteria untuk menilai hasil kerja peserta didik
- Minta peserta didik untuk menilai hasil kerja mereka secara berkesinambungan
- Bagi yang kurang beri kesempatan perbaiki karyanya, tentukan jangka waktunya
- Bila perlu, jadwalkan pertemuan dengan orang tua

Tabel 1.11	Contoh Format Penilaian Portfolio

Mata Pelajaran : Bahasa Indonesia
Alokasi Waktu : 1 Semester
Sampel yang dikumpulkan : Karangan
Nama Peserta didik : _____ Kelas :_____

No	Kompetensi Dasar	Periode	Aspek yang dinilai				Keterangan/ Catatan
			Tata bahasa	Kosa kata	Kelengkapan gagasan	Sistematika penulisan	
1.	Menulis karangan deskriptif	30/7					
		10/8					
		dst.					
2.	Membuat resensi buku	1/9					
		30/9					
		10/10					
		Dst.					

hhh

5) Tertulis

Selain menilai kompetensi pengetahuan, penilaian tertulis juga digunakan untuk menilai kompetensi keterampilan, seperti menulis karangan, menulis laporan, dan menulis surat.

5. Administrasi dan Pelaporan Hasil Belajar

Penilaian hasil belajar peserta didik mencakup kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan secara berimbang sehingga dapat digunakan untuk menentukan posisi relatif setiap peserta didik terhadap standar yang telah ditetapkan.

Pendidik melakukan penilaian proses dan hasil belajar peserta didik pada setiap topik seluruh KD. Hasil penilaian oleh pendidik setiap semester perlu diolah untuk diadministrasikan ke dalam buku laporan hasil belajar (rapor). Nilai rapor merupakan gambaran pencapaian kemampuan peserta didik dalam satu semester. Nilai sikap, pengetahuan dan keterampilan dalam rapor diperoleh dari berbagai jenis penilaian dengan teknik dan perhitungan yang telah dirumuskan seperti yang tertera pada dokumen Model Penilaian Hasil Belajar dan Laporan Pencapaian Kompetensi Peserta Didik SMK yang diterbitkan Kemendikbud.

Pengolahan Penilaian Pengetahuan:

Contoh: Perhitungan nilai rapor pengetahuan seorang peserta didik pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

NH = 3,2

UTS = 2,8

UAS = 3,0

Nilai Rapor = (3,2+2,8+2,6) : 3 = 8,6: 3 *)

Nilai Rapor = 2,86

Yang ditulis pada rapor adalah nilai Angka 2,86 dan nilai predikat B

*) *Acuan pengolahan nilai lebih lanjut mengacu pada Petunjuk Teknis dari Direktorat PSMK*

Deskripsi :

Berdasarkan hasil penilaian Dewi memperoleh nilai predikat B untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dan telah menyelesaikan seluruh kompetensi yaitu menerapkan konsep listrik (arus dan potensial listrik), menentukan bahan-bahan listrik, menentukan sifat rangkaian listrik arus searah dan rangkaian peralihan, menerapkan teorema rangkaian listrik arus searah, menentukan daya dan energi listrik, menentukan kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik, menentukan kondisi operasi pengukuran tahanan (resistan) listrik, menentukan kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya.

Pengolahan Penilaian Keterampilan

Pengolahan Nilai Rapor untuk Keterampilan menggunakan penilaian kuantitatif dengan skala 1 - 4 (kelipatan 0,33), dengan 2 (dua) desimal:

Contoh: Penghitungan Nilai Keterampilan seorang peserta didik pada mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

Nilai Praktik = optimum 3,3

Nilai Projek = 3,1

Nilai Portofolio = optimum 3,2

Nilai Rapor = (3,3+3,1+3,2) : 3 = 9,6 : 3 *)

Nilai Rapor = 3,2

Yang ditulis pada rapor adalah nilai Angka 3.2 dan nilai predikat B+

*) *Acuan pengolahan nilai lebih lanjut mengacu pada Petunjuk Teknis dari Direktorat PSMK*

Deskripsi:

Berdasarkan hasil penilaian Dewi memperoleh nilai predikat B^+ untuk pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik telah menyelesaikan hampir seluruh kompetensi yaitu mendemonstrasikan konsep listrik (gejala fisik arus listrik dan potensial listrik), memeriksa bahan-bahan listrik, memeriksa sifat elemen pasif dalam rangkaian listrik arus searah dan rangkaian peralihan, menganalisis rangkaian listrik arus searah, memeriksa daya dan energi listrik, memeriksa kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik, memeriksa kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik, tetapi masih ada kompetensi yang perlu lebih ditingkatkan lagi terutama untuk kompetensi memeriksa kondisi operasi pengukuran tahanan listrik.

PengolahanPenilaian Sikap

Penilaian Sikap dalam mata pelajaran diperoleh dari hasil penilaian observasi (penilaian proses), penilaian diri sendiri, penilaian antarteman, dan jurnal catatan guru. Untuk penilaian Sikap Spiritual dan Sosial (KD dari KI-1 dan KI-2) menggunakan nilai Kualitatif sebagai berikut:

SB = Sangat Baik = 4

B = Baik = 3

C = Cukup = 2

K = Kurang = 1

Contoh: Perhitungan nilai rapor sikap seorang peserta didik pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik :

Nilai Observasi = 3

Nilai diri sendiri = 4

Nilai antar teman = 3

Nilai Jurnal = 3

Nilai Rapor = 3; 4; 3; 3

Nilai Rapor = 3

Predikat = Baik

Yang ditulis pada rapor adalah predikat (B).

Deskripsi:

Berdasarkan hasil penilaian Dewi memperoleh nilai predikat Baik pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik telah memiliki sikap spiritual, jujur, disiplin, tanggung jawab, toleransi, gotong royong, dan santun dengan sangat baik. Sedangkan sikap percaya diri perlu lebih ditingkatkan.

Pelaporan Pencapaian Hasil Belajar

1) Prinsip Pelaporan

Pelaporan hasil belajar dilakukan oleh Pendidik. Pelaporan hasil belajar oleh Pendidik diberikan dalam bentuk laporan hasil semua bentuk penilaian. Pelaporan hasil belajar merupakan hasil pengolahan oleh Pendidik dengan menggunakan kriteria:

- Laporan pencapaian **kompetensisikap** dinyatakan dalam deskripsi kualitas berdasarkan **modus** dari batas minimal3,00 atau predikat Baik (B)..
- Laporan pencapaian **kompetensi pengetahuan** untuk kemampuan berpikir pada berbagai tingkat pengetahuan dinyatakan dalam predikat berdasarkan **skorrerata** dari batas minimal (2,67) atau huruf B-,.
- Laporan pencapaian **kompetensiketerampilan** dinyatakan dalam deskripsi kemahiran berdasarkan **capaian optimum** dari batas minimal (2,67) atau huruf B-,.

Pelaporan hasil belajar oleh Pendidik digunakan oleh Satuan Pendidikan untuk mengisi Rapor pada akhir semester. Rapor berisi laporan capaian hasil belajar dalam bentuk nilai dan deskripsi.

2) Skor dan Nilai

Penilaian kompetensi hasil belajar mencakup kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan dapat secara terpisah tetapi dapat juga melalui suatu kegiatan atau peristiwa penilaian dengan instrumen penilaian yang sama. Untuk masing-masing ranah (sikap, pengetahuan, dan keterampilan) digunakan penyekoran dan pemberian predikat yang berbeda sebagaimana tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 1.12 Konversi Skor dan Predikat Hasil Belajar untuk Setiap Ranah

Sikap		Pengetahuan		Keterampilan	
Modus	**Predikat**	**Skor Rerata**	**Predikat**	**Capaian Optimum**	**Predikat**
4,00	SB (Sangat Baik)	3.85– 4.00	A	3.85– 4.00	A
		3.51 – 3.84	A-	3.51 – 3.84	A-
3,00	B (Baik)	3.18 – 3.50	B+	3.18 – 3.50	B+
		2.85 - 3.17	B	2.85 - 3.17	B
		2.51 – 2.84	B-	2.51 – 2.84	B-
2,00	C (Cukup)	2.18 – 2.50	C+	2.18 – 2.50	C+
		1.85 – 2.17	C	1.85 – 2.17	C
		1.51 – 1.84	C-	1.51 – 1.84	C-
1,00	K (Kurang)	1.18 – 1.50	D+	1.18 – 1.50	D+
		1.00 – 1.17	D	1.00 – 1.17	D

Nilai akhir yang diperoleh untuk ranah sikap diambil dari nilai modus (nilai yang terbanyak muncul). Nilai akhir untuk ranah pengetahuan diambil dari

nilai rerata. Nilai akhir untuk ranah keterampilan diambil dari nilai optimal (nilai tertinggi yang dicapai).

3) Bentuk Laporan

Laporan hasil pembelajaran yang dilakukan oleh pendidik dalam bentuk sebagai berikut.

- Pelaporan oleh Pendidik

  Laporan hasil penilaian oleh pendidik dapat berbentuk laporan hasil ulangan harian, ulangan tengah semester, ulangan akhir semester.

- Pelaporan oleh Satuan Pendidikan

  Rapor yang disampaikan oleh pendidik kepada kepala sekolah/madrasah dan pihak lain yang terkait (misal: wali kelas, guru Bimbingan dan Konseling, dan orang tua/wali). Pelaporan oleh Satuan Pendidikan meliputi:

- hasil pencapaian kompetensi dan/atau tingkat kompetensi kepada orangtua/wali peserta didik dalam bentuk buku rapor;
- pencapaian hasil belajar tingkat satuan pendidikan kepada dinas pendidikan kabupaten/kota dan instansi lain yang terkait; dan
- hasil ujian Tingkat Kompetensi kepada orangtua/wali peserta didik dan dinas pendidikan.

4) Nilai Untuk Rapor

Hasil belajar yang dicantumkan dalam Rapor berupa:

- untuk ranah sikap menggunakan skor modus 1,00 – 4,00 dengan predikat Kurang (K), Cukup (C), Baik (B), dan Sangat Baik (SB);
- untuk ranah pengetahuan menggunakan skor rerata 1,00 – 4,00 dengan predikat D – A.
- untuk ranah keterampilan menggunakan skor optimum 1,00 – 4,00 dengan predikat D – A.

5) Format Rapor

Format rapor untuk SMK/MAK disajikan pada TABEL 1.13 berikut.

Tabel 1.13 Format Rapor Sekolah Menengah Kejuruan

No	Mata Pelajaran	Pengetahuan		Keterampilan		Sikap Sosial dan Spiritual	
		Nilai	Predikat	Nilai	Predikat	Dalam Mapel	Antar Mapel
Kelompok A (Umum)							
1	Pendidikan Agama dan Budi Pekerti (Nama guru)	Diisi dengan angka 1,00 – 4,00	Diisi dengan nilai D - A	Diisi dengan angka 1,00 – 4,00	Diisi dengan nilai D - A	SB, B, C, K (diisi oleh guru Mapel)	Disimpulkan secara utuh dari sikap peserta didik dalam Mapel (Deskripsi Koherensi) (diisi oleh Wali Kelas berdasarkan hasil diskusi dengan semua guru kelas terkait)
2	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (Nama guru)						
3	Bahasa Indonesia (Nama guru)						
4	Matematika (Nama guru)						
5	Sejarah Indonesia (Nama guru)						
6	Bahasa Inggris (Nama guru)						
Kelompok B (Umum)							
1	Seni Budaya (Nama guru)						
2	Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (Nama guru)						
3	Prakarya dan Kewirausahaan (Nama guru)						
Kelompok C (Peminatan)							
I. Dasar Bidang Keahlian							

No	Mata Pelajaran	Pengetahuan		Keterampilan		Sikap Sosial dan Spiritual	
		Nilai	Predikat	Nilai	Predikat	Dalam Mapel	Antar Mapel
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						
3	Mata Pelajaran (Nama guru)						
II. Dasar Program Keahlian							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						
3	Mata Pelajaran (Nama guru)						
4	Mata Pelajaran (Nama guru)						
III. Paket Keahlian							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						
3	Mata Pelajaran (Nama guru)						
4	Mata Pelajaran (Nama guru)						
IV. Lintas Minat dan/atau Pendalaman Minat (Diisi sesuai dengan minat siswa)							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						

Catatan: SB: Sangat Baik; B: Baik; C: Cukup; K: Kurang.

Deskripsi :

No.	Mata Pelajaran	Kompetensi	Catatan
Kelompok A (Umum)			
1	Pendidikan Agama dan Budi Pekerti (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Bahasa Indonesia (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
4	Matematika (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
5	Sejarah Indonesia (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
6	Bahasa Inggris (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
Kelompok B (Umum)			
1	Seni Budaya (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Prakarya dan Kewirausahaan (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
Kelompok C (Peminatan)			
I. Dasar Bidang Keahlian			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran	Sikap sosial dan spiritual	

No.	Mata Pelajaran	Kompetensi	Catatan
	(Nama guru)	Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
II. Dasar Program Keahlian			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
4	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
III. Paket Keahlian			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
4	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
IV. Lintas Minat dan/atau Pendalaman Minat (Diisi sesuai dengan minat siswa)			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	

No.	Mata Pelajaran	Kompetensi	Catatan
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	

Catatan:

- Untuk mata pelajaran yang belum tuntas pada semester berjalan, dituntaskan melalui pembelajaran remedi sebelum memasuki semester berikutnya.
- Dinyatakan tidak naik kelas bila terdapat 3 mata pelajaran atau lebih, pada kompetensi pengetahuan, keterampilan, dan/atau sikap belum tuntas/belum baik.

6. Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar

Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperolehsiswa pada **ulangan harian (**tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas, produk),**ulangan tengah semester** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), ulangan **akhir semester** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), dan **ulangan kenaikan kelas** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan pruduk).

Analisis untuk ulangan harian dan tengah semester ditekankan untuk memperoleh informasi tentang latar belakang dan faktor penyebab mengapa siswa memperoleh nilai kurang. Bagi anak yang memperoleh nilai kurang dari batas nilai minimal ketuntasan belajar akan diberi **remedial**, sedang bagi anak yang nilainya telah mencapai batas ketuntasan akan diberikan **pengayaan**.

Analisis untuk ulangan akhir semester, ulangan harian dan tengah semester untuk menentukan nilai di rapor semester satu. Sedangkan analisis ulangan kenaikan kelas, nilai ulangan harian, dan tengah semester dipergunakan untuk menentukan nilai rapor semester dua dan kenaikan kelas. Selain itu analisis dilakukan untuk mengetahui ketuntasan belajar.

7. Evaluasi proses dan hasil belajar

Pengertian Evaluasi Proses dan Hasil Belajar Atau Pengajaran

Evaluasi proses adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan dengan sengaja untuk melihat tingkat keberhasilan proses belajar atau pengajaran yang telah dilaksanakan. Dari sedikit uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa suatu proses belajar atau pengajaran perlu dilakukan evaluasi supaya mengetahui tingkat kecapaian tujuan yang telah direncanakan sehingga dalam proses pengajaran ini menghasilkan peserta didik yang mempunyai aspek kognitif, afektif dan psikomotorik yang tinggi serta berdampak pula terhadap kemajuan bangsa.[2]

Evaluasi Penilaian hasil belajar adalah kegiatan atau cara yang ditujukan untuk mengetahui tercapai atau tidaknya tujuan pembelajaran dan juga proses pembelajaran yang telah dilakukan. Pada tahap ini seorang guru dituntut memiliki kemampuan dalam menentukan pendekatan dan cara-cara evaluasi, penyusunan alat-alat evaluasi, pengolahan, dan penggunaan hasil evaluasi.

Pembelajaran merupakan suatu sistem yang terdiri atas berbagai komponen yang saling berinteraksi dalam usaha mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Setiap proses pembelajaran berlangsung, penting bagi seorang guru maupun peserta didik untuk mengetahui tercapai tidaknya tujuan tersebut. Hal ini hanya dapat diketahui jika guru melakukan evaluasi, baik evaluasi terhadap proses maupun produk pembelajaran.

Evaluasi memiliki arti lebih luas daripada penilaian. Dengan kata lain di dalam evaluasi tercakup di dalamnya penilaian. Siapapun yang melakukan tugas mengajar, perlu mengetahui akibat dari pekerjaannya. Pendidik harus mengetahui sejauhmana peserta didik telah menyerap dan menguasai materi yang telah diajarkan. Sebaliknya, peserta didik juga membutuhkan informasi tentang hasil pekerjaannya. Hal ini hanya dapat diketahui jika seorang pendidik (guru) melakukan evaluasi. Sebelum melakukan evaluasi, maka guru harus melakukan penilaian yang didahului dengan pengukuran. Pengukuran hasil belajar adalah cara pengumpulan informasi yang hasilnya dapat dinyatakan dalam bentuk angka yang disebut skor. Penilaian hasil belajar adalah cara

menginterpretasikan skor yang diperoleh dari pengukuran dengan mengubahnya menjadi nilai dengan prosedur tertentu dan menggunakannya untuk mengambil keputusan.

Sebenarnya penilaian hasil belajar sudah mencakup pengukuran hasil belajar, sehingga instrumen atau alat pengukuran sering disebut sebagai instrumen atau alat penilaian. Ada sebagian ahli pendidikan menyamakan arti evaluasi dengan penilaian, tetapi sesungguhnya *evaluasi memiliki arti yang lebih luas*, yaitu penggunaan hasil penilaian untuk mengambil keputusan, seperti untuk menentukan kelulusan, penempatan, penjurusan, dan perbaikan program.

Evaluasi hasil belajar merupakan serangkaian kegiatan untuk memperoleh, menganalisis, dan menafsirkan data tentang proses dan hasil belajar peserta didik yang dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan, sehingga menjadi informasi yang bermakna dalam pengambilan keputusan.

Jadi, evaluasi mencakup penilaian sekaligus pengukuran, namun alat evaluasi sering disebut juga alat penilaian. Pendekatan atau cara yang dapat digunakan untuk melakukan evaluasi atau penilaian hasil belajar adalah melalui Penilaian Acuan Norma (PAN) dan Penilaian Acuan Patokan (PAP).

PAN adalah cara penilaian yang tidak selalu tergantung pada jumlah soal yang diberikan atau penilaian dimasudkan untuk mengetahui kedudukan hasil belajar yang dicapai berdasarkan norma kelas. Siswa yang paling besar skor yang didapat di kelasnya, adalah siswa yang memiliki kedudukan tertinggi di kelasnya.

Sedangkan PAP adalah cara penilaian, dimana nilai yang diperoleh siswa tergantung pada seberapa jauh tujuan yang tercermin dalam soal-soal tes yang dapat dikuasai siswa. Nilai tertinggi adalah nilai sebenarnya berdasarkan jumlah soal tes yang dijawab dengan benar oleh siswa. Dalam PAP ada passing grade atau batas lulus, apakah siswa dapat dikatakan lulus atau tidak berdasarkan batas lulus yang telah ditetapkan. Pendekatan PAN dan PAP dapat dijadikan acuan untuk memberikan penilaian dan memperbaiki sistem pembelajaran. Kemampuan lainnya yang perlu dikuasai guru pada kegiatan evaluasi atau pe-

nilaian hasil belajar adalah menyusun alat evaluasi. Alat evaluasi meliputi: tes tertulis, tes lisan, dan tes perbuatan.

Seorang guru dapat menentukan alat tes tersebut sesuai dengan materi yang disampaikan. Bentuk tes tertulis yang banyak dipergunakan guru adalah ragam benar/ salah, pilihan ganda, menjodohkan, melengkapi, dan jawaban singkat. Tes lisan adalah soal tes yang diajukan dalam bentuk pertanyaan lisan dan langsung dijawab oleh siswa secara lisan. Tes ini umumya ditujukan untuk mengulang atau mengetahui pemahaman siswa terhadap materi pelajaran yang telah disampaikan sebelumnya. Tes perbuatan adalah tes yang dilakukan guru kepada siswa, dalam hal ini siswa diminta melakukan atau memperagakannya.

Kualitas dan Ciri-ciri Proses Evaluasi yang Baik

1) **Validitas**

   Validitas merupakan kualitas yang menunjukkan hubungan antara suatu pengukuran (diagnosis) dengan arti atau tujuan kriteria belajar atau tingkah laku.

2) **Reliabilitas (Keandalan)**

   Reliabilitas merupakan kualitas yang menunjukkan kemantapan ekuivalensi atau stabilitas suatu pengukuran yang dilakukan.

3) **Obyektivitas**

   Obyektivitas adalah kualitas yang menunjukkan identitas atau kesamaan dari skor-skor atau diagnosis-diagnosis yang diperoleh dari data yang sama dan dari penskor-penskor kompeten yang sama.

Proses Evaluasi

4) **Proses Evaluasi Tes**

   Tes adalah suatu alat atau prosedur yang disistimatis dan objektif untuk memperoleh data atau keterangan yang diinginkan tentang seseorang dengan cara yang tepat dan tepat.

Proses tes adalah suatu proses dalam evaluasi yang digunakan untuk mengetahui hasil belajar murid dengan mempergunakan alat tes.

Menurut Hendyat Soetopo jenis tes, terdiri dari:

a) Dilihat dari sifatnya:
   (1) Tes verbal, yaitu tes yang menggunakan bahasa sebagai alat untuk melaksanakan tes.
   (2) Tes non verbal, yaitu tes yang tidak menggunakan bahasa sebagai alat untuk melaksanakan tes, tetapi menggunakan gambar, memberikan tugas.

b) Dilihat dari tujuannya:
   (1) Tes bakat yaitu tes yang digunakan untuk menyelidiki bakat seseorang
   (2) Tes intelegensi yaitu tes yang dilakukan untuk mengetahui kecerdasan seseorang.
   (3) Tes prestasi belajar yaitu tes yang dilakukan untuk mengegtahui prestasi seorang murid dari mata pelajaran yang diberikan
   (4) Tes diagnosik yaitu tes yang digunakan untuk menggali kelemahan atau problem yang dihadapi murid
   (5) Tes sikap yaitu tes yang dilakukan untuk mengetahui sikap seseorang murid terhadap sesuatu
   (6) Tes minat yaitu tes yang digunakan untuk mengetahui minat murid terhadap hal-hal yang disukai.

c) Dilihat dari pembuatannya:
   (1) Tes standar yaitu tes yang dibakukan mengandung prosedur yang seragam untuk menentukan nilai dan administrasinya.
   (2) Tes buatan guru yaitu tes yang dibuat oleh guru untuk kepentingan prestasi belajar.

d) Dilihat dari bentuk soalnya:

(1) Tes uarian (essay) yaitu tes yang bentuk soalnya sedemikian rupa sehingga memberi kesempatan kepada murid untuk menjawab secara bebas dengan uraian.

(2) Tes obyektif yaitu tes yang bentuk soalnya hanya memerlukan jawaban singkat sehingga tidak memungkinkan murid menjawab secara terurai.

e) Ditinjau dari objeknya:

(1) Tes individual yaitu suatu tes yang dalam pelaksanaannya memerlukan waktu yang cukup panjang.

(2) Tes kelompok yaitu tes yang dilakukan terhadap beberapa murid dalam waktu yang sama.

5) Proses Evaluasi Non Tes

Proses non tes adalah alat penilaian yang dilakukan tanpa melalui tes. Tes ini digunakan untuk menilai karakteristik lain dari murid. Adapun proses non tes dapat dilakukan dengan cara:

a) Observasi

Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan secara sistematis dan sengaja melalui proses pengamatan dan pendekatan terhadap gejala-gejala yang diselidiki.

Fungsi observasi untuk memperoleh gambaran dan pengetahuan serta pemahaman mengenai diri murid, serta untuk menunjang dan melengkapi bahan-bahan yang diperoleh melalui interview.

Jenis observasi antara lain:

(1) Observasi partisipasi, umumnya dipergunakan untuk penelitian yang bersifat eksplorasi.

(2) Observasi sistematik, sebelum mengadakan observasi terlebih dahulu dibuat kerangka tentang berbagai faktor dan ciri-ciri yang akan diobservasi.

(3) Observasi eksperimental, adalah suatu observasi yang membuat variasi situasi untuk menimbulkan tingkah laku tertentu dan situasi tersebut dibuat sengaja.

b) Interview (wawancara)

Wawancara adalah alat pengumpulan data yang dilakukan secara bertatap muka bertujuan untuk menjaring data dan informasi murid dengan jalan bertanya secara lisan dan langsung kepada sumber data (murid) ataupun kepada orang lain.

Jenis wawancara, yaitu:

(1) Wawancara jabatan, ialah wawancara yang ditujukan untuk mencocokkan seorang calon pegawai dengan pekerjaan yang tepat

(2) Wawancara informatif, ialah wawancara yang ditujukan untuk memperoleh data atau memberikan informasi

(3) Wawasan disipliner, ialah wawancara yang ditujukan untuk menuntut perubahan tingkahlaku seseorang kearah kegiatan yang diinginkan pewawancara

(4) Wawancara penyuluhan, ialah wawancara yang bertujuan untuk memberikan bantuan kepada individu dalam memecahkan masalah

c) *Problem* Checklist (Daftar Cek Masalah)

Daftar cek masalah adalah seperangkat pertanyaan yang menggambarkan jenis-jenis masalah yang mungkin dihadapi murid.

Alasan menggunakan daftar cek masalah yaitu, efisiensi karena dengan menggunakan daftar cek masalah data yang diperoleh akan lebih banyak dalam waktu yang relative singkat. Selain itu juga, menggunakan daftar cek masalah lebih intensif karena data yang diperoleh lebih diteliti, mendalam dan luas. Serta daftar cek masalah valid dan reliable, maka secara langsung individu yang bersangkutan akan dapat mencek yang ada pada dirinya.

d) Angket (kuesioner)

Angket (kuesioner) adalah seperangkat pertanyaan yang harus dijawab oleh responden yang digunakan untuk mengubah berbagai keterangan yang langsung diberikan oleh responden. Angket sebagai alat pengumpul data mempunyai cirri khas yang membedakan dengan alat pengumpul data yang lainnya, yaitu terletak pada pengumpulan data yang melalui daftar pertanyaan tertulis yang disusun dan disebarkan untuk mendapatkan informasi atau keterangan dari sumber data yang berupa orang.

e) Sosiometri-sosiogram

Sosiometri adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengukur hubungan social di dalam kelompoknya. Sosiometri digunakan untuk mengumpulkan data tentang dinamika kelompok, untuk mengetahui popularitas seseorang dalam kelompoknya, serta memiliki kesukaran seseorang terhadap teman-temannya dalam kelompok baik dalam kegiatan belajar, bermain, bekerja dengan kegiatan-kegiatan kelompok lainnya.

Kegunaan sosiometri yaitu memperbaiki hubungan insane diantara anggota-anggota kelompok, menentukan kelompok kerja tertentu, meneliti kemampuan memimpin seseorang dalam kelompok, untuk mengatur tempat duduk dalam kelas, untuk mengetahui perpecahan kelompok dalam masyarakat

Penyusunan Tes Hasil Belajar

Dalam pengukuran hasil belajar kita memerlukan alat-alat yang digunakan dalam pengukuran seperti tes. Jika tes yang akan digunakan sudah tersedia dan cukup memenuhi syarat maka kita tinggal memilih tes yang telah tersedia. Tetapi apabila tes tersebut belum ada maka kita harus menyusun sendiri tes

yang akan dipergunakan. Dalam penyusunan tes hasil belajar ada beberapa langkah yang harus ditempuh, seperti:

1) Menyusun Layout

Suatu tes hasil belajar baru dapat dikatakan tes yang baik apabila materi yang tercantum dalam item-item tes tersebut merupakan pilihan yang cukup mewakili terhadap materi pelajaran yang diungkapkan dalam item-item suatu hasil belajar, hanya menyangkut sebagian kecil dari keseluruhan materi yang dikuasai oleh murid-murid.

Untuk mendapatkan suatu tes hasil belajar yang cukup mewakili terhadap bahan yang ditetapkan dapat dilakukan dengan mengadakan analisa rasional. Artinya kita mengadakan analisa berdasarkan fikiran-fikiran yang logis, bahan-bahan apa yang perlu kita kemukakan dalam suatu tes, sehingga tes yang kita susun tersebut benar-benar merupakan pilihan yang mewakili terhadap ketentuan yang terdapat pada sumber-sumber tertentu seperti: tujuan pengajaran, rencana pengajaran, buku-buku pedoman, dan ketentuan-ketentuan lainnya.

Dalam layout ada hal penting yang perlu dicantumkan, yaitu:

a) Ruang lingkup dari pengetahuan yang akan diukur sesuai dengan rencana pelajaran yang telah ditetapkan dalam kurikulum
b) Proporsi jumlah item dari pada tiap-tiap sub materi. Proporsi jumlah item untuk tiap-tiap sub materi hendaknya sesuai dengan proporsi dari pada luas masing-masing sub materi.
c) Jenis pengetahuan atau aspek proses mental yang hendak diukur, seperti: aspek kognitif, afektif dan psikomotorik.
d) Bentuk tipe tes yang akan dipergunakan lebih dari satu bentuk.

2) Menulis Soal

Setelah kita menyusun layout, maka langkah selanjutnya adalah menuliskan pertanyaan-pertanyaan. Untuk menuliskan soal-soal yang baik harus berpedoman kepada sasaran-sasaran atau tujuan pengajaran dalam penyusunan item untuk tiap-tiap tipe tes. Banyaknya item yang ditulis hendaknya lebih banyak daripada yang diperlukan, sehingga dapat memilih item yang lebih baik.

3) Menata Soal

Setelah soal-soal yang diperlukan untuk suatu tindakan evaluasi mencukupi maka langkah selanjutnya ialah mengatur soal-soal tersebut. Dalam pengaturan ini kita kelompokkan soal-soal itu menurut bentuknya, seperti pilihan ganda, essay, dan menjodohkan.

Disamping pengaturan menurut bentuknya, soal itu hendaknya diatur pula menurut taraf kesukarannya dari mulai taraf ringan, sedang, sampai taraf berat.

4) Menetapkan Skor

Langkah selanjutnya yaitu, menetapkan besarnya skor yang diberikan untuk setiap item. Artinya kita tetap beberapa skor yang akan diberikan untuk setiap jawaban murid. Cara menskor yang banyak dilakukan adalah memberikan skor satu untuk setiap jawaban yang betul.

Tetapi kerap kali diperlukan cara pemberian skor lain pula, misalnya untuk menhindari terjadinya pemberian skor yang terlampau rendah atau terlampau tinggi untuk pertanyaan-pertanyaan tertentu. Dalam hal ini dipergunakan skor yang sebelumnya telah ditetapkan besarnya, yaitu yang mengenai prinsip-prinsip pokok disediakan skor yang lebih besar daripada pertanyaan-pertanyaan yang kurang penting.

5) Reproduksi Tes

Setelah semua langkah-langkah tersebut diatas dilampaui, maka langkah terakhir adalah memproduksi tes. Reproduksi ini dapat dalam bentuk ketikan atau cetakan. Jumlah reproduksi kita sesuaikan dengan jumlah kebutuhan.

6) Analisa empiris terhadap suatu tes hasil belajar

Apabila suatu tes telah selesai kita laksanakan maka hasil-hasil yang ditimbulkan oleh tes tadi kita adakan analisa. Analisa yang kita lakukan setelah suatu tes selesai dilaksanakan adalah untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a) Bagaimanakah kualitas daripada item-item yang kita gunakan?
b) Apakah item-item tersebut sudah cukup baik atau belum?
c) Kalau belum dimana letak kelemahannya?
d) Apakah item tersebut masih bisa direvisi atau harus dihapus?

Analisa semacam ini disebut analisa empiris. Dengan analisa empiris ini dapat kita ketahui apakah tes yang kita susun itu sudah merupakan tes yang baik atau belum? Dengan analisa empiris ini dapat diketahui item-item mana yang perlu diubah atau diperbaiki bahkan dihapus, dan item-item mana yang baik dipergunakan untuk selanjutnya.

umumnya suatu tes hasil belajar baru merupakan tes yang baik, setelah diadakan revisi beberapa kali, berdasarkan hasil-hasil analisa empiris. Oleh karena itu, analisa empiris perlu dialakukan melaui analisa empiris ini akan diketahui kelemahan-kelemahan dari suatu item yang kita gunakan yang selanjutnya kelemahan-kelemahan tersebut diperbaiki.

Dengan analisa empiris yang berulang kali kita lakukan akan mendapatkan item-item tes yang cukup baik. Item-item yang cukup baik ini dapat kita simpan dalam bank soal dan dapat digunakan untuk keperluan evaluasi selanjutnya.[5]

Evaluasi Hasil Belajar

Evaluasi hasil belajar dapat dilakukan dengan penilaian kelas, tes kemampuan dasar, penilaian akhir satuan pendidikan dan sertifikasi, bench marking dan penilaian program.

1) Penilaian Kelas

Penilaian kelas dilakukan dengan ulangan harian, ulangan umum dan ujian akhir. Ulangan Harian dilakukan setiap selesai proses pembelajaran dalam satuan bahasan atau kompetensi tertentu. Ulangan harian ini terdiri dari seperangkat soal yang harus dijawab para peserta didik, dan tugas – tugas terstruktur yang berkaitan dengan konsep yang sedang di bahas. Ulangan harian minimal dilakukan tiga kali dalam satu semester. Ulangan harian ini, terutama ditujukan untuk memperbaiki modul dan program pembelajaran, tetapi tidak menutup kemungkinan digunakan untuk tujuan – tujuan lain, misalnya sebagai bahan pertimbangan dalam memberikan nilai bagi para peserta didik.

Ulangan umum dilaksanakan setiap akhir semester, dengan bahan yang diujikan sebagai berikut :

a) Ulangan umum semester pertama soalnya diambil dari materi semester pertama.
b) Ulangan umum semester kedua soalnya merupakan gabungan dari materi semester pertama dan semester kedua, dengan penekanan pada materi semester kedua.

Ulangan umum dilaksanakan secara bersama untuk kelas – kelas paralel, dan pada umumnya dilakukan ulangan umum bersama baik tingkat rayon, kecamatan, kodya / kabupaten maupun provinsi. Hal ini, dilakukan terutama dimaksudkan untuk meningkatkan pemerataan mutu pendidikan dan untuk menjaga keakuratan soal – soal yang diujikan. Di samping untuk menghemat tenaga dan biaya, pengembangan soal bisa dilakukan oleh bang soal, dan bisa dipergunakan secara berulang – ulang selama soal tersebut masih layak dipergunakan.

Ujian akhir dilakukan pada akhir program pendidikan. Bahan – bahan yang diujikan meliputi seluruh materi modul yang telah diberikan, dengan penekanan pada bahan – bahan yang diberikan pada kelas – kelas tinggi. Hasil evaluasi akhir ini terutama digunakan untuk menentukan kelulusan bagi setiap peserta didik dan layak tidaknya untuk melanjutkan pendidikan pada tingkat diatasnya.

Penilaian kelas dilakukan oleh guru untuk mengetahui kemajuan dan hasil belajar peserta didik, mendiagnosa kesulitan belajar, memberikan umpan balik untuk perbaikan proses pembelajaran dan penentuan kenaikan kelas.

2) Tes Kemampuan Dasar

Tes Kemampuan Dasar dilakukan untuk mengetahui kemapuan membaca, menulis dan berhitung yang di perlukan dalam rangka memperbaiki program pembelajaran (program remedial). Tes kemampuan dasar dilakukan pada setiap tahun.

3) Penilaian Akhir Satuan Pendidikan dan Sertifikasi

Pada setiap akhir semester dan tahun pelajaran diselenggarakan kegiatan penilaian guna mendapatkan gambaran secara utuh dan menyeluruh mengenai ketuntasan belajar peserta didik dalam satuan waktu tertentu. Untuk keperluan sertifikasi, kinerja dan hasil belajar yang dicantumkan dalam Surat Tanda Tamat Belajar atau Ijazah tidak semata – mata didasarkan atas hasil penilaian pada akhir jenjang sekolah.

4) Benchmarking

Benchmarking merupakan suatu standar untuk mengukur kinerja yang sedang berjalan, proses dan hasil untuk mencapai suatu keunggulan yang memuaskan. Ukuran keunggulan dapat ditentukan ditingkat sekolah, daerah atau nasional. Penilaian dilaksanakan secara berkesinambungan

sehingga peserta didik dapat mencapai satuan tahap keunggulan pembelajaran yang sesuai dengan kemampuan usaha dan keuletannya.

Untuk dapat memperoleh data dan informasi tentang pencapaian benchmarking tertentu dapat diadakan penilaian secara nasional yang dilaksanakan pada satuan pendidikan. Hasil penilaian tersebut dapat dipakai untuk memberikan peringkat kelas dan tidak untuk memberikan nilai akhir peserta didik. Hal ini, dimaksudkan sebagai salah satu dasar untuk pembinaan guru dan kinerja sekolah.

5) Penilaian Program

Penilaian program dilakukan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaanserta Dinas Pendidikan secara kontinyu dan berkesinambungan. Penilaian program dilakukan untuk mengetahui kesesuaian kurikulum dengan dasar, fungsi dan tujuan pendidikan nasional serta kesesuaiannya dengan tuntutan perkembangan masyarakat dan kemajuan zaman.

D. Aktivitas Pembelajaran

Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelummempelajari materi pembelajaranPengelolaan Utilitas? Sebutkan!

2) Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

3) Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

4) Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

5) Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

6) Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telahmencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**.Jika Saudara bisa menjawab pertanyan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudarabisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas 1 : Prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Penilaian autentik merupakan suatu pendekatan penilaian yang memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas atau masalah, dengan mengekspresikan pengetahuan dan keterampilan serta sikapnya sesuai kaidah-kaidah yang berlaku di dunia nyata atau dunia kerja.

Melalui diskusi di dalam kelompok Saudara, tentukan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan tuntutan penilaian autentik. Selain itu, aspek-aspek apa saja yang penting untuk dinilai dan di evaluasi.

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-01.**

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang prinsip dan aspek penting dalam penilaian dan evaluasi, bacalah kembali uraian materi pada bahan pembelajaran 1.

Aktivitas 2 : Prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Pada penilaian dan evaluasi terdapat sejumlah prosedur yang harus dilalui secara bertahap. Menurut saudara, prosedur yang perlu diperhatikan dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar.

Melalui diskusi dalam kelompok, tuliskan pendapat kelompok saudara pada **LK-02**. Untuk memperdalam pengetahuan saudara tentang prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, Saudara disarankan membaca uraian materi poin 7 pada bahan pembelajaran 1.

Aktivitas 3 : Pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Pada penilaian autentik, terdapat aspek-aspek yang wajib dinilai dan dievaluasi diadministrasikan dengan mengunakan berbagai instrumen. Diskusikan dalam kelompok bagaimana bentuk instrumen dari setiap aspek tersebut. Jawaban kelompok saudara agar dituangkan pada **LK-03.**

Aktivitas 4 :Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar

Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperolehsiswa pada ulangan harian ,ulangan tengah semester, ulangan akhir semester, dan ulangan kenaikan kelas.

Menurut Saudara, untuk apa analisistehadap hasil penilaian di setiap macam ulangan tersebut dilakukan? Diskusikan hal tersebut dalam kelompok saudara dan hasil diskusi itu dicantumkan pada **LK-04.**Untuk memperdalam pemahaman saudara tentang hal tersebut, uraian materi pada pembelajaran 1 dapat membantu.

E. Rangkuman

1. Penilaian autentik merupakan suatu pendekatan penilaian yang memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas atau masalah, dengan mengekspresikan pengetahuan dan keterampilan serta sikapnya sesuai kaidah-kaidah yang berlaku di dunia nyata atau dunia kerja
2. Dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, pendidik perlu memperhatikan prinsip-prinsip penilaian yaitu: valid/sahih, objektif, transfaran/terbuka, adil, terpadu, menyeluruh dan berkesinambungan, sistematis, akuntabel, serta beracuan kriteria.
3. Dalam dunia pendidikan, ada tiga aspek yang menjadi sasaran evaluasi pembelajaran, yaitu aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik.
4. Prosedur yang perlu diperhatikan dalam melakukan penilaian antar lain adalah: mengkaji materi pembelajaran, memilih teknik penilaian, merumuskan kisi-kisi,

menulis butir soal, melalukan penimbangan/*review,* melakukan perbaikan hasil review, melaksanakan ujicoba dan penggandaan, melaksanakan pengujian, melakukan penskoran, dan melakukan keputusan akhir dari kegiatan penilaian.

5. Instrumen penilaian yang akan dipergunakan harus dikembangkan oleh guru. Instrumen yang dikembangkan meliputi aspek sikap, keterampilan, dan pengetahuan.
6. Hasil penilaian oleh pendidik setiap semester perlu diolah untuk diadministrasikan ke dalam buku laporan hasil belajar (rapor). Nilai rapor merupakan gambaran pencapaian kemampuan peserta didik dalam satu semester.
7. Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperolehsiswa pada ulangan harian (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas, produk),ulangan tengah semester(tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), ulangan akhir semester (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), dan ulangan kenaikan kelas (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan pruduk)
8. Evaluasi proses adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan dengan sengaja untuk melihat tingkat keberhasilan proses belajar atau pengajaran yang telah dilaksanakan.
9. Evaluasi hasil belajar adalah kegiatan atau cara yang ditujukan untuk mengetahui tercapai atau tidaknya tujuan pembelajaran dan juga proses pembelajaran yang telah dilakukan

F. Tes Formatif

1. Jelaskan perbedaan antara pengukuran, penilaian, dan evaluasi!
2. Jelaskan prinsip-prinsip yang harus diperhatikan dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar!
3. Jelaskan tentang enam jenjang proses berpikir dalam ranah kognitif!

4. Jelaskan secara rinci tentang prosedur dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar!
5. Jelaskan tentang analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar!

G. Kunci Jawaban

1. *Measurement* atau pengukuran diartikan sebagai proses untuk menentukan luas atau kuantitas sesuatu (Wondt, Edwin and G.W. Brown, 1957:1), dengan pengertian lain pengukuran adalah suatu usaha untuk mengetahui keadaan sesuatu seperti adanya yang dapat dikuantitaskan, hal ini dapat doperoleh dengan jalan tes atau cara lain. Penilaian dalam konteks hasil belajar diartikan sebagai kegiatan menafsirkan data hasil pengukuran tentang kecakapan yang dimiliki siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran. Evaluasi dan penilaian lebih bersifat komprehensif yang meliputi pengukuran , sedangkan tes merupakan salah satu alat *(instrument*) pengukuran. Pengukuran lebih memebatasi kepada gambaran yang bersifat kuantitatif (angka-angka) tentang kemajuan belajar peserta didik (learning progres), sedangkan evalusi dan penilaian lebih bersifat kualitatif.

2. prinsip-prinsip penilaian yang harus diperhatikan dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar:
   a. Valid/sahih

      Penilaian hasil belajar oleh pendidik harus mengukur pencapaian kompetensi yang ditetapkan dalam standar isi (standar kompetensi dan kompetensi dasar) dan standar kompetensi lulusan. Penilaian valid berarti menilai apa yang seharusnya dinilai dengan menggunakan alat yang sesuai untuk mengukur kompetensi.
   b. Objektif

      Penilaian hasil belajar peserta didik hendaknya tidak dipengaruhi oleh subyektivitas penilai, perbedaan latar belakang agama, sosial-ekonomi, budaya, bahasa, gender, dan hubungan emosional.
   c. Transparan/terbuka

      Penilaian hasil belajar oleh pendidik bersifat terbuka artinya prosedur penilaian, kriteria penilaian dan dasar pengambilan keputusan terhadap hasil belajar peserta didik dapat diketahui oleh semua pihak yang berkepentingan.
   d. Adil

Penilaian hasil belajar tidak menguntungkan atau merugikan peserta didik karena berkebutuhan khusus serta perbedaan latar belakang agama, suku, budaya, adat istiadat, status sosial ekonomi, dan gender.

e. Terpadu

Penilaian hasil belajar oleh pendidik merupakan salah satu komponen yang tak terpisahkan dari kegiatan pembelajaran.

f. Menyeluruh dan berkesinambungan

Penilaian hasil belajar oleh pendidik mencakup semua aspek kompetensi dengan menggunakan berbagai teknik penilaian yang sesuai, untuk memantau perkembangan kemampuan peserta didik.

g. Sistematis

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilakukan secara berencana dan bertahap dengan mengikuti langkah-langkah baku.

h. Akuntabel

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dapat dipertanggungjawabkan, baik dari segi teknik, prosedur, maupun hasilnya.

i. Beracuan kriteria

Penilaian hasil belajar oleh pendidik didasarkan pada ukuran pencapaian kompetensi yang ditetapkan.

3. Enam jenjang proses berpikir dalam ranah kognitif meliputi:

Pengetahuan adalah kemampuan seseorang untuk mengingat-ingat kembali (*recall*) atau mengenali kembali tentang nama, istilah, ide, gejala, rumus-rumus, dan lain-lain tanpa mengharapkan kemampuan untuk menggunakannya. Pengetahuan atau ingatan ini merupakan tingkat berpikir yang paling rendah. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada jenjang pengetahuan adalah peserta didik dapat menghafal surat al-'Ashr, menerjemahkan dan menuliskannya kembali secara baik dan benar, sebagai salah satu materi pelajaran kedisiplinan yang diberikan guru Pendidikan Agama Islam di sekolah. Contoh lainnya, peserta didik dapat mengingat kembali peristiwa kelahiran Rasulullah saw.

Pemahaman adalah kemampuan seseorang untuk mengerti dan memahami sesuatu setelah sesuatu itu diketahui dan diingat. Dengan kata lain, memahami adalah mengetahui tentang sesuatu dan dapat melihatnya dari berbagai segi. Seorang peserta didik dapat dikatakan memahami sesuatu apabila dia dapat memberikan penjelasan yang rinci tentang sesuatu tersebut dengan menggunakan kata-katanya sendiri. Pemahaman merupakan tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi dari ingatan atau hafalan. Salah satu contoh hasil belajar ranah kognitif pada jenjang pemahaman adalah peserta didik dapat menguraikan tentang makna kedisiplinan yang terkandung dalam surat al-'Ashr secara lancer dan jelas.

Penerapan atau aplikasi adalah kesanggupan seseorang untuk menerapkan atau menggunakan ide-ide umum, tata cara ataupun metode-metode, prinsip-prinsip, rumus, teori dan lain-lain dalam situasi yang baru dan kongkrit. Aplikasi atau penerapan ini adalah tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi daripada pemahaman. Salah satu contoh hasil belajar kognitif jenjang aplikasi adalah peserta didik mampu memikirkan tentang penerapan konsep kedisiplinan yang diajarkan oleh Islam dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan keluarga, sekolah maupun di masyarakat.

Analisis adalah kemampuan seseorang untuk merinci atau menguraikan suatu bahan atau keadaan menurut bagian-bagian yang lebih kecil dan mampu memahami hubungan di antara bagian-bagian tersebut. Taraf berpikir analisis adalah setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir aplikasi. Contoh hasil belajar analisis adalah peserta didik dapat merenung dan memikirkan dengan baik tentang wujud nyata kedisiplinan seorang siswa sehari-hari di rumah, di sekolah, dan di masyarakat sebagai bagian dari ajaran Islam.

Sintesis adalah kemampuan berpikir yang merupakan kebalikan dari proses berpikir analisis. Sintesis merupakan suatu proses berpikir yang memadukan bagian-bagian atau unsur-unsur secara logis, sehingga menjelma menjadi suatu pola yang berstruktur atau berbentuk pola baru. Taraf berpikir sintesis kedudukannya setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir analisis. Salah satu contoh hasil belajar

kognitif pada taraf sintesis adalah peserta didik mampu menulis karangan tentang pentingnya kedisiplinan sebagaimana telah diajarkan oleh Islam. Dalam karangannya itu, peserta didik juga dapat mengemukakan secara jelas gagasan-gagasannya sendiri atau orang lain, data-data atau informasi lain yang mendukung pentingnya kedisiplinan.

Penilaian atau penghargaan atau evaluasi merupakan jenjang berpikir paling tinggi dalam ranah kognitif menurut taksonomi Bloom. Penilaian atau evaluasi merupakan kemampuan seseorang untuk membuat pertimbangan terhadap suatu situasi, nilai, atau ide. Misalnya, jika seseorang dihadapkan pada beberapa pilihan maka dia akan mampu memilih satu pilihan yang terbaik sesuai dengan patokan-patokan atau criteria yang ada. Contoh hasil belajar kognitif taraf evaluasi adalah peserta didik mampu mengidentifikasi manfaat kedisiplinan dan mudharat kemalasan sehingga pada akhirnya dia berkesimpulan dan menilai bahwa kedisiplinan di samping merupakan perintah Allah swt juga merupakan kebutuhan manusia itu sendiri.

4. Prosedur dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar adalah sebagai berikut :

   Mengkaji Materi Pembelajaran

   Tahap pertama yang harus dilakukan guru sebagai penilai adalah mempelajari dan mengkaji materi pembelajaran dari satu atau lebih kompetensi dasar. Kajian materi ini dapat dilakukan melalui beberapa referensi untuk memperoleh bahan secara komprehensif dari beragam sumber dengan bertolak pada kompetensi yang diharapkan.

   Memilih Teknik Penilaian

   Tahap kedua Guru memilih atau menentukan teknik penilaian sesuai dengan kebutuhan pengukuran. Secara garis besar, teknik penilaian dapat digolongkan menjadi dua, yaitu penilaian melalui tes dan non tes. Dalam menentukan keakuratan perlu dipertimbangkan pemilihan teknik, yaitu tingkat ke-akurat-an dan kepraktisan penyusunan dalam setiap butir soal/instrumen.

Perumusan Kisi – Kisi

Tahap ketiga merumuskan dan membuat matrik kisi-kisi sesuai dengan teknik penilaian yang telah ditentukan.

Penulisan Butir Soal

Tahap keempat, guru menulis dan membuat butir-butir soal/instrumen yang sesuai dengan kisi-kisi dan bentuk soal/instrumen yang telah ditentukan. Bila guru menggunakan teknik non tes, maka diperlukan untuk membuat pedoman pengisian instrumen. Misalnya untuk observasi atau wawancara.

Penimbangan/Review

Dalam tahap ini, butir soal dan atau pedoman yang telah disusun guru, ditimbang secara rasional (analisis rasional oleh guru); dibaca, ditelaah dan dikaji kembali butir-butir soal dan atau pedoman yang dibuat telah memenuhi persyaratan.

Perbaikan

Pedoman diperbaiki sesuai dengan hasil penimbangan, bagian-bagian mana yang perlu dikurangi atau ditambah kalimat atau kata-katanya perbaikan inipun biasanya didasarkan kepada pemikiran peserta didik untuk memahami isi dari kalimat yang diberikan, hal ini mengandung arti bahwa kalimat yang disusun hendaknya mudah di pahami oleh para peserta didik .

Uji-coba dan Penggandaan.

Uji-coba terhadap instrumen yang dibuat adalah untuk menentukan apakah butir soal/isntrumen yang dibuat telah memenuhi kriteria yang dituntut, sudahkah mempunyai tingkat ketetapan, ketepatan, tingkat kesukaran dan daya pembeda yang memadai. Untuk bentuk non tes kriterianya dituntut adalah tingkat ketepatan (validitas) dan ketetapan (reliabilitas) sehingga diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang baku (standar)

Diuji (diteskan)

Setelah diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang memenuhi persyaratan sudah barang tentu perangkat alat ini diorganisasikan, disusun berdasarkan pada bentuk-bentuk atau model-model soal bagi perangkat tes, dan untuk perangkat non tes.Setelah perangkat tes maupun non tes digandakan kemudian siap untuk diujikan.

Pemberian Skor

Lembar jawaban peserta didik dikumpulkan dan disusun berdasarkan nomer induk peserta didik untuk memudahkan dalam memasukkan skor peserta didik. Kemudian dilakukan pemberian skor sesuai dengan kunci jawaban, sehingga diperoleh skor setiap peserta didik. Untuk bentuk soal objektif diberi skor 1 jika benar dan 0 jika salah, sedangkan skor bentuk *essay* bergantung kepada tingkat kesulitan soal. Untuk menafsirkan siapa yang lulus dan tidak lulus bergantung pada batas lulus yang dipergunakan oleh guru.

Putusan.

Setelah pengelolaan, sampai pada menafsirkan, guru memperoleh putusan akhir dari kegiatan penilaian. Putusan yang diambil diharapkan obyektif sesuai dengan aturan.

5. Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar

   Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperolehsiswa pada ulangan harian (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas, produk),ulangan tengah semester(tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), ulangan akhir semester (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), dan ulangan kenaikan kelas (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan pruduk).

LEMBAR KERJA KB-1

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengelolaan Utilitas? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LK - 01

1. Apa saja yang merupakan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan tuntutan penilaian autentik.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Jelaskan pengertian dari masing-masing prinsip tersebut.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Terdapat tiga aspek yang harus dinilai dan di evaluasi. Tuliskan ketga aspek tersebut beserta alasan mengapa ketiganya diperlukan.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LK - 02

1. Prosedur ang harus dilalui dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Uraikan kegiatan yang dilakukan dari setiap prosedur tersebut di atas.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LK - 03

Pada penilaian autentik, terdapat tiga aspek yang wajib dinilai dan dievaluasi yaitu sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Ketiga aspek ini diadministrasikan dengan mengunakan instrumen. Tugas Saudara adalah menuangkan bentuk instrumen dari setiap aspek tersebut.

1. Instrumen Aspek Sikap

2. Instrumen Aspek Pengetahuan

3. Instrumen Aspek Keterampilan

LK - 04

Apa saja yang merupakan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan tuntutan penilaian autentik.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Jelaskan pengertian dari masing-masing prinsip tersebut.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Terdapat tiga aspek yang harus dinilai dan di evaluasi. Tuliskan ketga aspek tersebut beserta alasan mengapa ketiganya diperlukan.

.....

.....

.....

.....

.....

Kegiatan Pembelajaran 2 Pemipaan Dengan Tekanan Tinggi Dan Rendah

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Pemipaan dengan tekanan tinggi dan disediakan bahan serta alat praktik, peserta diklat dapat memiliki kemampuan sikap, pengetahuan, dan keterampilan sesuai ketentuan di dunia kerja yaitu:

1) Mendeskripsikan Pemipaan dengan tekanan tinggi dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
2) Menjelaskan Pemipaan dengan tekanan rendah dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
3) Mengamati tentang tekanan air untuk perancangan Sistem Pemipaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.

B. Indikator Pencapaian Komptensi

1) Menganalisis Pemipaan dengan tekanan tinggi
2) Menjelaskan Pemipaan dengan tekanan rendah
3) Mengamati Menganalisis Pemipaan dengan tekanan tinggi

C. Uraian Materi

Sistem pemipaan (*piping sistem*) yang ada dewasa ini telah berkembang sedemikian pesatnya, tentu ini merupakan kebutuhan yang sangat vital baik pada pembangunan industri maupun konstruksi bangunan pengetahuan tentang sistem pemipaan yang ada akan lebih meningkat seiring dengan kebutuhan dunia usaha / industri yang terbuka dan sehat.

Pengertian *"Piping Work"* atau pekerjaan pipa secara umum adalah pemasangan suatu sistem pemipaan yang akan digunakan sebagai sarana untuk meneruskan media berupa Air, *Steam* (uap air), Gas, Minyak atau *fluida-fluida* (cairan) yang lain dari suatu tempat ke

tempat yang lain yang dikehendaki (sesuai dengan perencanaan/ desain yang dikehendaki).

Tahapan pekerjaan pipa dimulai dari tahapan perencanaan, proses engineering, fabrikasi sampai dengan pipa tersebut siap untuk ditest (diuji).

Menurut kegunaannya pekerjaan pipa dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, antara lain:

(1) *Marine Piping* Yaitu proses pekerjaan pipa yang berhubungan dengan ,laut;
(2) *Transportation Piping*:adalah proses pekerjaan pipa untuk kebutuhan industri (*industrial plant*) dimana pipa-pipa yang ada digunakan untuk meneruskan (menghantarkan) media yang ada (uap, gas, air, minyak, dan lain sebagainya);
(3) *Civil Piping* : pada proses ini pekerja pipa yang dikerjakan kebanyakan ditanam didalam tanah (*undergroundpipe*) yang biasanya digunakan untuk menyalurkan media yang berupa *fluel*, air dan gas;
(4) *Plumbing Piping*:atau yang biasa disebut sebagai komersial piping, proses pekerjaan ini kebanyakan adalah proses pekerjaan pipa yang dipasang pada gedung-gedung (gedung bertingkat, sekolah, pusat pelayanan umum serta bangunan gedung yang lain).

Secara prinsip cara pemasangan dan pengerjaan pipa yang tersebut diatas adalah sama, yang berbeda adalah karena media-media yang akan melalui pipa tersebut berlainan serta sistem operasional yang tidak sama (mempunyai tekanan yang berbeda) maka penentuan jenis material pipa yang akan digunakan akan berbeda pula sesuai dengan klasifikasi, spesifikasi serta ketentuan-ketentuan yang diijinkan.

Perbedaan-perbedaan yang ada pada material inilah menyebabkan karakteristik atau sifat-sifat yang terkandung pada meterial tersebut berbeda pula, sehingga sering kita jumpai bahwa terdapat suatu pekerjaan pipa yang pada proses pekerjaannya memerlukan suatu perlakuan yang khusus.

Seorang ahli pipa sebelum memulai proses pekerjaannya baik pekerjaan fabrikasi maupun pekerjaan pemasangan (*installation*) harus terlebih dahulu mengerti serta memahami

beberapa persyaratan-persyaratan dasar, persyaratan ini adalah merupakan pengetahuan dasar (*basic knowledge*) yang sangat membantu seorang ahli pipa dalam menyelesaikan pekerjaannya dengan sempurna, dalam arti pekerjaan tersebut diselesaikan dalam waktu singkat dengan tidak mengabaikan segala aspek/persyaratan terkait didalamnya (baik kualitas, keselamatan, biaya serta aspek yang lainnya).

Adapun persyaratan-persyaratan tersebut antara lain adalah:

1) Seorang ahli pipa harus bisa dan mengerti bagaimana membaca gambar yang benar, khususnya gambar isometric, serta memahami gambar yang lain yang berhubungan dengan pekerjaannya. Sebelum memulai pekerjaannya seorang ahli pipa biasanya dilengkapi dengan beberapa gambar seperti P & ID (P*iping dan Instrument Diagram*), gambar Lay-out (*Lay-out / Plan drawing*) serta gambar isometric (*isometric drawing*)

   Gambar tersebut diatas digunakan sebagai alat pemandu bagi seorang ahli pipa dalam melaksanakan serta menyelesaikan pekerjaannya, biasanya pada saat proses pekerjaan berlangsung seorang ahli pipa akan menggunakan serta berpedoman pada gambar isometric karena pada gambar tersebut dapat dilihat serta diketahui darimana pipa tersebut akan dipasang disambung (*diconect*), karena pipa tersebut akan melanjutkan / menghantarkan media yang ada didalamnya, ukuran dari pipa itu sendiri, media apa yang mengalir didalamnya, kelengkapan (*accessories*) dan peralatan lain yang akan dipasang pada pipa tersebut, juga biasanya terdapat pesyaratan serta batasan-batasan untuk pekerjaan testing yang akan dilaksanakan pada pipa tersebut.

   Tetapi apabila pada gambat isometric terdapat suatu ketidak jelasan maka seorang ahli pipa harus melihat serta meneliti kembali gambar Lay-out serta gambar P & ID (P*iping dan Instrument Diagram*), disamping harus memperhatikan juga persyaratan dan ketentuan-ketentuan yang lain.

2) Seorang ahli pipa harus mengetahui serta memahami norma keselamatan kerja, mengingat pada prosesnya pekerjaan pipa sangatlah beresiko tinggi terhadap

kecelakaan serta keselamatan kerja sehingga diharapkan dengan memahami kaidah keselamatan kerja maka proses pelaksanaan dari pekerjaan pipa yang akan berlangsung dapat menekan sekecil mungkin kemungkinan yang ada.

3) Seorang ahli pipa harus mengerti dan memahami cara penyambungan yang akan dipakai pada proses pekerjaan pipa yang akan dilaksanakan karena dengan mengetahui dan memahami cara-cara tersebut maka seorang ahli pipa dapat mempersiapkan pekerjaannya guna mendukung proses selanjutnya. Sehingga bisa dihasilkan suatu penyambung bermutu dengan kualitas dapat dipertanggung jawabkan.
4) Seorang ahli pipa diharapkan mengerti akan dasar-dasar cara pengangkatan material (*rigging basic*) yang membantu kinerja seorang ahli pipa proses pekerjaannya dikarenakan pada prosesnya pekerjaan pipa tidak hanya bergantung pada suatu departemen saja (*rigging departement*),
5) Pengetahuan akan barang-barang (*material*) serta alat dan bahan-bahan habis (*tools and consumables*) sangatlah perlu dimengerti oleh seorang ahli pipa yang diharapkan dapat membantu proses pekerjaannya, sehingga penggunaan seta cara penyimpanannua (*house keeping*) yang dilaksanakan akan sesuai dengan kebutuhan yang ada.

Memahami dasar-dasar pemipaan

Piping atau pemipaan, adalah pekerjaan yang akan selalu ditemukan dalam sebuah proyek migas. Walaupun tidak hanya di area migas saja, namun juga akan ditemukan di proyek-proyek keairan, pembuatan fasilitas industri, dan lain-lain.

Material Pipa

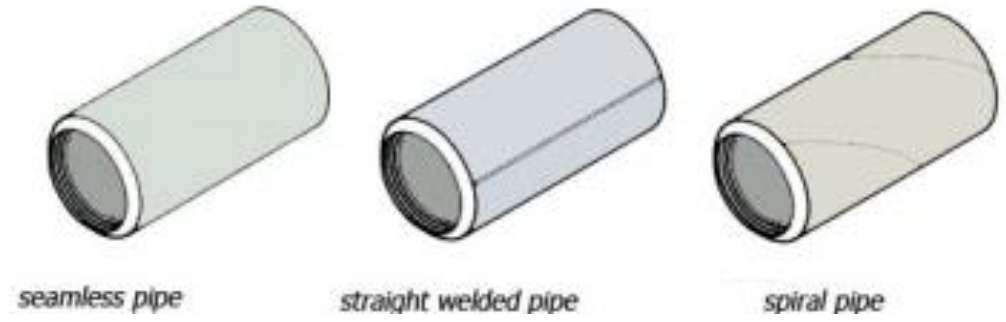
Secara umum, pipa dapat diartikan sebagai suatu benda yang relatif panjang, memiliki lubang dan berfungsi untuk memindahkan sebuah zat ataupun materi yang memiliki karakteristik dapat mengalir. Materi tersebut dapat berupa cairan, gas, uap, zat padat yang dilelehkan ataupun butiran yang sangat halus.

Bahan penyusun pipa yang digunakan pun sangat beragam dan tergantung kebutuhannya, mulai dari beton, kaca, timah, kuningan, tembaga, plastik, alumunium, baja tuang, baja karbon, dan baja alloy. Penggunaan material tersebut sangat tergantung pada peruntukan pemipaan, karena setiap material memiliki keunggulan dan kelemahannya sendiri. Namun karena pembahasan kali ini lebih ke arah pemipaan migas dan industri, maka bahan penyusun pipa yang paling banyak digunakan adalah baja karbon (*carbon steel*).

Proses pembuatan

Secara umum, ada 3 metode pembuatan pipa baja karbon, dimana juga metode tersebut menjadi nama untuk menyebutkan jenis pipa-pipa tersebut,(*carbon steel*) yang digunakan untuk bidang migas dan industri. ketiga metode itu adalah metode *Seamless pipe*, *butt-welded pipe*, dan *spiral welded pipe.*

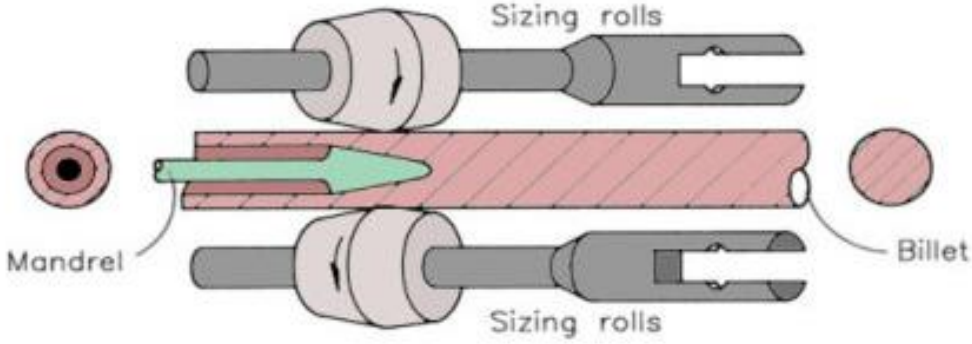
Gambar 2. 1 Jenis pipa baja karbon



Seamless Pipe

Seamless pipe dalam arti bahasa artinya pipa tanpa sambungan. Dalam praktek pembuatannya, seamless pipe memang merupakan pipa yang dibentuk tanpa membuat sambungan sama sekali, sehingga tidak ada bagian dari pipa yang pernah terganggu atau berubah materialnya akibat panas pengelasan. Pipa ini dibuat dari baja silinder pejal, yang dilubangi dalam kondisi hampir meleleh, biasa disebut *billet*.

Gambar 2. 2 Ilustrasi pembuatan seamless pipe



Roy A.Parisher & Robert A.Rhea 2002, Pipe and Drafting Design

Gambar 2. 3 Manufaktur seamless pipe di pabrik

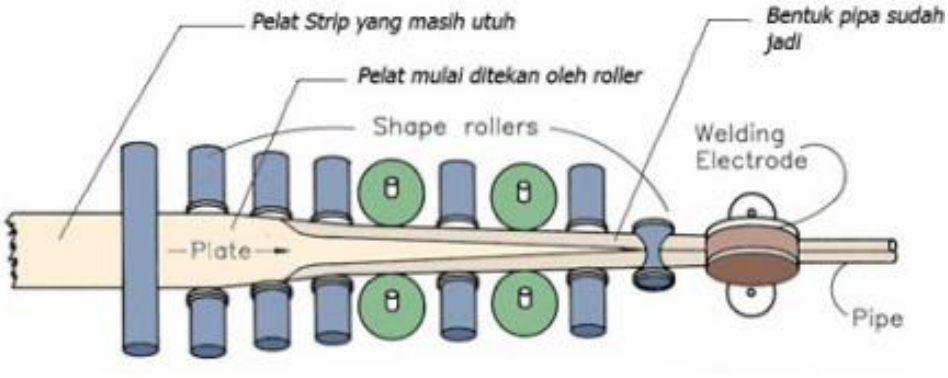
Pada gambar tersebut, ditunjukkan sebuah besi pejal (*billet*) di apit dan di roll oleh Sizing rolls – merupakan roller pembentuk diameter luar- dan dilubangi oleh mandrel.

Dengan metode pembuatan tanpa join tersebut, pipa yang dihasilkan dapat lebih baik karena kualitas baja yang dihasilkan adalah hampir sama pada setiap area permukaan pipa. Selain itu, ketebalan dengan menggunakan metode ini, pipa yang memiliki ketebalan berapapun memungkinkan untuk diproduksi.

Butt-welded Pipe atau Straight welded pipe

Atau disebut juga sebagai pipa UOE, bahan baku pembuatan pipa ini adalah pelat baja dengan bentuk profil strip. Pelat baja tersebut dibentuk menjadi pipa dengan melengkungkan pipa tersebut kearah sumbu pendeknya dengan roll pembentuk (*shaper roll*) sehingga membentuk pipa sebuah pipa. Celah pertemuan kedua sisi pelat strip tersebut kemudian di las memanjang sehingga membentuk sebuah pipa tanpa celah. Detail pembuatan butt-welded pipe ditunjukkan pada gambar dibawah.

Gambar 2. 4 Metode fabrikasi pip*a straight welded pipe*



Gambar 2. 5 Pipa *straight welded*

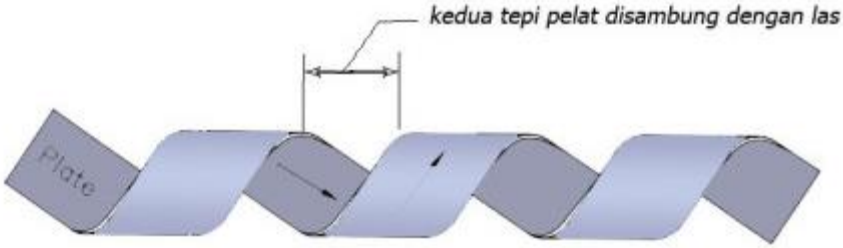
Pipa ini memiliki keunggulan dimana kualitas dari dinding pipa sangat mudah untuk dikontrol dan memiliki ketebalan yang seragam. Hal ini disebabkan karena pipa ini berasal dari pelat strip yang pembuatannya relatif sangat mudah untuk dikontrol kualitas dan ketebalan pelatnya, sehingga hasil saat dibuat menjadi pipa pun relatif sama baiknya dengan kualitas pelatnya sebelum jadi. Selain itu, apabila dibutuhkan pipa menerus yang cukup panjang, pipa ini memiliki keunggulan karena mudah untuk difabrikasi.

Namun didalam industri migas, pipa jenis ini lebih sering ditemukan dalam bentuk elbow. Pipa jenis ini dihindari sebagai pipa panjang karena memilik kelemahan pada sambungan las kedua tepi pelat strip pada saat pembuatannya, dimana memerlukan inspeksi pada area pengelasannya, memanjang sepanjang pipa tersebut.

Spiral Welded Pipe

Dalam pasaran Indonesia biasa disebut pipa spiral, ada juga yang menyebutnya pipa casing. Meskipun namanya demikian, bukan berarti pipa ini berbentuk spiral, namun lebih merujuk kepada bahan baku pembuatannya yang merupakan pelat baja strip yang dibentuk menjadi spiral dan kemudian disambung sehingga membentuk sebuah pipa.

Gambar 2. 6 Skema pembuatan pipa spiral



Gambar 2. 7 Manufaktur *spiral pipe*

Dalam Sistem perpipaan, jenis pipa ini sangat dibatasi penggunaannya hanya untuk kebutuhan pipa dengan tekanan rendah karena ketipisannya. Bahkan dalam industri migas, pipa ini tidak digunakan dalam Sistem pipa bertekanan, kebanyakan hanya digunakan sebagai casing untuk pondasi, atau pun sebagai pipe support. Keuntungan pipa ini adalah dapat dibuat menjadi sangat besar dengan mudah. Namun pipa ini memiliki kelemahan dimana ketebalan untuk dapat membuat spiral cukup terbatas, sehingga pipa ini relatif tipis. Selain itu, jumlah sambungan yang cukup banyak per satuan panjangnya membuat inspeksi pengelasan menjadi lebih banyak -jauh lebih banyak dari pada *straight welded pipe* - apabila akan digunakan sebagai pipa bertekanan.

1.1. Pemipaan Dengan Tekanan Tinggi

Pengelompokan pemipaan dengan tekanan tinggi ini pada dasarnya dikarenakan fungsi serta kegunaannya pada suatu proses instalasi yang direncanakan, tekanan tinggi yang dimaksud adalah tekanan dari media yang mengalir didalam pipa tersebut,

Pada proses ini biasanya disamping dpengaruhi oleh tekanannya, maka jaringan pipa yang ada juga dipengaruhi oleh suhu serta kecepatan aliran yang ada didalamnya, seluruh komponen yang tersebut diatas sangat berpengaruh pada perhitungan perencanaan (*desain*) yang akan sangat menentukan jenis, ukuran serta ketebalan pipa yang akan dipakai pada instalasi tersebut.

Beberapa contoh sistem pemipaan dengan tekanan tinggi ini antara lain:

1. Sistem pemipaan pada Boiler dan perlengkapannya;
2. sistem pemipaan pada Gas Turbin;
3. sistem pemipaan pada Bejan
4. Bertekanan Tinggi (*pressure vessel*);
5. Sistem pemipaan pada Kompresor;
6. Sistem pemipaan pada pompa dengan tekanan tinggi (seuai dengan kebutuhannya);

7. Sistem pemipaan pada aliran Minyak dan Gas;
8. Sistem pemipaan untuk aliran syeam; Sistem pemipaan untuk perencanaan (*desain*) tertentu.

1.3 Pemipaan Dengan Tekanan Rendah

Pemipaan dengan tekanan rendah biasanya digunakan pada keadaan normal yang banyak sekali dipakai pada instalasi-instalasi industri yang tidak menggunakan tekanan tinggi.

Pada dasarnya perbedaan yang kelihatan antara pemipaan dengan tekanan tinggi dan tekanan rendah adalah mengenai jenis material yang dipakai, pelakuan-pelakuan yang dilakukan pada pipa tersebut, jenis serta proses pengujian, prosedur testing yang dipergunakan, serta beberapa ketentuan-ketentuan yang lain.

Pelakuan-pelakuan khusus yang diterapkan pada proses instalasi pemipaan dengan tekanan tinggi antara lain :

1) Pemanasan awal (*pre heating*) pada saat proses pengelasan akan dimulai, serta berlangsung sampai pengelasan sesuai proses pre heating dilakukan pada suhu 200^0-250^0 hal ini dilakukan guna meghindari terjadinya patahan (*crack*) karena material yang digunakan mempunyai ketebalan diatas rata-rata material biasanya dengan schedule (*sch*) 80 serta merupakan baja paduan (*alloy steel*);
2) Perlakuan PWHT (*post weld heat treatment*) adalah proses yang dilakukan untuk menghilangkan stress yang terjadi pada saat proses pengelasan berlangsung tetapi pembahasan yang lebih detail untuk hal ini akan dijabarkan pada kegiatan belajar sistem pengelasan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Pengamatan

Mengamati kegiatan terjadinya hidrologi Pemipaan dengann tekanan tinggi dan Pemipaan dengann tekanan rendah yang terjadi. Pengamatan dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi

Menanya

Memberikan kesempatan peserta didik menanyakan hal yang berkaitan dengann hidrologi air dan sisfat-sifat air

Eksperimen/explore

Melakukan pengembangan terjadinya Pemipaan dengann tekanan tinggi dan Pemipaan dengann tekanan rendah yang diperlukan untuk sistem peneydiaan air bersih

Asosiasi

Menjelaskan pentingnya Pemipaan dengann tekanan tinggi dan Pemipaan dengan tekanan rendah sesuai dengann prosedur teknis.

Komunikasi

Mengkomunkasikan hasil pengamatan baik lisan maupun tulisan. Hal yang dikomunikasikan termasuk data yang disajikan dalam bentuk tabel, bagan dan gambar yang relevan.

Mempresentasikan hasil kegiatan dan menarik kesimpulan

Memuat tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur, dan metakognitif pada setiap KD dengann tingkat performansi mengingat, menggunakan dan mengembangkan.

Uraian materi diorientasikan pada proses kegiatan belajar saintifik yang memuat pola 5M

1. Mengamati, menjelaskan fakta-fakta
2. Menanya, mulai dari fakta sampai dengann analisis (materi yang belum difahami)

3. Mengumpulkan data/informasi untuk menjawab pertanyaan berupa (konsep, prinsip, prosedur, metakognitif). Dalam mengumpulkan data dapat melalui membaca dan/atau melakukan eksperimen.
4. Mengasosiasi, menghubungkan data/ informasi tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur dan metakognitif menjadi kesimpulan sebagai pengetahuan baru
5. Mengkomunikasikan, kesimpulan hasil belajar

Untuk pembelajaran Pemipaan dengann tekanan rendah maka lakukan hal-hal sebagai berikut:

1) Pertama, bentuklah kelompok yang beranggotakan 4-5 orang
2) Tiap kelompok ditentukan ketua, sekretaris dan anggota. Buatlah kesepakatan bahwa semua orang dalam kelompok harus berperan aktif sesuai penugasan yang ada.
3) Setiap melakukan kerja kelompok, setiap anggota mempersiapkan diri dengann cara membaca terlebih dahulu kemudian berdiskusi.
4) Sebelum bekerja siapkanlah alat tulis yang diperlukan.
5) Baca dan cermatilah uraian materi diatas.

Tugas Latihan

1) Sebutkanlah apa yang dimaksud dengan Flexible Pipe pada instalasi pipa
2) Sebutkanlah apa yang dimaksud dengan Expansion Joints pada instalasi pipa

Lembar Kerja Peserta diklat

1) Buatlah perancangan untuk sambungan Expansion Joints pada instalasi pipa dengan rincian rancangan sebagai berikut;
   a. Membuat gambar rancangan
   b. Menghitung kebutuhan bahan
   c. Membuat sambungan Expansion
2) Buatlah perancangan untuk sambungan Expansion Joints & Flexible Pipe;
   a. Membuat gambar rancangan

b. Menghitung kebutuhan bahan

c. Membuat sambungan Expansion

E. Rangkuman

Sistem sambungan instalasi pipa secara garis besar dibagi dua jenis sambungan yaitu Expansion Joints & Flexible Pipe.

Untuk menghindari tidak terjadinya kebocoran dalam sambungan pipa, diperlukan suatu gasket.

F. Tes Formatif

1) Ada dua jenis sambungan dalam pemasangan instalasi pipa, sebutkanlah Jenis sambungnan pipa tersebut? Expansion Joints &Flexible Pipe;
2) Apa yang dimaksud dengan Gasket, dan dipasang dimana gasket tersebut? adalah alat yang dipasang diantara permukaan rata berfungsi sebagai pencegah kebocoran didalam suatu sistem pemipaan, dua permukaan yang rata tersebut biasanya berupa permukaan dari *flanges*.
3) *Sebutkanlah apa yang dimaksud dengan Fitting* dan sebutkanlah proses pemasangannya.

G. Kunci Jawaban

1) Ada dua jenis sambungan dalam pemasangan instalasi pipa, yaitu Expansion Joints & Flexible Pipe;
2) Gasket, adalah alat yang dipasang diantara permukaan rata berfungsi sebagai pencegah kebocoran didalam suatu sistem pemipaan, dua permukaan yang rata tersebut biasanya berupa permukaan dari *flanges*.
3) *Fitting* adalah merupakan alat bantu dalam proses penyambungan instalasi pipa yang bertujuan untuk mandapatkan suatu keadaan tertentu dari suatu sitem proses

pemipaan, keadaan tersebut bisa berarti merubah atau membelokan arah, merubah kecepatan lambat atau cepat, menghentikan secara tiba-tiba laju perjalanan media yang ada didalamnya atau dapat membagi aliran media tersebut menjadi lebih banyak

Kegiatan Pembelajaran 3 Sambungan Pipa Dan Komponennya

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari sambungan pipa dan komponennya dan disediakan bahan serta alat praktik, peserta diklat dapat memiliki kemampuan sikap, pengetahuan, dan keterampilan sesuai ketentuan di dunia kerja yaitu:

1) Mendeskripsikan pengetahuan tentang sambungan pipa dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
2) Menyajikan dalam bentuk tulisan tentang macam-macam sambungan pipa dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
3) Mengamati tentang komponen-komponen yang diperlukan dalam sistem pemipaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
4) Mengamati sistem instalasi pemipaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1) Menerapkan sambungan pipa dan komponen instalasi pipa
2) Menyajikan sambungan pipa dan komponen instalasi pipa

C. Uraian Materi

2.1 Sambungan Pipa

Proses pemipaan mengenai pengetahuan serta pengenalan terhadap berbagai macam alat penyambung yang lebih populer disebut sebagai *fitting.*

Adapun proses penyambungannya dengan cara pengelasan (*welded fitting*), socket, dan penyambungan sistem ulir (*serwed type*).

2.1.1 Fitting

Fitting adalah merupakan alat bantu dalam proses penyambungan instalasi pipa yang bertujuan untuk mandapatkan suatu keadaan tertentu dari suatu sitem proses pemipaan, keadaan tersebut bisa berarti merubah atau membelokan arah, merubah kecepatan lambat atau cepat, menghentikan secara tiba-tiba laju perjalanan media yang ada didalamnya atau dapat membagi aliran media tersebut menjadi lebih banyak serta mencampurkan dua buah media atau lebih dalam suatu proses pengoperasian hal ini yang akan menentukan jenis dari *fitting* yang akan dipergunakan atau dipasang kepada suatu instalasi pemipaan.

Jenis (*type*) *fitting* berdasarkan cara penyambungannya bisa digolongkan menjadi:

1) Sambungan pipa (*Fitting)* dengan metode penyambungan pengelasan (*welded fitting*) yang dapat dikelompokan menjadi:
2) Tipe *butt-weld* (*Butt Weld Type*);
3) Tipe *Socket welds* (*Socket Weld Type*).
4) Sambungan pipa (*Fitting)* dengan metode penyambungan *socket* tanpa menggunakan pengelasan;
5) Sambungan pipa (*Fitting)* dengan metode penyambungan ulir (*Screwed Type*).

Penggunaan serta pemakaian dari jenis *fitting* tersebut diatas akan disesuaikan berdasarkan hasil perencanaan dari para perencana / perancang (*desainer*) yang akan memperhatikan seluruh aspek yang terkait didalam suatu proses perencanaan yang ada dengan pertimbangan teknis serta perhitungan yang sesuai dengan standarnya.

Macam-macam *fitting* berdasarkan bentuknya serta penggunaanya.

a. *Elbow*

Elbow adalah *fitting* pipa yang berfungsi sebagai perubah arah (pengarah) dimana perubahanan arah tersebut sesuai dengan sudut yang dikehendaki mulai dari 1^0 sampai dengan 180^0.

Tetapi bentuk *elbow* yang sering dibuat oleh pihak pembuat (*fabricator*) adalah yang mempunyai sudut 45^0, 90^0, dan 180^0 (yang biasa disebut sebagai *return elbow*), tetapi tidak menutup kemungkinan akan dibuat dengan sudut derajat yang lain diluar yang telah disebutkan tadi sebagaimana pesanan yang diterima oleh pihak pembuat sesuai dengan perencanaan yang ada, pada saat proses pelaksanaan pekerjaan pemasangan apabila ditemukan sudut derajat yang dikehendaki tidak sesuai dengan keadaan sudut derajat dari material yang ada maka dilakukan perlakuan-perlakuan khusus seperti halnya menambah atau mengurangi sudut derajat dari material yang sudah tersedia.

b. *Tee Soket*

Tee adalah jenis *fitting* yang berfungsi sebagai alat untuk menambah cabang aliran dari suatu media tersebut, hal perlu diperhatikan dalam ukuran atau demensi *tee* adalah bahwa dalam suatu proses kerja selalu terdapat suatu aliran masuk dan aliran keluar. Karena *tee* merupakan *fitting* yang berguna untuk memberikan cabang aliran maka dipastikan akan terdapat suatu cabang aliran pada jalur pemipaan tersebut, sehingga angka terdapat suatu cabang aliran pada jalur pemipaan tersebut, sehingga angka pertama digunakan untuk menunjukan demensi aliran masuk, angka kedua untuk demensi aliran keluar sementara angka ketiga menunjukan demensi dari cabang tersebut sebagai contoh *tee* 6X6X4 menunjukan demensi aliran masuk 6”,aliran keluar 6” dan demensi dari cabangnya 4 “.

Pengelompokan dari *tee* berdasarkan tipenya:

(1) *Straight Tee;*

(2) *Reducing Tee.*

c. *Crossing*

Adalah *fitting* yang digunakan untuk merubah arah aliran menjadi 3 aliran atau kebalikannya, sama halnya dengan *Tee* maka *crossing* juga mempunyai 2 jenis yaitu *Straight* dan *Reducing crossing* (bagian cabangnya mengecil).

d. *CAP*

Fitting ini digunakan sebagai penutup pada ujung pipa.

e. *Flange*

Adalah *fitting* yang berfungsi sebagai alat penghubung pipa dimana cara pengikatannya dengan menggunakan baut, pembagian jenis dan *flange* dapat dipisahkan berdasarkan:

1) Cara atau model penyambungannya:
   - *Butt Type* (*with neck*);*Sock Type;*
   - *Slip-on Type;*
   - *Theaded Type;*
   - *Lap Join* (*L J*) *Type with Stup end*
2) Bentuk dari penampang luarnya
   - *F F* (*Full Face*)

   Digunakan pada pipa dengan tekanan kerja (*Operational Pressure*) rendah sampai dengan sedang;

   - *R F* (*Raised Face*)

   Digunakan pada pipa dengan tekanan kerja yang tinggi.

f. *Coupling*

Adalah *fitting* yang berfungsi sebagai penyambung dari dua buah pipa seperti halnya *flange*, hanya bentuknya berbeda serta cara penggunaan berbeda dilihat dari jenisnys *coupling* dibagi menjadi dua, yaitu *socket* dan jenis ulir (*threaded*)

g. *Union*

Disebut sebagai *union* karena merupakan *fitting* yang menggabungkan dua buah bentukan (*male and female*) dengan suatu hubungan ulir (*threaded*) yang disambung pada pipa dengan sambungan ulir ataupun dengan sambungan tipe soket.

h. *Reducer*

Fitting ini berfungsi sebagai perubah penampang dari suatu penampang besar menjadi penampang kecil atau sebaliknya, hal ini disesuaikan terhadap *kalkulasi* dari perencana sistem tesebut karena perubahan luas penampang dari suatu pipa akan mempengaruhi kecepatan dari media yang mengalir didalam pipa.

Reducer dapat dibedakan menjadi:

(1) *Reducer Concentric;*
(2) *Reducer Eccentric;*
(3) *Reducer* dengan bentuk serta kefunaan yang sangat khusus (*Venturi Type, Sudden Type dsb*).

i. *Swage Nipple*

Adalah *fitting* yang mempunyai fungsi sama dengan *reducer*, bahkan dari bentuknyapun sangat menyerupai tetapi mempunyai tipe yang lebih beragam.

j. *Plug*

Adalah *fitting* yang berfungsi sebagai penutup pada ujung pipa dikelompokan menjadi dua jenis yaitu jenis ulir (*threaded*) dan jenis pengelasan (*welded*),

Bentuk *Plug* seperti baut jenis *treaded* sedangkan jenis pengelasan juga mempunyai bentuk seperti baut hanya tidak mempunyai ulir.

Fitting-fitting tersebut diatas disamping mempunyai bentuk serta tipe berbeda-beda, sebagaimana pipa maka *fitting* tersebut juga mempunyai batas kekuatan operasional serta *schedule* yang berbeda-beda.

Standar kekuatan dari *fitting* biasanya dinyatakan dalam satuan *pound* (*LB*) dengan lambang "#", dengan demikian seorang pemasang (eksekutor) untuk pemasangan pipa tersebut akan selalu berpedoman pada kode (lambang) yang dituliskan oleh pihak pembuat *fitting* untuk mencocokkan penggunaan *fitting* tersebut dengan pipa yang akan dipakai agar tidak terjadi kesalahan yang menyebabkan terjadinya kesalahan yang fatal atau menyebabkan terjadinya kerja ulang yang berakibat pada tidak efisiennya pekerjaan tersebut baik dari sisi waktu maupun pembiayaannya.

k. Valve

Merupakan salah satu komponen yang penting dalam sistem pemipaan yang berfungsi sebagai alat yang menghentikan atau meneruskan suatu media yang mengalir pada suatu sistem pemipaan (*valve* dalam kamus bahasa Indonesia artinya ventil), di lapangan pekerjaan disebut katup Jenis, bentuk serta ukurannya sangat beragam demikian pula dengan jenis bahan yang digunakan untuk bahan dasar pembuatnya sangat beragam, bisa terbuat dari kuningan (*brass*), besi tulang (*cast iron*), baja (*steel*) atau terbuat dari material *non metal*.

Berdasarkan kegunaanya pada suatu sistem pemipaan maka jenis dari Katup (*valve*) akan dikelompokan menjadi:

1) ***Gate valve*** adalah Katup yang mempunyai katup berpintu, digunakan sebagai pengatur jumlah masuknya media kedalam suatu pipa dimana besar media yang mengalir didalamnya tergantung pada seberapa banyak operator sistem tersebut membuka atau menutup Katup tersebut.

Dari segi pemakaian sendiri maka *gate valve* dapat menjadi beberapa tipe dimana tipe ini akan menentukan jenis *gate valce* mana yang akan sesuai digunakan pada sistem tersebut:

(1) *Ball valve*, Katup jenis ini biasa dipergunakan pada media gas dan udara yang mempuyai tekanan yang tinggi;

(2) *Plug valve*, jenis ini biasanya digunakan pada aliran minyak serta bahan bakar yang lainnya;

(3) *Btterfly valve*, adalah Katup yang mempunyai katup pipih (tipis) biasanya digunakan untuk media air (cairan).

2) ***Globe valve*****,** adalah Katup yang mempunyai katup dengan bentuk bola, penggunaanya pada sistem pemipaan sebagai penutup atau pembuka saja dari aliran media tersebut;

3) ***Check valve***, Katup ini berfungsi sebagai pencegah aliran balik pada instalasi, digunakan untuk aliran satu arah.

Pada proses operasional maka jenis Katup dapat dikelompokan menjadi dua kelompok besar, yaitu Katup (*valve*) yang dioperasikan secara manual dan Katup cara operasinya dikontrol melalui suatu kontrol tersendiri dari pusat ruang control, biasa disebut sebagai Katup yang terkontrol (*Control Valve*).

Berdasarkan cara penyambungannya (*connection*) terhadap suatu jalur pemipaan maka Katup tersebut akan dibagi menjadi:

(1) Katup (*valve*) dengan sambungan *flange* (*flane connection*);

(2) Katup (*valve*) dengan sambungan ulir (*screw connection*)*;*

(3) Katup (*valve*) dengan sambungan pengelasan (*welding connectiom*).

2.1.2 Komponen Pendukung *(Inline Component)*

Komponen pendukung didalam pipa (*inline component*) yang sering kita jumpai pada proses instalasi pemipaan adalah:

(1) *Spectacle Blind Plate;*

(2) *Line Blind;*

(3) *Double Block and Bleed;*

(4) *Removable Spool;*

Keempat nama diatas mempunyai kegunaan yang sama sebagai penutup sementara suatu aliran, dimana masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan sesuai dengan kebutuhan pada suatu instalasi yang ada.

Ada dua jenis sambungan dalam pemasangan instalasi pipa yaitu :

1) Expansion Joints;
2) Flexible Pipe;

Kedua hal diatas digunakan sebagai sambungan dari pipa terhadap peralatan-peralatan yang mempunyai getaran yang sangat kuat dengan maksud agar getaran yang timbul dapat dikurangi pada alat tersebut sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada pipa maupun peralatan itu sendiri, pada umumnya *flexible pipe* ini dipasang didekat *equipment* untuk menghindari *vibrasi* yang besar.

Gasket, adalah alat yang dipasang diantara permukaan rata berfungsi sebagai pencegah kebocoran didalam suatu sistem pemipaan, dua permukaan yang rata tersebut biasanya berupa permukaan dari *flanges*.

Karena sifat dari media yang mengalir didalam suatu sistem pemipaan tidak sama maka pemilihan dari jenis *gasket* yang akan dipergunakan juga tidak sama pula, hal ini akan disesuaikan dengan jenis dari media yang mengalir tersebut.

Jenis-jenis dari gasket dapat dikelompokan menjadi:

a ***Synthetic Rubbers***

Bahan pembuat dari *gasket* ini adalah karet sintetis dan biasanya dipakai sebagai penahan kebocoran terhadap air, udara serta gas-gas yang mempunyai suhu (temperatur) maksimum 250^0F serta mempunyai ketebalan yang berfariasi ($^1/_{32}$", $^1/_{16}$", $^3/_{32}$", $^1/_8$",$^1/_4$") dengan faktor TP 15000;

b ***Vegetable Fiber***

Adalah jenis *gasket* yang sering digunakan pada instalasi dengan media minyak dan sejenisnya dengan temperatue maksimum 250^0F dengan faktor TP 40000 yang mempunyai ketebalan ($^1/_{64}$", $^1/_{32}$", $^1/_{16}$", $^3/_{32}$" dan $^1/_8$");

c ***Synthetic Rubbers with Cloth Insert***

Tipe ini terbuat dari *rubber sintetis* bercampur dengan kain (*cloth*) yang digunakan untuk penanggulangan kebocoran pada sistem pemipaan dengan media air dan udara, dengan temperatur maksimum 250^0F serta mempunyai TP faktor 125000 dengan ketebalan yang bervariasi ($^1/_{32}$", $^1/_{16}$", $^3/_{32}$", $^1/_8$");

d ***Solid Telfon***

Gasket jenis *Teflon* dipakai sebagai penahan kebocoran pada media kimia, temperatur maksimum 500^0F serta mempunyai faktor TP mencapai 15000 ketebalan ($^1/_{32}$", $^1/_{16}$", $^3/_{32}$", $^1/_8$");

e ***Compressed Asbestos***

Sangat umum dipakai dalam berbagai kebutuhan dengan temperatur maksimum mencapai 750^0F mempuyai TP faktor 150000 serta dengan ketebalan yang berfariasi ($^1/_{64}$", $^1/_{32}$", $^1/_{16}$", $^1/_8$");

f ***Carbon Steel***

Gasket jenis ini digunakan pada situasi sangat spesial yaitu untuk media-media yang mempunyai tekanan yang sangat tinggi dengan temperatur maksimum 750^0F serta mempunyai TP faktor sebesar 1600000;

g ***Stainless Steel***

Gasket jenis ini digunakan pada kondisi untuk tekanan tinggi, pada media mudah menimbulkan korosi yang mempunyai temperatur maksimum 1200^0F dengan TP faktor 3000000;

h ***Spiral Wound***

Gasket jenis ini masih dibagi menjadi beberapa golongan yaitu:

1) *SS / Teflon,* Digunakan pada media kimia dengan tmperatur maksimum 500^0F serta mempunyai TP faktor 250000;
2) *CS / Asbestos,* Digunakan untuk bebagai media dengan maksimum temperatur 750^0F serta mempunyai TP faktor $\geq$ 250000;

3) *SS / Asbestos,* Dipergunakan untuk media-media yang menimbulkan korosi dengan temperatur maksimum 1200^0F dengan TP faktor $\geq$ 250000;
4) *SS / ceramic,Gasket* tipe ini dipakai untuk sambungan yang mempunyai suhu tinggi (*hot gases*) dengan temperatur maksimum 1900^0F dengan TP faktor $\geq$ 250000. TP faktor adalah "*Temperature X Pressure* (^{0}F x PSI).

Dalam pemasangan *gasket* perlu diperhatikan beberapa hal antara lain:

(1) Pilih material *gasket* yang sesuai dengan spesifikasi (tipe, bentuk, jenis serta kelasnya);
(2) Bersihkan permukaan *flange* tersebut dari kotoran (karat, minyak, karet dsb) juga permukaan dari *gasket* itu sendiri;
(3) Posisikan *gasket* pada posisi yang tepat (sesuai dengan *center line* yang ada);
(4) Pengikatan baut yang ada harus benar-benar sesuai dengan prosedurnya.

Dalam penggunaan gasket harus yang benar, ada beberapa jenis *gasket* yang tidak dapat diperlakukan secara sembarangan (contoh *Spiral Wound Gasket*) setelah mengalami tekanan maka *spiral* dari *gasket* tersebut akan berubah menjadi pipih, sehingga apabila terpaksa dibuka maka *gasket* tersebut haruslah diganti dengan yang baru.

D. Aktivitas Pembelajaran

Mengamati

Mengamati kegiatan pada sambungan pipa dan komponennya untuk sistem pemipaan

Menanya

Memberikan kesempatan peserta diklat menanyakan hal yang berkaitan dengan sambungan pipa dan komponennya untuk sistem pemipaan

Eksperimen/explore

Melakukan pengembangan terjadinya sambungan pipa dan komponennya untuk sistem pemipaan.

Asosiasi

Menjelaskan pentingnya sambungan pipa dan komponennya untuk sistem pemipaan sesuai dengan prosedur teknis

Komunikasi

Mempresentasikan hasil kegiatan dan menarik kesimpulan

Memuat tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur, dan metakognitif pada setiap KD dengan tingkat performansi mengingat, menggunakan dan mengembangkan.

Uraian materi diorientasikan pada proses kegiatan belajar saintifik yang memuat pola 5M

1) Mengamati, menjelaskan fakta-fakta
2) Menanya, mulai dari fakta sampai dengan analisis (materi yang belum difahami)
3) Mengumpulkan data/informasi untuk menjawab pertanyaan berupa (konsep, prinsip, prosedur, metakognitif). Dalam mengumpulkan data dapat melalui membaca dan/atau melakukan eksperimen.
4) Mengasosiasi, menghubungkan data/ informasi tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur dan metakognitif menjadi kesimpulan sebagai pengetahuan baru
5) Mengkomunikasikan, kesimpulan hasil belajar

Untuk pembelajaran pengetahuan tentang air maka lakukan hal-hal sebagai berikut:

1) Pertama, bentuklah kelompok yang beranggotakan 4-5 orang
2) Tiap kelompok ditentukan ketua, sekretaris dan anggota. Buatlah kesepakatan bahwa semua orang dalam kelompok harus berperan aktif sesuai penugasan yang ada.
3) Setiap melakukan kerja kelompok, setiap anggota mempersiapkan diri dengann cara membaca terlebih dahulu kemudian berdiskusi.
4) Sebelum bekerja siapkanlah alat tulis yang diperlukan.

Tugas Latihan

1) Sebutkanlah apa yang dimaksud dengan fitting
2) Sebutkanlah proses penyambungan dalam sistem pemipaan

Lembar Kerja Peserta diklat

1) Buatlah perancangan untuk sambungan dengan Sistem pengelasan (*welded fitting*)
2) Buatlah perancangan untuk sambungan dengan socket
3) Buatlah perancangan untuk sambungan dengan sistem ulir (*serwed type*).
4) Lakukanlah proses ke 3 (tiga) cara Sistem penyambungan tersebut sesuai pedoman

E. Rangkuman

1) Macam alat penyambung yang lebih populer disebut sebagai *fitting.*
2) Adapun proses penyambungannya dengan cara pengelasan (*welded fitting*), socket, dan penyambungan sistem ulir (*serwed type*).
3) *Fitting* adalah merupakan alat bantu dalam proses penyambungan instalasi pipa yang bertujuan untuk mandapatkan suatu keadaan tertentu dari suatu sitem proses pemipaan, keadaan tersebut bisa berarti merubah atau membelokan arah, merubah kecepatan lambat atau cepat, menghentikan secara tiba-tiba laju

perjalanan media yang ada didalamnya atau dapat membagi aliran media tersebut menjadi lebih banyak serta mencampurkan dua buah media atau lebih dalam suatu proses pengoperasian hal ini yang akan menentukan jenis dari *fitting* yang akan dipergunakan atau dipasang kepada suatu instalasi pemipaan.

4) Jenis (*type*) *fitting* berdasarkan cara penyambungannya bisa digolongkan menjadi:

a) Sambungan pipa (*Fitting)* dengan metode penyambungan pengelasan (*welded fitting*) yang dapat dikelompokan menjadi:

b) Tipe *butt-weld* (*Butt Weld Type*);

c) Tipe *Socket welds* (*Socket Weld Type*).

d) Sambungan pipa (*Fitting)* dengan metode penyambungan *socket* tanpa menggunakan pengelasan;

e) Sambungan pipa (*Fitting)* dengan metode penyambungan ulir (*Screwed Type*).

5) Cara atau model penyambungannya:

a) *Butt Type* (*with neck*);*Sock Type;*

b) *Slip-on Type;*

c) *Theaded Type;*

d) *Lap Join* (*L J*) *Type with Stup end*

F. Tes Formatif

1) Ada dua jenis sambungan dalam pemasangan instalasi pipa, sebutkanlah Jenis sambungnan pipa tersebut? Expansion Joints &Flexible Pipe;

2) Apa yang dimaksud dengan Gasket, dan dipasang dimana gasket tersebut? adalah alat yang dipasang diantara permukaan rata berfungsi sebagai pencegah kebocoran didalam suatu sistem pemipaan, dua permukaan yang rata tersebut biasanya berupa permukaan dari *flanges*.

3) Sebutkanlah apa yang dimaksud dengan *Fitting* dan sebutkanlah proses pemasangannya.

G. Kunci Jawaban

1) Fitting disebut alat penyambung
2) Proses penyambungan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:
    a) cara pengelasan (*welded fitting*), socket, dan
    b) penyambungan sistem ulir (*serwed type*).

Kegiatan Pembelajaran 4 Bahan Dan Sambungan Pipa

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bahan dan sambungan pipa dan disediakan bahan serta alat praktik, peserta diklat dapat memiliki kemampuan sikap, pengetahuan, dan keterampilan sesuai ketentuan di dunia kerja yaitu:

1) Mendeskripsikan bahan dan sambungan pipa yang akan digunakan untuk sistem pemipaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
2) Menyajikan dalam bentuk tulisan tentang sambungan pipa untuk sistem pemipiaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1) Menerapkan sambungan pipa dan komponen instalasi pipa
2) Menyajikan sambungan pipa dan komponen instalasi pipa

C. Uraian Materi

Peraturan Penggunaan Pipa

Menurut "*The Ministry of Housing and Local Government*" pada tahun 1996 telah mengeluarkan suatu petunjuk tentang bahan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan pipa air minurm serta cara pembuatan instalasi pipa.

Di indonesia, penggunaan pipa instalasi air minum ini juga diatur oleh "*Pedoman Plambing Indonesia*"

Dalam pemasangan suatu perencanaan instalasi pipa harus memenuhi syarat sesuai dengan pedoman Plambing.,sebab jika pemasangan tersebut tidak memenuhi persyaratan, bisa menimbulkan kesulitan di kemudian hari,

3.1 Bahan Instalasi Pipa

Pipa ini dibutuhkan untuk menyalurkan air dari pipa induk kemudian masuk ke dalam bangunan, seterusnya melalui pipa air tersebut didistribusi ke tempat-tempat yang membutuhkan pada bangunan tersebut. Penggunakan pipa selain untuk air minum digunakan untuk membuang dan untuk menyalurkan gas.

Persyaratan dasar bagi pipa ialah dapat digunakan cukup awet dalam pemakaian, mampu menerima tekanan khususnya dari dalam pipa itu sendiri, mudah disambung, berbentuk rapi dan mudah dipasang dengan kuat. Khusus utuk instalasi air minum, pipa ini tidak boleh mengakibatkan keracunan baik oleh bakteri maupun karat, sebab hal ini dapat mengakibatkan air yang melaluinya dapat terkontaminasi.

Bahan yang biasa digunakan untuk pembuatan pipa instalasi air minum ialah timah hitam, tembaga dan baja lunak. Bahan dari plastik, misalnya *polythene* dan *polyvinyl chloride* hanya digunakan pada instalasi air dingin.

3.1.1 Pipa Timah Hitam

Pada daerah yang tidak ada bahaya karat, maka pipa dari timah hitam, tembaga dan baja lunak lebih sering digunakan, karena pipa ini lebih kuat melawan arus air dan menerima tekanan dari luar. Perlu dicatat,

Pipa timah hitam pada umumnya telah memenuhi syarat untuk keperluan instalasi air minum, baik dipandang dari segi kwalitas maupun kekuatan.

Pipa timah hitam ini sudah dikenal cukup lama, bahkan orang Yunani kuno sudah mempergunakan pipa ini, Bahkan kata plumbing diambil dari kata ”*plumbum*” atau Pb yang kita kenal sekarang dengan timah hitam.

Dengan demikian pipa timah hitam ini bila diperhatikan nampak lebih jelek rupanya, namun demikian bila dilihat dari segi lain masih banyak keuntungannya, yaitu cukup awet dalam pemakaian, mudah dibentuk atau dibengkok terutama pada tempat

yang sulit, mudah disambung, dan tahan terhadap korosi pada keadaan tanah dan air yang normal.

Sifat-sifat tersebut merupakan bahan pertimbangan pemilihan jenis pipa terutama untuk penggunaan dibawah tanah, di atas tanah atau pada penempatan yang sulit.

Tabel 4.1 di bawah ini menunjukkan berat pipa timah hitam yang disarankan (ukuran minimum), untuk dipergunakan dalam berbagai macam kebutuhan.

Tabel 4. 1 Berat minimum pipa timah hitam.(dalam lb/yd)

Posisi, Diameter (in)					
tekanan dari tipe pipa	Lubang pipa				
	½	¾	1	1½	1¾
Pipa pelayanan di bawah tanah					
Lebih dari 150 ft tinggi : 65 lb/in^2					
BS 602	6	9	13	16	20
BS 1085	6	9	13	14	16
Lebih dari 350 ft tinggi:108 lb/in^2					
BS 602	7	11	16	28	-
Lebih dari 350 ft tinggi:152 lb/ in^2					
BS 1082	9	5	21	-	-
	½	¾	1	1½	1¾
Pipa pelayanan di atas tanah					
BS 602	4	5	8	14	20
BS 1085	4	5	7	10	15
Lebih dari 250 ft tinggi					
BS 602	5	11	16	28	-
BS 1085	4	7	13	21	-
Lebih dari 350 ft tinggi					
BS 602	9	15	21	-	-
Pipa distribusi di atas tanah					

Untuk air dingin					
Lebih dari 75 ft tinggi					
BS 602	4	5	7	9	-
BS 1085	4	5	7	9	-
Lebih dari 150 ft tinggi					
BS 602	4	5	8	12	-
BS 1085	4	5	7	10	-
Untuk air panas					
Lebih dari 60 ft tinggi					
BS 602	4	5	8	12	-
BS 1085	4	5	8	12	-
Lebih dari 120 ft tinggi					
BS 1085	4	9	16	23	-
Pipa penggelontor					
BS 602	-	4	5	6	7

Spesifikasi dan uraian tentang pipa timah hitam untuk instalasi air, diameter dalam dan beratnya, sebagai contoh dapat dilihat pada BS 602 ¾ in X 11 lb berarti pipa tersebut berdiameter ¾ in dan berat 11 lb/yd.

3.1.2 Pipa Tembaga

Pipa tembaga biasanya dipergunakan di atas tanah, Pembuatan ukuran ini harus dibuat secara teliti, bukan saja agar bentuknya nampak baik, tetapi juga agar dapat disambung dengan peralatan lain dari produksi bermacam-macam pabrik. Pipa tembaga ini nampak bagus untuk dilihat,cukup awet dalam pemakaian dan

kuat untuk keperluan normal. Sifatnya yang kuat dan ringan, mudah dibengkok, disambung dan dipasang semua itu akan mempercepat kelancaran pekerjaan sehingga akan cukup efisien dan ekonomis untuk dipasang di atas tanah baik untuk instalasi air panas maupun air dingin.

Sifat dapat diregang dari pipa tembaga ini cukup tinggi, walaupun dinding pipanya hanya tipis, pipa yang lubangnya mempunyai diameter 50 mm mampu menerima tekanan 1400 kN/m2 (14 bar). Jadi pipa ini dapat dipergunakan pada instalasi air minum pada rumah tangga biasa.

Pipa yang mempunyai dinding yang lebih tipis, beratnya akan semakin ringan, sehingga haganyapun menjadi semakin murah Untuk yang berdinding tebal tentu saja akan lebih kuat, sehingga untuk membengkok pipa ini harus dengan menggunakan peralatan khusus, sedang harganyapun lebih mahal.

Di pasaran tersedia dalam gulungan dengan panjang 18 m atau 36 m, sehingga akan mempercepat pemasangan dengan sedikit sambungan di bawah tanah.

Diameter dinding luar pipa tembaga menurut BS 1386 dan BS 659 adalah sama, sehingga ukuran standar fitting untuk keduanya adalah sama. Untuk diameter lubang agak bervariasi. Menurut BS 1386 lubang pipa yang berukuran diameter 13 mm, maka pada BS 659 agak sedikit lebih besar. Perbedaan diameter lubang ini dikarenakan adanya perbedaan kekuatan yang dibutuhkan oleh pipa tersebut, sesuai dengan fungsinya.

3.1.3 Pipa Baja Lunak

Harga pipa baja lunak ini lebih murah dibandingkan dengan pipa tembaga atau pipa timah hitam, tetapi bila diperhitungkan dengan biaya pemasangan yang membutuhkan pekerja banyak, akhirnya tidak murah lagi, bahkan menjadi lebih mahal.

Keawetan baja lunak ini tidaklah seawet tembaga atau timah hitam dan setiap penyambungan haruslah dilindungi dari bahaya serangan karat. Pada umumnya untuk melindungi dari bahaya karat ini pipa baja lunak dan fittingnya dilapisi dengan galvanis dari pabriknya.

Pipa baja lunak yang telah digalvanis ini untuk saluran air, baik air panas maupun air dingin harus memenuhi persyaratan BS 1387. Untuk saluran air dingin di bawah tanah pipa baja lunak yang telah digalvanis ini juga harus memenuhi persyaratan BS yang sama.

Pipa baja lunak ini dibuat dengan berbagai macam tujuan, yang dapat dilihat dengan kode warna yang dicat melingkar selebar 90 mm. *Warna merah* tua merupakan kode pipa ringan yang diperuntukkan guna instalasi gas.

Pipa jenis ini tidak digalvanis. Kode *warna biru* menunjukkan pipa sedang (*medium*) yang digunakan untuk pemanas sentral pada pipa yang tidak digalvanis, dan untuk instalasi air biasa di atas tanah untuk yang digalvanis. Kode merah menunjukkan pipa berat dan digunakan untuk instalasi uap pada pipa yang tidak digalvanis dan untuk instalasi air biasa di bawah tanah untuk yang digalvanis.

Pipa baja lunak ini oleh pabrik pertama-tama dibuat dalam bentuk strip atau pita kemudian baru dipanaskan dan dibentuk pipa dan pada sambungannya disambung dengan solder yang bekerja secara otomatis. Proses pembuatan pipa ini, dari membentuk strip, membentuk pipa, penyolderan, pemotongan dan sampai siap dipasarkan, semuanya secara otomatis.

Baja tahan karat merupakan suatu jenis "*austenitic*" yang sering dipergunakan pada instalasi air panas dan air dingin untuk kebutuhan air rumah tangga. Logam ini biasanya ditunjukkan dengan 18/8 baja tahan karat dan ini berarti komposisinya ialah 18% cromium dan 8 % nickel. Sink dan tangki air panas pada umumnya dibuat dengan logam jenis ini.Pipa air hasil penemuan baru ini diatur dalam BS 4127 : 1967 dimana diameter luar dan toleransinya diatur seperti pada pipa tembaga, yaitu BS 659.

Kekuatan tarik dari pipa baja tahan karat ini minimum adalah 508 mega Newton/m^2, dan bila dibandingkan dengan tembaga adalah 254 MN/m^2. Tekanan pada pipa yang berdiameter dalam 15mm adalah 55 MN/m^2

3.1.4 Pipa Polythene

Pipa polythene, menurut BS 1972 dapat digunakan pada instalasi air baik di dalam maupun di atas tanah. Pipa polythene sangat menguntungkan digunakan pada daerah banyak bahaya karat, sebab pipa ini dikenal mempunyai sifat tahan karat dan tahan racun (*toxin*). Namun demikian pipa ini tidak tahan terhadap panas, sehingga tentu saja tidak dapat dipergunakan pada instalasi air panas.

Pipa ini tidak dapat dialiri arus listrik sehingga tidak dapat digunakan sebagai arde pada aliran listrik seperti pada pipa logam umumnya.

Karena pipa polythene ini tahan terhadap karat maka sering digunakan pada saluran pembuangan pada labaratorium atau sink dapur. Dan karena harganya relatif murah, maka penggunaan pipa polythene ini menjadi semakin poluler.

Polythene bersifat elastis dan penghantar kurang bagus terhadap panas. Kedua sifat ini menjadikan bahan tersebut tahan pecah, karena pipa ini tidak cepat kehilangan panas seperti pada pipa logam lainnya

Menurut BS 1972 ukuran telah dicantumkan dalam sistem metrik, ukuran imperial, sedangkan tekanan kerja dalam bar (1 bar = 100 kN/m^2). Daftar di bawah ini menunjukkan detail pipa yang penting dari BS 1972 sebagai perbaikan dari BS 1961

Tabel 4. 2 Diameter pipa

Diameter Lubang	**Diameter Luar (in)**		**Berat tiap 100ft**	**Lb/in^2 kerja tekanan pd tekanan 20°C**
	Normalisasi Pipa Normal			
½ in	0,686		7 lb	130
¾ in	1,00		14 lb	115

1 in	1,25		175,5lb	90
	Normalisasi Pipa Berat			
½ in	0,840		15 lb	210
¾ in	1,096		20 lb	150
1 in	1,346		25,5lb	120

3.2 Sambungan Pipa

3.2.1 Sambungan Pipa Timah Hitam

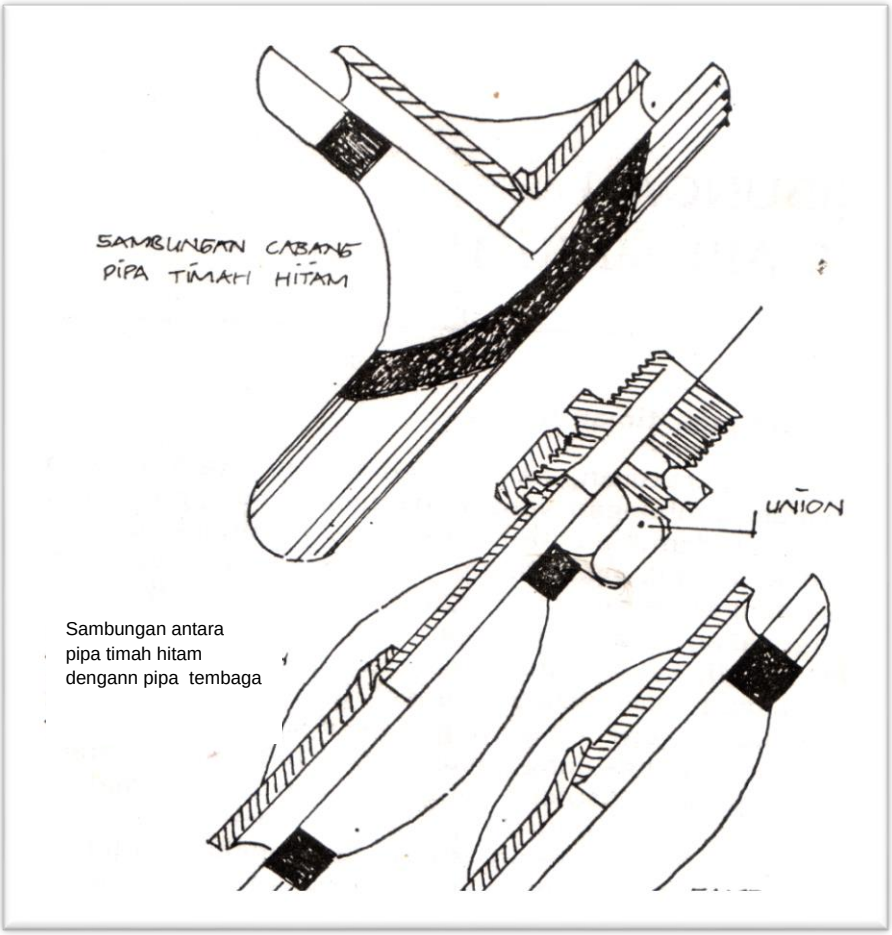
1) Sambungan Hidup dan Mati

Sambungan timah hitam yang baik merupakan sambungan yang mati dengan menggunakan solder, namun demikian tidak menutup kemungkinan untuk mengadakan *sambungan hidup* yaitu sambungan yang dapat dilepas dengan perantara spigot. Sambungan hidup sering digunakan pada sambungan di atas tanah, misalnya pada bak mandi, kakus, sink dan peralatan saniter lainnya.

Sambungan mati dengan solder, dibuat dengan mempersiapkan ujung-ujung pipa yang akan disambung, memasang fitting pada ujung-ujung pipa secara hati-hati, mengolesi bagian yang akan disolder dengan cairan flux memakai kuas kemudian dipanaskan dengan kompor hembus sampai siap disolder. Setelah itu solder dengan jumlah yang cukup ditambahkan pada tempat tersebut untuk membentuk sambungan. Solder dipanaskan akan mencair dan menyusup diantara pipa dan fitting membentuk menjadi satu kesatuan dengan pipa yang dipanaskan. Setelah dingin, maka solder tersebut akan menjadi satu kesatuan dengan pipa dan fittingnya, dan terbentuklah sambungan mati.

Gambar 4 .1 menunjukkan tiga pemakaian penyambungan mati dengan solder.

Gambar 4. 1 Sistem sambungan solder



Peralatan yang dipergunakan

a. Mandrel

Sebelum digunakan, mandrel ini dilumasi dulu dengan minyak pelumas, agar pergeseran tidak akan merusakkan,

lubang pipa yang akan dibentuk. Setelah mandrel dimasukkan dalam pipa kemudian dipukul dengan palu kayu.mandrel ini terbuat dari kayu, oleh karenanya untuk menghindari bagian yang dipukul menjadi rusak, maka bagian ujung atasnya diperkuat dengan pipa logam.

b. Dresser

Alat ini dipergunakan untuk membentuk dinding luar pipa, setelah bagian dalamnya dibentuk dengan mandrel.

c. Gergaji

Gergaji ini dipergunakan untuk memotong pipa.

d. Rasp

Digunakan untuk membentuk ujung pipa segi empat dan untuk meruncingkan ujung spigot sehingga dapat bertemu dengan rapat ke dalam ”bell” yang dibuat dengan tapin pada ujung soket pipa (lihat gambar 3.1).

e. Tapin atur turnpin

Alat ini dipergunakan untuk membuat bentuk seperti lonceng pada ujung socket dari pipa. Alat ini berbentuk kerucut sederhana, dan tersedia dalam berbagai macam ukuran untuk dipergunakan dalam pipa timah yang bermacam-macam ukuran, pada pekerjaan plambing.

f. Sikat Baja

Sikat baja ini dipergunakan untuk membersihkan permukaan pipa timah hitam dari kotoran serta karat yang melekat. Pipa timah hitam ini mudah terkena kotoran dan sulit dibersihkan dengan air biasa.

g. Kapur atau Serbuk Kapur

Sebelum pipa tersebut dibersihkan dengan sikat baja, maka terlebih dahulu ditaburi dengan serbuk kapur agar lemak atau kotoran yang menempel mudah dibersihkan.

h. Tarnish

Tarnish ini berupa cat hitam yang khusus dipergunakan untuk membatasi daerah yang akan disolder. Dengan demikian apabila solder ini sampai mengenai daerah yang dicat hitam dengan tarnish tersebut maka soldernya tidak akan melekat.

i. Shave-hook

Alat semacam ketam halus, yang dipergunakan untuk membersihkan bagian yang akan disolder.

Persiapan membuat bentuk seperti lonceng pada ujung pipa dan membuat ujung seperti kerucut pada fitting, kemudian digabungkan secara hati-hati, dan diberi tanda pada bagian yang akan disolder. Setelah itu hubungan dilepas dahulu untuk diukur dengan jangka pada bagian yang akan diketam dengan shave hook pada setiap ujung pipa yang akan disambung tersebut.

Pemberian tanda ini dengan jalan menusukkan ujung jangka logam dan memutar pipa tersebut sehingga terjadi goresan melingkar pada pipa tadi.

j. Pembagi atau Jangka

Pembagi atau jangka yang kedua ujungnya dari penggores ini dipergunakan untuk memberi tanda bagian yang akan disolder.

k. Palu Kayu atau Palu Plastik

Apabila kedua ujung pipa yang akan disambung tersebut telah siap, maka kedua ujung pipa tersebut dapat dihubungkan. Bagian yang terbentuk lonceng pada socket dihubungkan dengan rapi dan kuat pada spigot pipa dan dirapatkan pakai palu kayu atau palu plastik agar solder tidak masuk ke dalam pipa selama dalam penyolderan berlangsung.

l. Pemasangan Pipa

Peralatan ini merupakan kelengkapan dari penyolderan dan khusus dibuat untuk keperluan ini. Pemasangan dengan alat ini dapat dilaksanakan sebelum, selama atau setelah penyemprotan berlangsung, asalkan solder tadi belum memadat.

m. Kain Penghapus Moleskin

Kain ini diberi perkuatan sehingga menjadi kaku dan dapat digunakan untuk membersihkan solser. Kain moleskin dapat dibeli pada toko peralatan plambing atau dibuat sendiri. Cara pemeliharaan kain ini harus hati-hati, penympanannya di tempat khusus, tidak boleh dicampur dengan peralatan lain, karena akan menjadikan cepat kotor, robek atau rusak. Apabila kain moleskin ini telah sobek , maka harus segera diganti dengan yang baik. Oleh karenanya di dalam penyolderan ini disediakan beberapa buah kain moleskin dengan ukuran berbeda-beda.

n. Kompor Hembus

Pada umumnya digunakan kompor hembus dengan bahan bakar gas paraffin namun akhir-akhir ini orang lebih suka memakai gas butane, suatu gas yang didapatkan dari tambang minyak, karena lebih mudah dinyalakan, cukup bersih dalam penggunaan dan lebih murah.

A. Sambungan bercabang pada pipa timah hitam

Teknik penyambungan pipa bercabang ini hampir sama dengan teknik penyambungan lurus dari ujung ke ujung. Di sini, pekerjaan persiapan memerlukan keterampilan cukup tinggi dan kecermatan yang teliti, antara lain:

(1) Pembentukan lubang pipa induk yang akan dicabang harus dikerjakan secara hati-hati untuk menghindari hambatan atau rintangan pada induk tersebut.
(2) Pipa cabang yang akan disambung tidak boleh merintangi jalannya air pada pipa induk tersebut.
(3) Sebelum disolder, sambungan harus tepat betul.

Peralatan yang dibutuhkan

Peralatan yang dipergunakan untuk penyambungan pipa bercabang ini adalah sama dengan daftar peralatan yang dipergunakan untuk penyambungan pipa lurus, ditambah dengan beberapa peralatan lagi, yaitu:

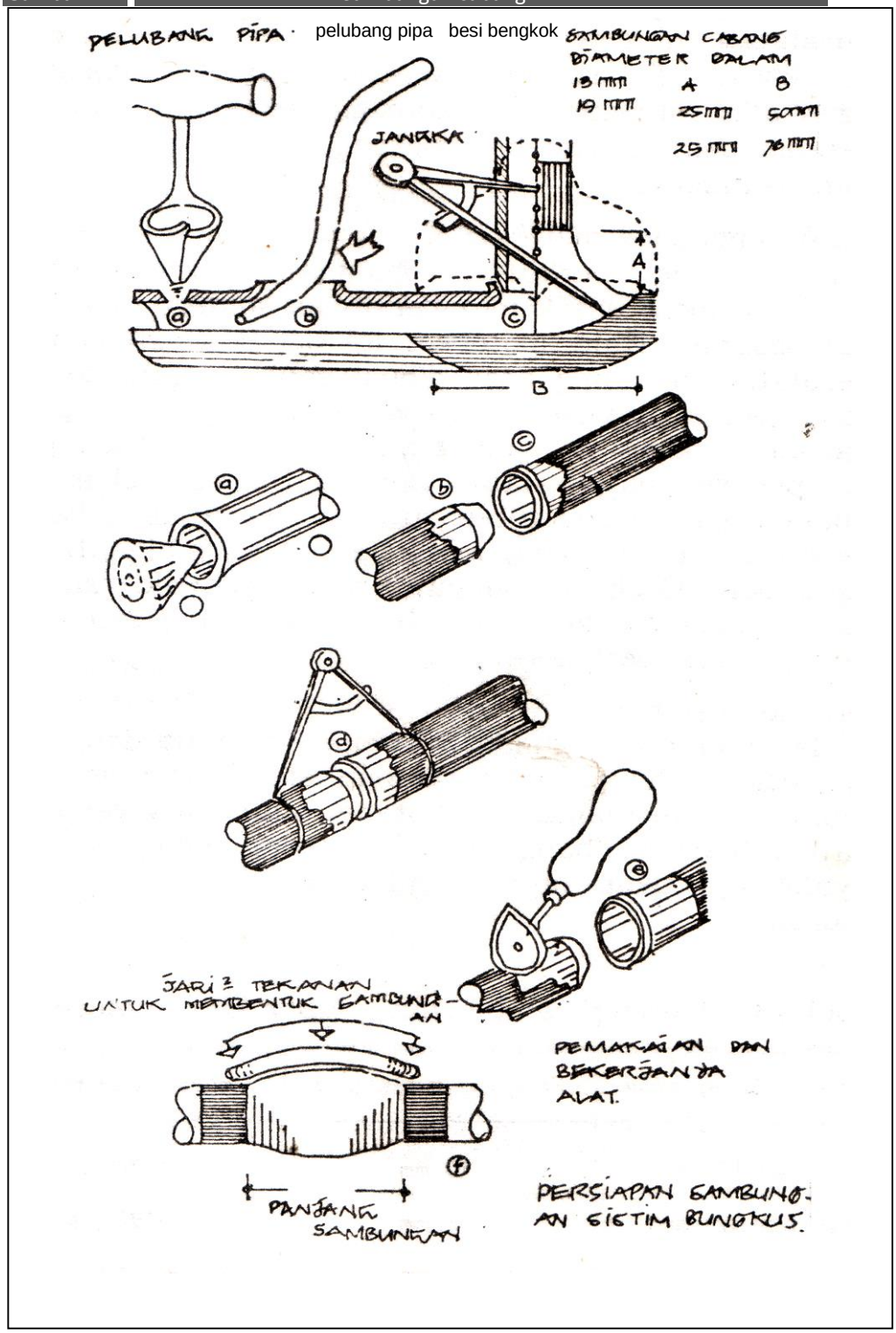
a. Alat pembuka pipa

Alat ini menyerupai bor untuk membuat lubang pada kayu, hanya bagian ujungnya agak membuka sebagai mata pisaunya. Pemakaiannya seperti bor disesuaikan dengan besar lubang yang diinginkan. Apabila alat pelubang pipa ini tidak tersedia, maka digunakan alat bor beton biasa, yang sering digunakan oleh tukang batu, dengan diameter bor 8 mm.

b. Batang bengkok

Alat ini berupa batang dengan diameter 13 mm terbuat dari baja tahan karat. Salah satu ujungnya berbentuk meruncing seperti kerucut, dengan diameter bagian ujungnya 6 mm. Kedua ujungnya sedikit bengkok, oleh karenanya alat ini dinamakan batang bengkok. Untuk membuat bentuk seperti cangkir pada pipa induk yang akan dicabang dan menerima spigot, maka disamping menggunakan batang bengkok juga menggunakan palu. Dengan memasukkan bagian yang runcing ari batang bengkok ke dalam lubang, kemudian mencongkel keluar, maka akan memperlebar lubang pipa dan membentuk tempat sambungan pada pipa induk yang akan dicabang. Pembentukan lubang ini harus dilaksanakan secara hati-hati, sehingga lubang yang terbentuk nampak rapi dan apabila dipasang dengan penyambung, akan terpasang dengan tepat. Setelah itu baru permukaan dalam tadi dibentuk agak miring, sedang pipa cabang akan disambung juga dinding pipanya dibuat miring.

Gambar 4. 2 Sambungan cabang



c. Plat penggores

Alat ini terbuat dari plat logam dengan terdapat tiga bagian yang runcing pada bagian bawahnya. Kedua bagian yang runcing pada bagian tepi digunakan untuk memegang kedua pipa yang akan disambung agar tidak berubah posisinya, ketika penyolderan berlangsung. Bagian runcing yang tengah pada plat penggores ini ditepatkan pada bagian yang akan disambung. Di Atas bagian runcing yang tengah ini terdapat beberapa lubang kecil. Dengan menggunakan jangka, pilih salah satu lubang untuk tempat berdirinya kaki jangka, sedemikian rupa apabila dijangkakan akan membentuk suatu batas yang akan kena solder, pada pipa induk. Setelah itu dengan menggunakan *shave-hook*, tempat tersebut dibersihkan dari kortoran karat.

B. Sambungan solder spigot

Sambungan solder spigot digunakan pada penyambungan katup bak mandi, sambungan perangkap perunggu atau tembaga dengan pipa timah hitam sebagai pipa pembuang.

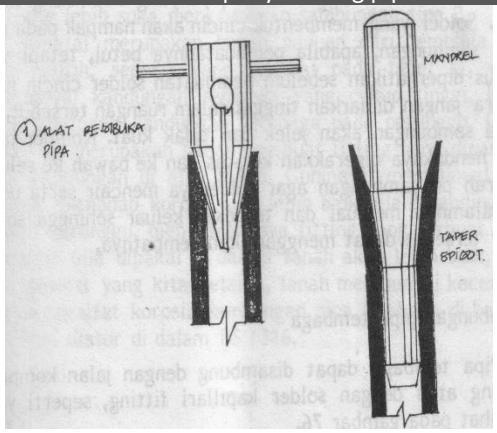
Pekerjaan persiapan penyambungan ini sangat mudah, tetapi membutuhkan peralatan khusus yang cocok untuk dipergunakan pada pipa timah hitam dengan diameter13 mm sampai 32mm,

Alat penyolder yang dipergunakan pada pekerjaan ini menurut BS 219 ialah alat penyolder tingkat A. Dengan ukuran kira-kira 25 mm sudah cukup baik untuk menyolder sambungan pipa dengan diameter 25 mm.

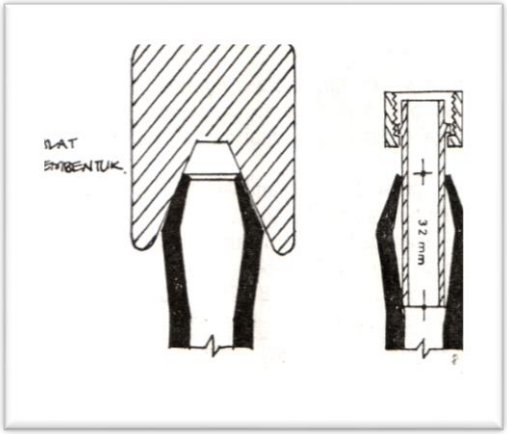
Suatu kenyataan bahwa sambungan ini hanya membutuhkan sedikit solder, sehingga secara keseluruhan harganya menjadi lebih murah. Sebagai perbandingan ½ kg solder dapat dipergunakan dalam 40mm pada sambungan solder spigot, sedang pada penyambungan biasa hanya dapat 25mm.

Adapun langkah kerja pembuatnnya terlihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 4. 3 Alat penyambung pipa



Gambar 4. 4 Sambungan solder spigot

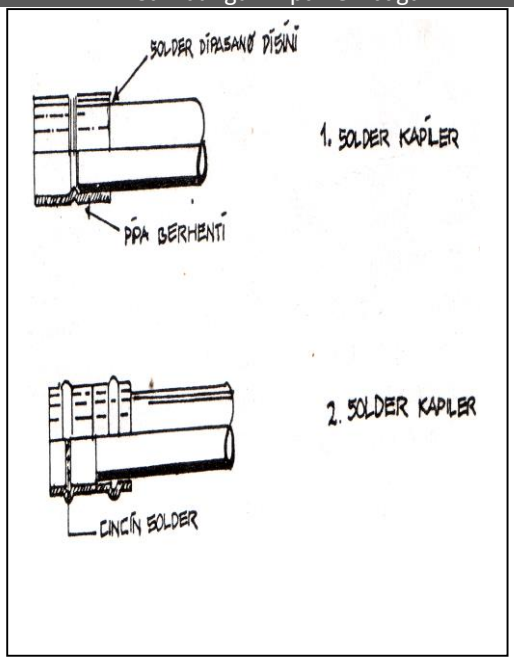


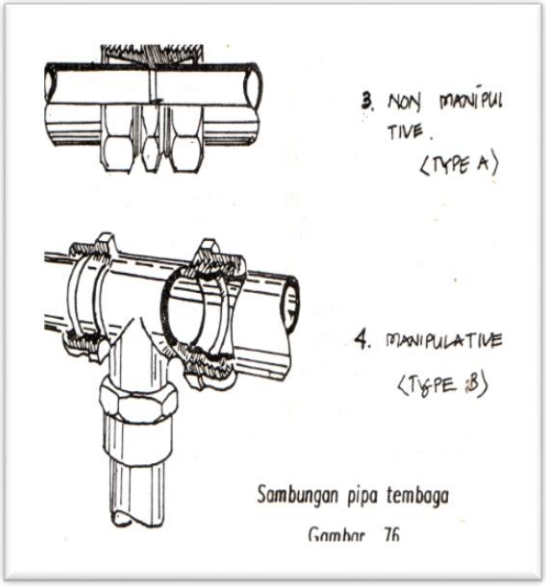
3.2.2 Sambungan Pipa Tembaga

Pipa tembaga dapat disambung dengan jalan kompresi fitting atau dengan solder kapillari fitting.

Kompresi fitting dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe A dan tipe B. Sambungan fitting tipe A dikenal dengan fitting tanpa gigi dan hanya membutuhkan ujung pipa dibentuk bujur sangkar pada arah memanjang, (Gambar 4.5).

Gambar 4. 5 Sambungan Pipa Tembaga





Penyambungan ini membutuhkan tembaga lunak atau sejenisnya, yang dikompresikan diantara bagian dalam dari fitting dan bagian luar dinding pipa yang akan disambung, sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan bentuk pada dinding pipa dan fittingnya.

Sambungan fitting tipe B dikenal dengan fitting gigi. Fitting ini direncanakan sedemikian rupa sehingga selama penyambungan ujung pipa dibentuk sehingga dapat ditekan masuk ke dalam fitting, seperti pada Gambar 4.5. Gigi pada ujung pipa menjadikan fitting tidak akan lepas. Sambungan tipe B ini cocok untuk sambungan pipa tembaga yang akan ditanam ke dalam tanah atau ditembok.

Pelayanan pipa tembaga di bawah tanah ini diatur dalam BS 1386. Untuk pekerjaan sambungan yang ringan biasanya digunakan sambungan tipe A, tetapi karena sambungan dengan tipe B ini lebih mudah dan cepat dikerjakan maka orang lebih suka menggunakan sambungan tipe B.

Solder kapilari fitting

Sambungan jenis ini terbuat dari perunggu atau tembaga dengan kwalitet baik

Apabila dua buah logam dihubungkan satu sama lain, kemudian dialiri listrik, maka akan bersifat seperti dua buah plat pada ”voltase electric cell”, yang hanya menghasilkan sedikit aliran listrik. Aliran ditimbulkan dari salah satu plat, yang menghasilkan bahaya karat yang ditimbulkan karena proses listrik kimia. Udara lembab atau tanah yang bersifat asam dapat bersifat mengalirkan listirk. Pipa tembaga dan fitting perunggu merupakan dua buah logam yang tidak sama. Walaupun fitting perunggu cukup baik untuk pekerjaan baik di atas maupun di bawah tanah, tetapi apabila tanah tersebut telah diketahui bersifat asam, maka lebih baik menggunakan fitting dari tembaga, dengan maksud tidak ada jenis logam kedua dalam instalsitersebut. Solder kapilari fitting, seperti yang telah kita ketahui merupakan paduan dari timah hitam dan timah putih.

Pada solder kapilari fitting ini dilengkapi dengan cincin yang disisipkan pada soket, kemudian ujung pipa tembaga yang akan disambung dibersihkan kain yang bersih, diolesi dengan flux dimasukkan ke dalam soket, ditekan sampai tidak dapat masuk lagi. Setelah itu dipanaskan dengan kompor hembus sampai solder meleleh, dan

mengalir masuk dengan perantara gaya kapiler ke seluruh ruangan di antara pipa tembaga dan fitingnya. Ini adalah salah satu contoh penggunaan gaya kapiler pada pekerjaan plambing.

Ada jenis fitting yang tidak dilengkapi dengan cincin solder didalamnya, sehingga solder dimasukkan dari luar. Disamping itu fitting jenis ini sudah dilapisi solder pada dinding dalamnya, sehingga ketika sambungan tersebut dipanaskan maka solder akan mencair dan membentuk suatu sambungan.

Membersihkan bagian disambung dengan ampelas halur harus dilaksanakan hati-hati, sebab kalau terlalu banyak yang tergosok, akan mengakibatkan adanya rongga yang cukup besar sehingga gaya kapiler tidak dapat bekarja.

Menggosok ampelas cukup dua tiga kali saja. Kemudian dibersihkan dengan kain bersih. Menggunakan flux yang masih aktif juga dapat dipergunakan untuk membersihkan kotoran pada bagian yang akan disambung tersebut, tetapi yang perlu diperhatikan, setelah selesai penyambungan, semua sisa flux tersebut harus dibersihkan kembali karena dapat menimbulkan bahaya karat.

Gaya kapiler menarik solder ke dalam sambungan, melapisi seluruh permukaan di antara pipa dan fitting, diatur dalam BS 1386. Yang menjadi kesulitan, kadang-kadang pipa dan fitting tersebut tidak betul-betul bulat. Untuk itu tersedia alat dari baja tahan karat, yang bentuknya menyerupai dinding dalam dan dinding luar suatu pipa. Dengan demikian apabila pipa tersebut dapat masuk berarti sudah betul-betul bulat.

3.2.3 Sambungan Perunggu

Pelaksanaan sambungan perunggu ini dengan las karbit, flux khusus untuk pengelasan perunggu dan paduan tembaga-seng untuk bahan pengisi.

Fitting yang dapat dilas khusus dibuat untuk keperluan ini dan mungkin terbuat dari perunggu, kuningan atau *gun metal*.

Kompor hembus

Kompor hembus yang digunakan biasanya menggunakan bahan bakar parafin, minyak tanah dan bensin. Penggunaan semua jenis kompor hembus ini harus dilaksanakan dengan hati-hati, karena jika tidak, nyala api ini dapat menjalar kemana-mana dan menimbulkan bahaya kebakaran.

Kompor hembus dengan bahan bakar butane, yaitu suatu gas cair, dan dengan bantuan tekanan udara. Gas ini ditempatkan pada botol yang khusus dirancang untuk keperluan ini. Keuntungan penggunaan gas cukup ekonomis, tidak perlu pemanasan pendahuluan. Begitu katup dibuka, gas langsung mengalir dan dapat dinyalakan terus dipergunakan seketika. Keuntungan lain, yaitu lebih aman, karena begitu katup ditutup maka nyala api langsung padam, sehingga menghemat gas dan mengurangi bahaya kebakaran.

3.2.4 Sambungan Pipa Baja Lunak

Pipa baja lunak disambung dengan fitting berulir disekrupkan dengan kuat. Ulir ini harus memenuhi standard dari "*British Standar Pipe Threads*" (BSPT) seperti yang tercantum pada BS 21, hal ini untuk menjaga agar fitting dari pabrik yang berbeda akan cocok untuk dipergunakan pada segala peralatan plambing.

Pipa dipotong dengan pemotong pipa khusus, Pada potongan tersebut akan terdapat bekas potongan yang berupa dinding pipa yang agak masuk ke dalam (sisa potongan) dan ini harus dihilangkan dengan suatu alat peluas lubang pipa yang dinamakan "*reamer*", sebab jika tidak dikhawatirkan akan mengganggu kelancaran jalannya air.

Setelah itu bagian ujung pipa sedikit dikikir untuk memudahkan masuknya alat pengulir. Baru kemudian pipa tersebut siap dibuat alur dengan alat yang dinamakan "*stocks and dies*". Alat ini biasanya mempunyai empat mata ulir dan bertangkai panjang untuk mempermudah penguliran.

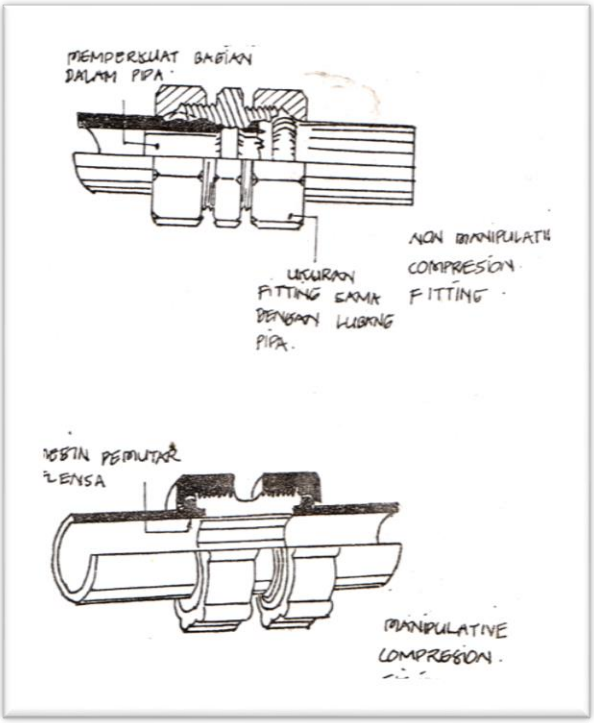
Hasil penguliran pipa dicobakan dengan fitting untuk mengontrol pembuatan ulir, artinya apakah ulir tersebut tidak terlalu dalam atau dangkal, kemudian pipa hasil uliran tersebut dibalut dengan seal tape lalu fitting dipasang. Maksud seal tape tadi yaitu untuk menghindari adanya kebocoran pada sambungan tersebut.

3.2.5 Sambungan pipa polythene

Cara penyambungan pipa polythene ini hampir sama dengna pipa tembaga. Pipa tembaga bagian dalam yang menyangga pipa plastik dari tekanan luar. Karena dinding pipa plastik cukup tebal, maka fitting tembaga yang digunakan setingkat lebih besar dari pada ukuran pipa plasitk.

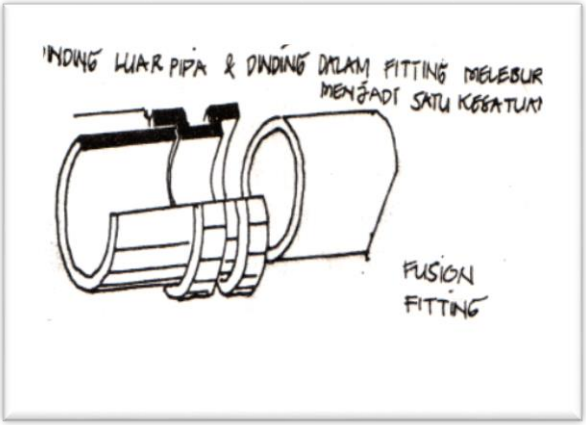
Pada Gambar 4.6 ditunjukkan tipe sambungan dengan cara memakai soket union dimana tidak ada logam yang menyangga dinding pipa bagian dalam. Penyambungan jenis ini hanya memerlukan peralatan yang sederhana dan kompor hembus.

Gambar 4. 6 Sambungan soket union



Pada Gambar 4.7 ditunjukkan penyambungan pipa dengan jalan melumerkan dinding luar pipa yang akan disambung dan dinding dalam dari soket. Cara pelumeran ini dengan alat yang khusus diperlukan untuk keperluan ini.

Gambar 4. 7 Sambungan pipa polythene



Pertama-tama alat-alat tersebut dipanaskan, kemudian dimasukkan pada soket sehingga dinding dalamnya menjadi lumer, sedang alat yang lain dimasuki pipa sehingga dinding luarnya jadi lumer. Setelah itu kedua alat dicabut dan dinding pipa dimasukkan dalam soket, sehinga membentuk sambungan yang kuat, karena kedua dinding tersebut bersatu menjadi satu kesatuan.

Melepas Sambungan

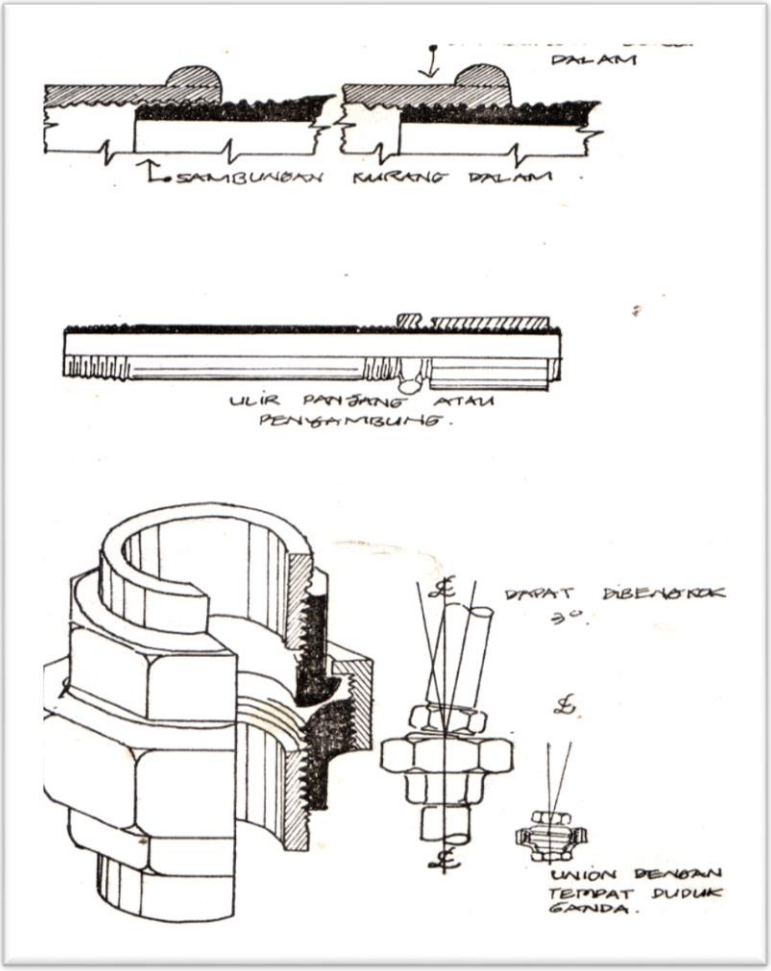
Fitting yang khusus untuk dimaksudkan sebagai penyambung pipa, tetapi sekaligus juga berfungsi untuk pelepas sambungan apabila sewaktu-waktu diperlukan, misalnya pada pengurasan atau perbaikan adalah fitting jenis *union*, dan "*longscrew*" seperti yang terlihat pada gambar 4.8 serta berat sendiri pipa beserta aliran air didalamnya.

Susunan pada instalasi pemipaan juga harus dibuat sedemikian rupa sehingga gelembung udara di dalam pipa dapat mengalir dan terbuang dengan lancar sehingga tidak akan menggangu kelancaran jalannya air, karena gelembung udara, pengaliran air dalam pipa terhambat. Dua buah benda tidak dapat menempati

ruangan yang sama, maka demikian juga dengan gelembung udara dan air pada suatu instalasi pipa.

Apabila gelembung udara ini berkumpul pada tempat yang tertinggi dari suatu instalasi pemipaan dan tidak dapat keluar dari tempat tersebut, sehingga aliran air tidak dapat melewati daerah tersebut maka peristiwa ini sering dinamakan "*kunci – udara*".

Gambar 4. 8 Sambungan pipa baja



3.3 Susunan Instalasi Pipa

Susunan pada instalasi pemipaan harus terpasang dengan kuat, sehingga cukup mampu untuk menahan bahaya perlengkungan, getaran, penurunan, keamblesan,

Kunci udara ini tidaklah akan menimbulkan kesulitan yang berarti, pada suatu instalasi yang mempunyai tekanan air cukup besar tersebut akan mampu mendorong udara ke tempat Katup yang terdekat. Tetapi pada instalasi air rumah tangga, biasanya tangki airnya penempatannya kurang tinggi, sehingga tekanan air di dalam pipa menjadi kurang besar, sehingga tidak mampu mendorong kunci udara di dalam instalasi pipa tersebut.

Sistem air panas untuk kebutuhan rumah tangga dengan pemanas dan tangki air panas yang diisi dari tangki air dingin rumah tangga yang biasanya bertekanan kecil, sebaiknya mempunyai cadangan air sendiri untuk menjaga tekanan air dingin tersebut bertambah rendah.

Menurut peraturan, semua katup air dingin haruslah berasal dari tangki air dingin yang terdapat pada bangunan yang bersangkutan, kecuali katup pipa pengambilan dari luar bangunan atau sumur ke tangki reservoar. Hal yang penting dalam menginstalasi saluran air ini ialah agar udara yang berada pada pipa tersebut dapat terbuang dengan mudah dan lancar.

Pada instalasi air panas, semua pipa haruslah mempunyai pipa ventilasi untuk membuang udara, yang ditempatkan pada bagian tertinggi daripipa atau puncak tangki air panas. Oleh karenanya di dalam memasang pipa hendaknya agak miring, agar udara dapat mengumpul di suatu tempat dan mudah membuangnya.

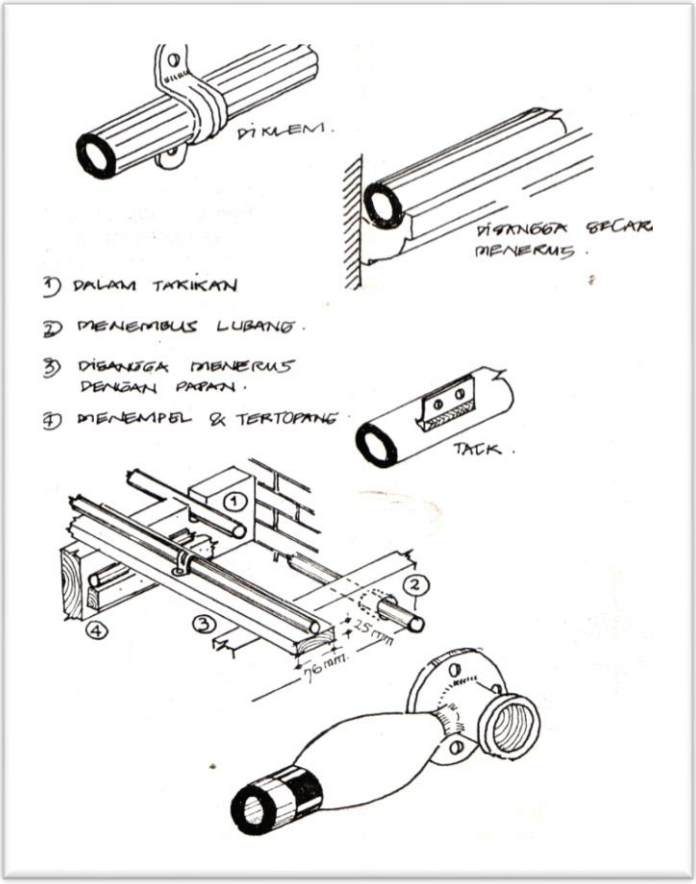
3.3.1 Pemasangan pipa

Apabila pemasangan pipa ini tidak disangga dengan cukup kuat atau penempelan pada dinding tembok yang kurang kuat maka pastilah akan menimbulkan kesulitan dan kerusakan yang lebih parah nantinya.

Pipa timah hitam relatif lunak, berat dan mempunyai kekuatan tarik yang rendah. Apabila jarak penyangga atau penjepit terlalu panjang, maka pipa ini akan melengkung, dan akibatnya akan menyeret penjepit pada dinding tembok. Akibat yang lebih parah lagi pipa dapat tergores oleh penjepit pipa tersebut.

Jarak penjepit pipa timah hitam ini tidak boleh lebih dari 610 mm (2ft) untuk jarak horisontal dan 760 mm (2ft 6in) untuk jarak vertikal. Apabila memungkinkan, penyangga yang terus menerus pada pipa timah hitam ini adalah yang paling ideal. Gambar 4.9 menunjukkan beberapa tipe pemasangan instalasi pipa timah hitam.

Gambar 4. 9 Memasang pipa timah hitam



Pipa tembaga dan pipa baja lunak mempunyai kekuatan tarik yang cukup kuat, sehingga mampu menyangga dirinya yang terbuat dari perunggu, seperti yang terlihat dalam Gambar 4.9, nampak beberapa tipe alat penjepit. Untuk penempelan pada tembok harus diklem pada klos kayu.

Pipa baja lunak dapat dipasang dengan peralatan seperti yang telihat pada Gambar 4.9 yang bahannya terbuat dari logam yang telah digalvanis.

Apabila pipa terpaksa dipasang dengan digantung, misalnya dari langit-langit, maka dipergunakan penjepit gantung.

Pipa polythene pemasangannya hampir sama dengan pipa timah hitam, oleh karenanya pengerjaannya harus cukup hati-hati, karena tegangan teriknya rendah dan koefisien mulai panjang yang cukup tinggi. Hal ini akan mengakibatkan penurunan yang tidak enak dipandang atau menyimpang dari garis lurus, apabila pipa ini dipasang tidak pada jarak yang telah ditentukan. Adapun jarak tersebut paling besar sepanjang 12 kali diameter luar pipa harus dipasang klem penjepit atau penyangga untuk pipa horisontal dan sepanjang 24 kali diameter luar pipa untuk pemasangan secara vertikal.

Sebagai contoh untuk pipa berdiameter dalam 13 mm berarti pipa polythene mempunyai diameter dinding luar 21,5 mm. Hal ini berarti jarak penyangga paling sedikit 250 mm untuk pemasangan secara horisontal dan 500 mm untuk pemasangan secara vertikal.

Penggantung Pipa

Instalasi perpipaan supaya terjamin dan aman dari kerusakan baik karena pemuaian maupun berat instalasi pipa sendiri diperlukan penggantung atau penyangga dan tentunya tidak mengabaikan fleksibilitas instalasinya. namun demikian besar kecilnya penggantung maupun penyangga serta jumlahnya memerlukan suatu perhitungan dan pengalaman agar instalasi perpipaan tidak rusak dan tahan lama.

Penggantung atau penumpu pipa merupakan suatu perlengkapan instalasi perpipaan yang tidak dapat dipisahkan, karena tanpa pennggantung / penumpu instalasi perpipaan tidak dapat dipasang dengan sempurna. Agar supaya penggantung ins talasi perpipaan dapat berfungsi sempurna dalam arti tidak rusak dan dapat bertahan lama, maka penggantung dan penumpu pipa sebelum dibuat

diperlukan perhitungan perencanaan yang baik, begitu pula tempat pemasangannya.

Ada hal- hal penting yang perlu diperhatikan untuk penggantung atau penumpu pipa:

1**. Berat pipa**

Berat yang harus diperhitungkan bukan hanya berat pipa itu sendiri, tetapi meliputi berat perlengkapannya, seperti katup, bahan isolasi serta berat isi pipa tersebut. Disamping itu pada instalasi pipa-pipa tertentu ada kemungkinan orang akan berdiri di atas pipa, baik untuk berjalan maupun memeriksa atau memperbaiki perlengkapan pipa tersebut atau pipa lain disebelahnya, sebaiknya tambahan berat orang tersebut dipertimbangkan pula.

2. **Jenis pipa**

Jarak antara penggantung atau penumpu bergantung pada jenis bahan pipa disamping ukuran pipa, karena adanya perbedaan kelenturan.

3. **Mencegah perambatan getaran**

Pipa yang berhubungan dengan mesin atau peralatan yang bergerak atau berputar dapat meneruskan getaran mesin atau peralatan tersebut ke dalam ruangan lainnya, baik melalui pipa atau melalui konstruksi gedung, sehingga dapat menimbulkan kebisingan dan renovasi. Penggantung atau penumpu pipa sebaiknya dapat mencegah perambatan getaran semacam ini. Di samping itu penggantung atau penumpu pipa harus juga cukup kuat untuk menahan gaya-gaya tumbukan akibat timbulnya pukulan air dalam pipa.

4. **Ekspansi pipa**

Penggantung atau penumpu pipa harus mampu menampung adanya perubahan panjang pipa akibat perubahan temperatur pipa.

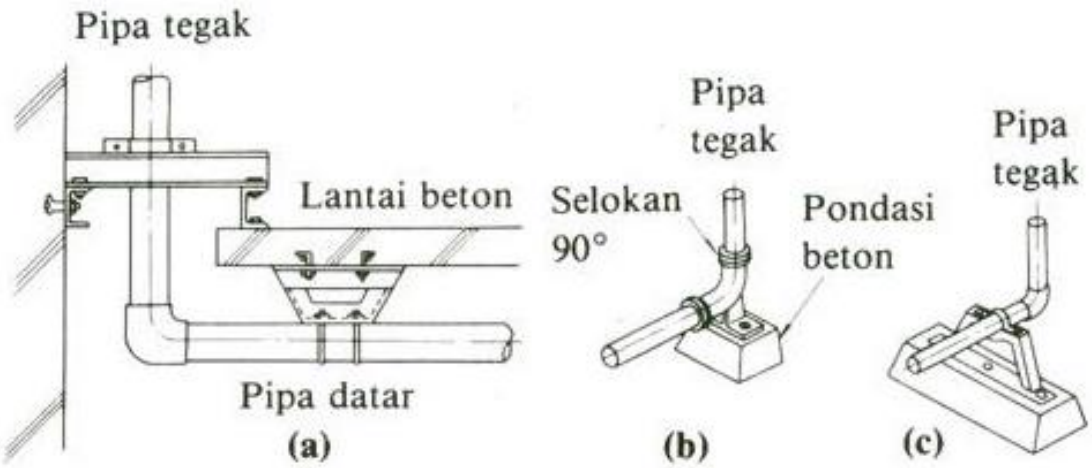
5. **Jarak antara pipa**

Jarak antara pipa dengan pipa dan antara pipa dengan dinding atau permukaan lainnya, harus cukup lebar untuk memungkinkan penggunaan alat-alat, pemasangan isolasi atau penutup pipa lain, pengecatan dan pekerjaan perawatan umumnya serta pekerjaan lainnya yang mungkin akan dipasang di sekitar pipa, jarak minimum biasanya sekitar 25 mm

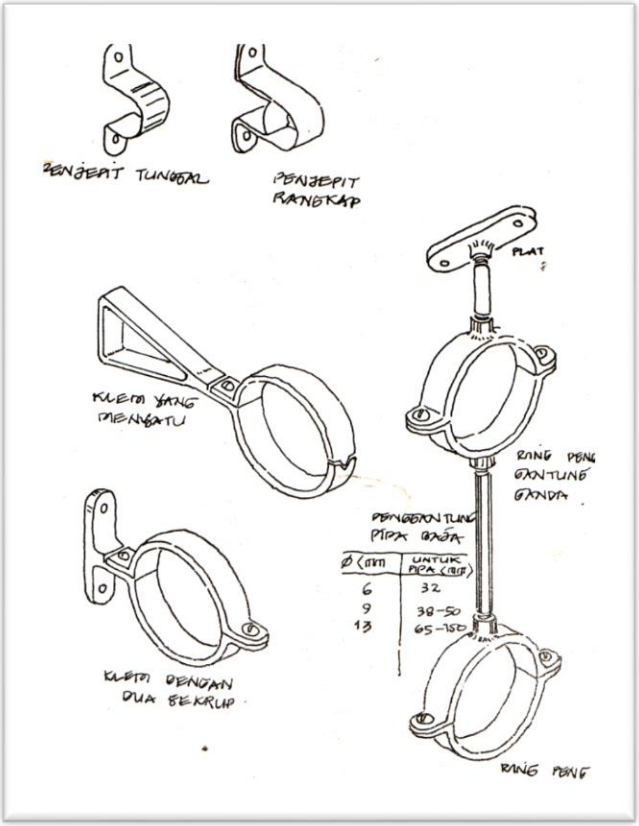
Penggantung atau penumpu pipa harus dipasang pada tempat-tempat berikut ini:

1. Di sekitar katup dan sambungan ekspansi (untuk katup ukuran 100 mm atau lebih harus dipasang pada kedua sisinya)
2. Pada belokan pipa mendatar
3. Pada dasar pipa tegak
4. Pada cabang pipa
5. Pada pipa yang disambungkan ke mesin atau peralatan di dekat mesin

Gambar 4. 10 Penggantung dan penumpu bagian bawah pipa tekak


Pipa tegak
Lantai beton
Pipa datar
(a)
Pipa tegak
Selokan 90°
Pondasi beton
(b)
Pipa tegak
(c)

Gambar 4. 11 Penggantung pipa



Jarak Antar Penggantung

Jarak antar penggantung pipa sebaiknya dibuat sesuai standar, karena kalau jarak tersebut dibuat lebih panjang akan ada kemungkinan timbulnya lendutan pipa yang berlebihan

Cara Menggantung Atau Menumpu

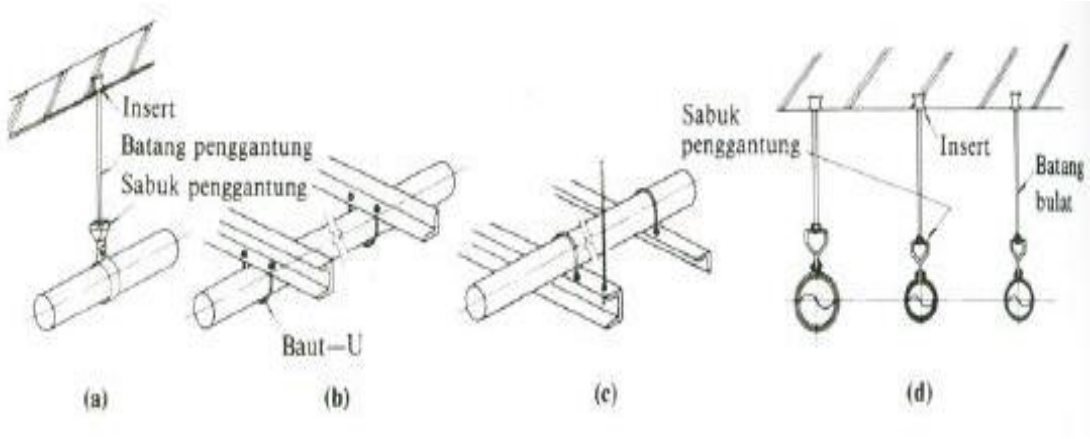
1. Penggantung pipa-pipa tunggal Insert dipasang pada cetakan beton sedemikian hingga setelah beton menjadi keras.

Insert ini akan tertanam kuat di dalam beton. Sebuah batang yang ujungnya berulir disekerupkan ke dalam insert tersebut sebagai penggantung pipa.Dalam keadaan dimana insert tidak ada, beton dibor lebih dahulu kemudian dimasukkan suatu baut

angker yang berlubang ulir ditengahnya, baut angker inilah yang berfungsi seperti insert yang ditanam beton. Selanjutnya batang penggantung pipa disekerupkan ke dalam lubang ulir dalam baut tersebut.

Gambar 4.12 Contoh cara penggantung pipa-pipa tunggal

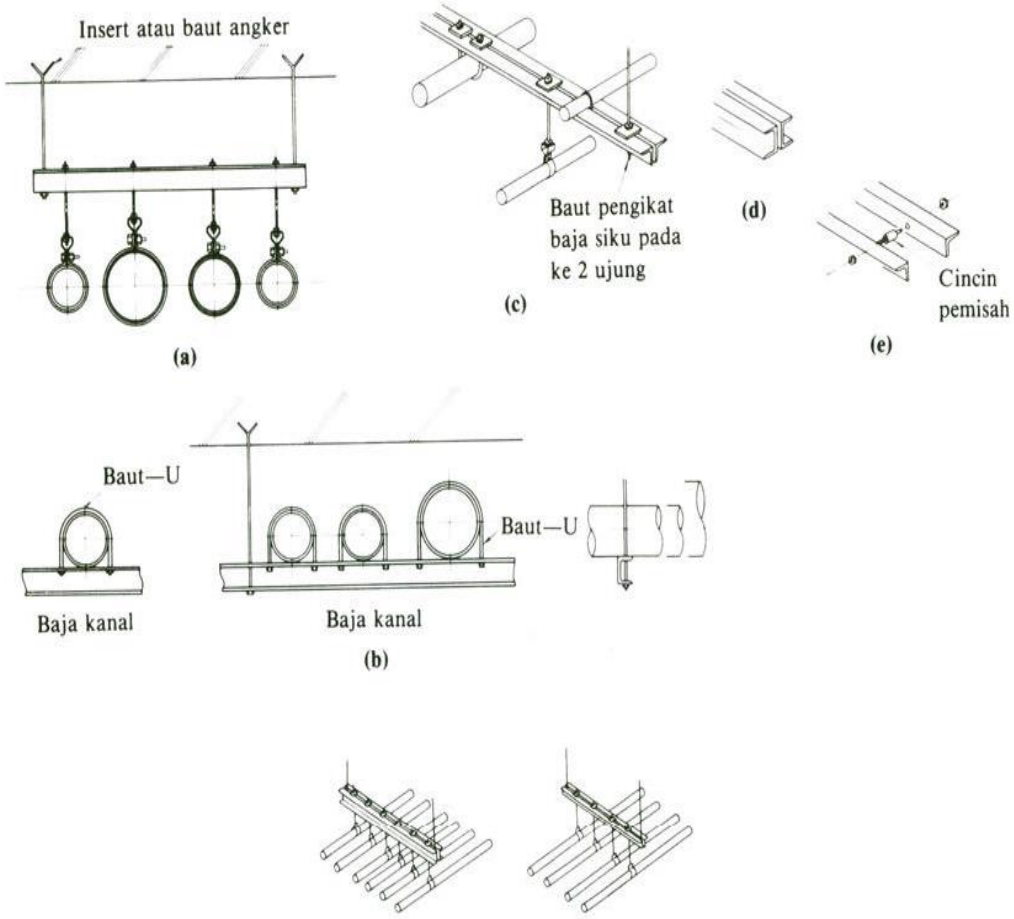
Gambar 4. 12 Penggantung pipa-pipa tunggal



Penggantung bersama

Apabila beberapa batang pipa akan dipasang sejajar dalam satu bidang horisontal (misalnya di bawah langit-langit dalam ruang mesin, koridor dan sebagainya), maka penggantung bersamalah yang paling tepat karena akan lebih mudah pemasangannya dan tampak lebih rapi. Penggantung bersama harus dibuat dari baja profil, dengan ukuran disesuaikan dengan perhitungan serta dengan jarak antara yang memenuhi syarat semua ukuran pipa yang akan digantung bersama.

Gambar 4. 13 Cara-cara pengantung atau menumpu pipa bersama



Penggantung dan penumpu pipa tegak

Penggantung dan penumpu pipa tegak harus dapat mencegah pipa tegak tersebut tidak merosot ke bawah. Dalam gedung bertingkat untuk pipa-pipa yang tegak berekspansi sebaiknya diikat pada setiap ketingian lantai agar berat pipa dapat dibagi ke setiap lantai. Pipa-pipa yang dapat berekspansi harus diikat dengan pada tempat-tempat tertentu, sedang pada tempat lainnya harus memungkinkan adanya gerakan pipa akibat ekspansi.

Penumpu pipa berekspansi

Untuk pipa-pipa yang memungkinkan berekspansi misalnya pipa uap, air panas dan sebagainya harus dibuatkan suatu rol atau gelindingan yang sesuai dengan ukuran pipa agar pipa dapat bergerak sehingga tidak merusak pipa

Penumpu anti getaran

Untuk mencegah perambatan getaran atau pukulan mencegah perambatan getaran atau pukulan dari mesin (misalnya pompa atau mencegah perambatan suara dari mesin tersebut melalui pipa, harus dipasang penumpu pipa yang anti getaran)

3.3.2 Perambatan kebisingan pada pipa

Sifat kaku pada tembaga dan pipa baja lunak menjadikan kedua jenis pipa tersebut lebih mudah dipasang, diklemp, atau disangga bila dibandingkan pipa yang bersifat fleksibel. Seperti pipa timah hitam dan pipa polythene. Namun demikian sifat kaku dari sutu pipa ini juga ada kelemahannya, yaitu pipa tersebut lebih mudah merambatkan suara sehingga menimbulkan kebisingan. Oleh karenanya pipa tembaga dan pipa timah hitam haruslah diinstalasi sehingga suara bising tersebut dapat dihindari atau dikurangi.

Sumber suara bising pada pipa yang kaku ini biasanya ditimbulkan dari pergesekan antar pipa dan klemp atau penyangga lainnya akibat perubahan panjang karena panas atau dingin. Apabila penjepitan kurang kuat maka getaran dari penjepit tersebut juga dapat merupakan sumber dari kebisingan.

Pukulan air juga merupakan sumber dari suara bising dari pipa. Aliran air yang Katup nya ditutup dengan tiba-tiba akan menyebabkan pukulan air tersebut.

Aliran air pada sepanjang pipa merupakan suatu bentuk energi atau kemampuan untuk mengerjakan. Seperti yang saudara ketahui air yang keluar dari Katup pemadam kebakaran membutuhkan tenaga untuk dapat menyemprot lokasi kebakaran tersebut. Apabila aliran air yang begitu cepat ini dengan tiba-tiba dihentikan, maka akan timbul energi baru yang terperangkap pada pipa tersebut, dan mencari jalan keluar dalam bentuk aktivitas. Hal tersebut akan mengakibatkan pipa menjadi bergetar dan akibat yang lebih parah lagi tekanan air ini dapat memecahkan pipa tersebut. Penyebab dan cara mengatasi hal ini akan diterangkan pada bab yang akan datang.

3.3.3 Perlindungan pipa

Menurut peraturan, air yang berada di bawah tanah haruslah dilindungi dari bahaya karat atau kerusakan karena kekuatan mekanik.

Bahaya karat dapat menghancurkan logam dengan jalan reaksi kimia. Sebagai contoh karat akan menyerang besi pada udara yang lembab. Bentuk lain dari serangan karat ialah korosi elektrolit, Bakteri korosi, yang merupakan penyebab karat ini banyak terdapat pada tanah, terutama tanah liat. Tanah yang bersifat asam, akan mengakibatkan bahaya karat yang disebabkan oleh reaksi kimia.

Bentuk lain dari bahaya karat timbul dari abu yang dihasilkan dari pembakaran sampah yang dimaksudkan untuk mempertinggi permukaan tanah.

Abu ini mengandung belerang yang larut dalam air hujan sehingga akan membentuk asam belerang yang lemah, kemudian meresap kedalam tanah. Asam belerang encer ini merupakan bahaya karat yang paling besar terhadap logam.

Pipa timah hitam dan pipa tembaga lebih tahan terhadap serangan karat, bila dibandingkan dengan pipa baja lunak, sedang pipa polythene dikenal paling tahan terhadap bahaya karat ini, namun demikian, menurut peraturan semua pipa harus dilindungi dari bahaya karat dan kerusakan akibat phisik.

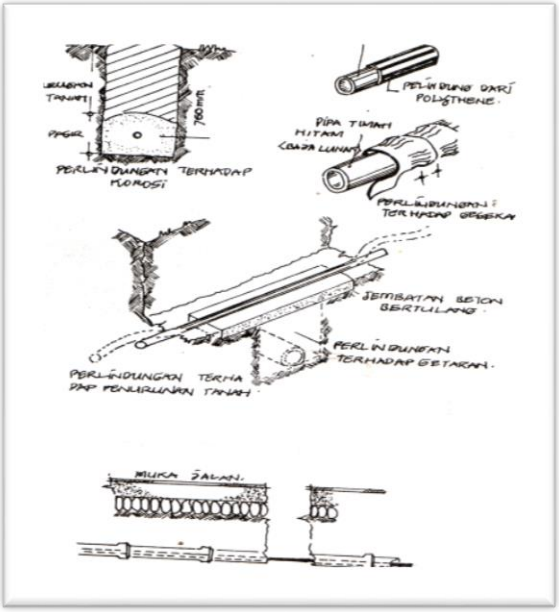
Pipa yang ditanam di dalam tanah yang mengandung bahaya karat, diselimuti dengan pasir sebesar 150 mm. Hal ini adalah cukup baik, namun air tanah yang mengandung asam masih dapat meresap melalui pasir tersebut dan menyerang pipa logam yang ada.

Apabila memungkinkan, di sekitar pipa tersebut supaya dibuatkan parit yang letaknya lebih dalam daripada kedudukan pipa, sehingga akan dapat mengumpulkan dan membuang air yang mengandung asam tersebut. Pada sepanjang pipa tersebut setelah dibalut dengan pasir, supaya diberi pecahan batu kapur, karena hal ini dapat menetralkan atau menunda keasaman air tanah yang merembes ke dalam dinding luar pipa.

Cara lain untuk mengatasi serangan bahaya karat ini ialah dengan membalut pipa dengan aspal, plingkut atau sejenisnya. Cara penempatan aspal ini dengan memasang cetakan berbentuk ”V” pada pipa, kemudian dituangkan aspal cair.

Pipa seringkali dibungkus dengan bahan khusus yang bersifat anti karat yang akan melindungi bahan tersebut. Cara pembalutan pipa ini dikenal sebagai cara yang murah, cepat dan efektif untuk perlindungan pipa dari bahaya karat secara permanen. Salah satu bahan pembalut ini terbuat dari kapat yang telah direndam dalam larutan sejenis minyak tanah.

Gambar 4. 14 Perlindungan pipa bawah tanah



Dalam hal tanah mengandung bakteri karat, maka pembalut seperti di atas menjadi tidak ada artinya, karena akan segera dimakan oleh bakteri tersebut. Oleh karenanya, apabila demikian halnya, maka pipa harus dilapisi dengan fiber-glas sehingga bakteri tidak dapat menembus pembalut tersebut untuk memakan pipa logam di dalamnya .

Meletakkan pipa pada galian yang tidak hati-hati, kemungkinan pipa akan jatuh pada tempat batu yang tajam atau kejatuhan batu dari atas. Setelah pipa ditimbuni dan dipadatkan maka sangat mungkin landasan batu yang tajam tersebut akan mempengaruhi kondisi pipa tersebut. Untuk menghindari hal ini maka semua pipa yang akan ditanam di dalam tanah haruslah dilindungi dengan pasir atau paling tidak dengan tanah yang telah diseleksi sehingga tidak ada batu atau barang keras lainnya, yang ditaburkan sepanjang pipa dengan ketebalan dari pipa 150 mm, setelah itu baru ditimbuni dengan tanah biasa.

Gerakan atau penurunan tanah yang disebabkan oleh peristiwa alam dari bumi, akan sangat mempengaruhi instalasi pipa yang ditanam dalam tanah tersebut. Dalam hal ini pipa akan menderita tegangan tambahan yang cukup besar.

Tindakan pencegah pertama, apabila dikhawatirkan daerah tersebut akan terjadi patahan atau penurunan tanah, maka pipa harus dibaringkan dan diselimuti dengan pasir cukup tebal. Hal tersebut akan memberikan sedikit kebebasan bergerak bagi pipa dan menyesuaikan terhadap gerakan dari dalam bumi.

Apabila pipa tidak dipasang secara lurus dan mati, tetapi agak membelok seperti busur yang halus, maka tegangan yang terjadi pada pipa tersebut akan bisa dinetralisir oleh kelebihan pipa yang berbentuk lengkung.

Untuk mengatasi penurunan tanah yang bersifat lokal dan sudah diketahui, atau mungkin keadaan tanah yang dilalui pipa tidak stabil, maka cara mengatasinya dengan membuat jembatan dari beton sedang pipa diletakkan diatasnya.

Di waktu hujan tanah ini bersifat liat dan lekat, sehingga pipa yang terbaring pada tanah liat ini akan ditempel dengan erat oleh tanah liat tersebut, seperti pipa yang dijepit dengan ragum. Di musim kemarau tanah liat ini akan menyusut dan terjadi retak-retak pada tanah liat tersebut. Retak-retak ini lebarnya mencapai 25 mm, bahkan lebih, yang nampak dari permukaan sampai kedalaman 1,5 sampai 2 meter. Akibatnya pipa yang berada dalam tanah tersebut akan menderita tarikan yang cukup besar, apalagi kalau arah retak tersebut tegak lurus dengan arah pipa.

Cara mengatasi kembang susut dari tanah liat ini ialah dengan jalan menyelimuti pipa tersebut dengan pasir, baik di tempat tersebut ada bahaya karat maupun tidak. Getaran yang diakibatkan oleh kendaraan yang lewat di atas jalan raya dapat merusakkan pipa saluran air yang ada di bawahnya. Di samping itu pipa akan menderita tekanan diakibatkan oleh roda dari kendaraan yang cukup berat. Untuk mengatasi hal ini maka pipa yang melewati jalan raya harus dimasukkan ke dalam pipa lebih besar dan lebih kuat, misalnya pipa dari beton bertulang. Gambar 8.15 memperlihatkan bermacam-macam cara perlindungan pipa.

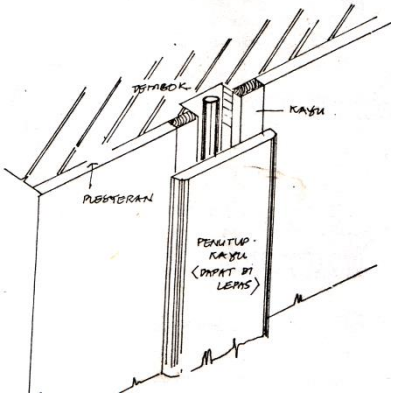
3.3.4 Pemeliharaan dan Perbaikan

Perlu diingat bahwa instalasi pipa kadang-kadang membutuhkan pemeliharaan dan perbaikan. Tetapi pipa yang ditanam dalam dinding tembok atau lantai beton sangatlahsukar dan mahal di dalam memperbaikinya. Kebocoran pada suatu instalasi pipa dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada bangunan tersebut apabila tidak selekasnya mendapat perbaikan.

Untuk mengatasi hal tersebut di atas, maka dibuatlah suatu rumah pipa. Dengan demikian pipa tidak terpasang mati pada dinding tembok atau beton, tetapi dapat dilepas apabila sewaktu-waktu akan diperbaiki.

Dengan demikian cara perbaikannya menjadi mudah dan tidak mahal. Adakalanya pada tembok diberi ruangan khusus untuk pemasangan pipa tersebut, dan kemudian ditutup dengan papan kayu, seperti terlihat pada gambar 4.15.

Gambar 4. 15 Perlindungan pipa pada dinding



D. Aktivitas Pembelajaran

Mengamati

Mengamati kegiatan terjadinya proses bahan dan sambungan pipa.

Menanya

Memberikan kes

empatan bahan dan sambungan pipa instalasi pipa air bersih

Eksperimen/explore

Melakukan pengembangan terjadinya bahan dan sambungan pipa yang diperlukan untuk sistem penyediaan air bersih

Asosiasi

Menjelaskan pentingnya sistem instalasi pipa air bersih sesuai dengan prosedur teknis

Komunikasi

Mempresentasikan hasil kegiatan dan menarik kesimpulan

Memuat tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur, dan metakognitif pada setiap KD dengan tingkat performansi mengingat, menggunakan dan mengembangkan.

Uraian materi diorientasikan pada proses kegiatan belajar saintifik yang memuat pola 5M

1. Mengamati, menjelaskan fakta-fakta
2. Menanya, mulai dari fakta sampai dengan analisis (materi yang belum difahami)
3. Mengumpulkan data/informasi untuk menjawab pertanyaan berupa (konsep, prinsip, prosedur, metakognitif). Dalam mengumpulkan data dapat melalui membaca dan/atau melakukan eksperimen.
4. Mengasosiasi, menghubungkan data/ informasi tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur dan metakognitif menjadi kesimpulan sebagai pengetahuan baru
5. Mengkomunikasikan, kesimpulan hasil belajar

Untuk pembelajaran pengetahuan tentang air maka lakukan hal-hal sebagai berikut:

1) Pertama, bentuklah kelompok yang beranggotakan 4-5 orang
2) Tiap kelompok ditentukan ketua, sekretaris dan anggota. Buatlah kesepakatan bahwa semua orang dalam kelompok harus berperan aktif sesuai penugasan yang ada.
3) Setiap melakukan kerja kelompok, setiap anggota mempersiapkan diri dengann cara membaca terlebih dahulu kemudian berdiskusi.
4) Sebelum bekerja siapkanlah alat tulis yang diperlukan.
5) Baca dan cermatilah uraian materi tentang sifat air sebagai berikut.

1) Untuk memperkaya informasi materi di atas Anda dapat melengkapinya bahan bacaan/informasi tentang pengunduhan Bahan dan Sambungan Pipa
2) Caranya Anda dapat berkunjung ke perpustakaan sekolah, mencari di internet atau bertanya kepada Guru.
3) Setelah Anda memperoleh bacaan/informasi yang lengkap tentang pengunduhan sistem instalasi pipa air bersih, masing-masing peserta didik membaca bacaan tersebut kemudian lakukan diskusi dengann teman Anda tentang pertanyaan berikut;:

d. Bahan Instalasi Pipa
a. Sambungan Pipa
b. Susunan instalasi

4) Untuk memantapkan hasil diskusi Anda, lakukan percobaan langsung dengann mengunduh Bahan dan Sambungan Pipa dengann beberapa teknik yang sudah Anda diskusikan.
5) Buatlah catatan pengalaman antara teori yang telah Anda diskusikan dan pengalaman hasil percobaan/praktik.
6) Presentasikan hasil pengalaman Anda di depan kelas! Buatlah kesimpulan bersama.

Hasil diskusi Anda dapat ditulis pada lembar khusus yakni sebagai berikut:

Nama Kelompok :.....

Nama Anggota Kelompok : .....

Hasil diskusi :

1) Bahan Inst Pipa
.....
.....
2) Sambungan Pipa
.....
.....
3) Susunan instalasi

Tugasl Latihan

Sebutkanlah bahan-bahan penggantungbuntuk pemasangan instalasi pipa?

Lembar Kerja Peserta diklat

Pilihlah bahan-bahanpipa dan sambungan pipa yang tepat untuk digunakan instalasi pemipaan pada pekerjaan biomassa?

E. Rangkuman

1) Pipa ini dibutuhkan untuk menyalurkan air dari pipa induk kemudian masuk ke dalam bangunan, seterusnya melalui pipa air tersebut didistribusi ke tempat-tempat yang membutuhkan pada bangunan tersebut. Penggunakan pipa selain untuk air minum digunakan untuk membuang dan untuk menyalurkan gas.
2) Persyaratan dasar bagi pipa ialah dapat digunakan cukup awet dalam pemakaian, mampu menerima tekanan khususnya dari dalam pipa itu sendiri, mudah disambung, berbentuk rapi dan mudah dipasang dengan kuat. Khusus utuk instalasi air minum, pipa ini tidak boleh mengakibatkan keracunan baik oleh bakteri maupun karat, sebab hal ini dapat mengakibatkan air yang melaluinya dapat terkontaminasi.
3) Bahan yang biasa digunakan untuk pembuatan pipa instalasi air minum ialah timah hitam, tembaga dan baja lunak. Bahan dari plastik, misalnya *polythene* dan *polyvinyl chloride* hanya digunakan pada instalasi air dingin.
4) Sambungan timah hitam yang baik merupakan sambungan yang mati dengan menggunakan solder, namun demikian tidak menutup kemungkinan untuk mengadakan *sambungan hidup* yaitu sambungan yang dapat dilepas dengan perantara spigot. Sambungan hidup sering digunakan pada sambungan di atas tanah, misalnya pada bak mandi, kakus, sink dan peralatan saniter lainnya.
5) *Sambungan mati* dengan solder, dibuat dengan mempersiapkan ujung-ujung pipa yang akan disambung, memasang fitting pada ujung-ujung pipa secara hati-hati, mengolesi bagian yang akan disolder dengan cairan flux memakai kuas

kemudian dipanaskan dengan kompor hembus sampai siap disolder. Setelah itu solder dengan jumlah yang cukup ditambahkan pada tempat tersebut untuk membentuk sambungan. Solder dipanaskan akan mencair dan menyusup diantara pipa dan fitting membentuk menjadi satu kesatuan dengan pipa yang dipanaskan. Setelah dingin, maka solder tersebut akan menjadi satu kesatuan dengan pipa dan fittingnya, dan terbentuklah sambungan mati.

6) Perencanaan diperlukan untuk menentukan jenis, jumlah dan tempat penggantung atau penumpu pipa
7) Kesalahan dalam menentukan letak, jenis dan jumlah penggantung atau penumpu pipa akan berakibat cepatnya kerusakan dalam isntalasi pipa tersebut.

Pemasangan penggantung atau penumpu pipa dibutuhkan tenaga yang berpengalaman di bidang perpipaan agar instalasi pipa dapat berfungsi maksimal.

F. Tes Formatif

1) Fungsi dari Pipa dalam instalasi pemipaan adalah...
   A. Menyalurkan aliran
   B. Menahan aliran
   C. Membelokan aliran
   D. Menampung aliran
2) Persyaratan dasar bagi pipa ialah dapat digunakan cukup awet dalam pemakaian, mampu menerima tekanan khususnya dari dalam pipa itu sendiri, mudah disambung, berbentuk rapi dan mudah dipasang dengan kuat.
   A. Digunakan cukup awet, tidak mampu menerima tekanan, mudah disambung dan mudah dipasang
   B. Digunakan cukup awet, tidak m
   C. ampu menerima tekanan, mudah disambung dan mudah dipasang
   D. Digunakan cukup awet, mampu menerima tekanan, tidak mudah disambung dan mudah dipasang
   E. Digunakan cukup awet, mampu menerima tekanan, mudah disambung dan mudah dipasang

3) Sambungan timah hitam yang baik merupakan sambungan yang mati dengan menggunakan..

A. Solder

B. Spigot

C. Spiral

D. Sengkang

4) *sambungan hidup* yaitu sambungan yang dapat dilepas dengan perantara, menggnakan...

A. Solder

B. Spigot

C. Spiral

D. Sengkang

5) Sambungan hidup sering digunakan pada sambungan ...

A. Di dalam gedung

B. Di luar gedung

C. Di atas tanah,

D. Di dalam tanah

G. Kunci Jawaban

1) A
2) D
3) A
4) B
5) D

Kegiatan Pembelajaran 5 Sambungan Pipa Dan Komponen Instalasi Pipa

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari sambungan pipa dan komponen instalasi pipa dan disediakan bahan serta alat praktik, peserta diklat dapat memiliki kemampuan sikap, pengetahuan, dan keterampilan sesuai ketentuan di dunia kerja yaitu:

1) Mendeskripsikan sambungan pipa dan komponen instalasi yang akan digunakan untuk sistem pemipaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.
2) Menyajikan dalam bentuk tulisan tentang bahan instalasi pipa dan sambungan, bahan katup dan flens, Sistem pipa pada instalasi pipa. dan sambungan pipa untuk sistem pemipiaan dengan benar sesuai ketentuan yang berlaku.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1) Mendeskripsikan sambungan pipa dan komponen instalasi
2) Menyajikan sambungan pipa dan komponen instalasi.

C. Uraian Materi

5.1 Instalasi Pipa

Dalam dunia industri khususnya baik skala kecil hingga besar, sistem pemipaan merupakan bagian yang cukup berperan dan memiliki nilai yang berarti.

Sistem pemipaan diibaratkan laksana saluran darah baik besar maupun kecil juga. pemipaan berguna menyalurkan dan mendistribusikan air, gas, dan yang lainnya dalam kehidupan masyarakat moderen dewasa ini.

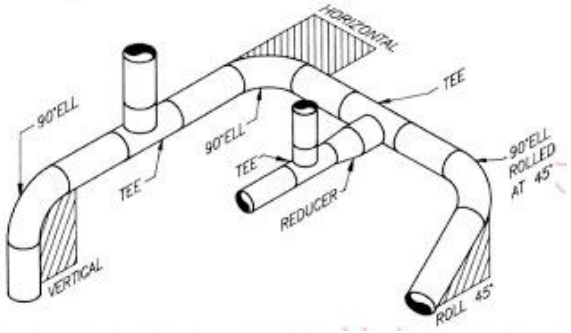
Dalam masyarakat perkotaan contoh kecil kegunaan sistem pemipaan dapat kita temui pada sistem distribusi air minum, dan pada distribusi lain nya seperti *crude oil pipeline*, LNG pipeline dsb. begitu pun dalam *plant petrochemical*, kita akan menemukan sistem pemipaan yang begitu kompleks sebagai media hantar antar equipment (point to point) dengan fluida pada setting service bervariasi.

Yang dimaksud piping adalah : *pipe, flange, fittings, bolting, gasket, valves, dan special items* adalah komponen / assesoris dari sistem pemipaan, termasuk juga *pipe hangers* dan juga *pipe support*.

Fiting dibuat sebagai bagian dari suatu sistem pemipaan yang berfungsi untuk merubah arah aliran (seperti Elbow), membuat percabangan (seperti Tee) atau mengecilkan ukuran pipa (seperti Reducer), sebagaimana di tunjukan digambar atas.

- ***Elbow***

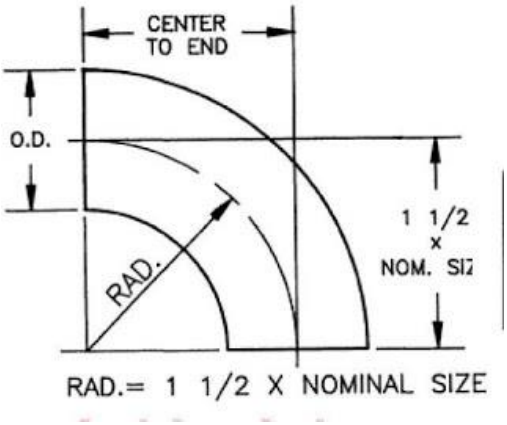
Gambar 5. 1 Pemasangan Elbow



1. Long radius

Jenis ini banyak digunakan besar radius nya adalah 1½ Nominal Size nya.

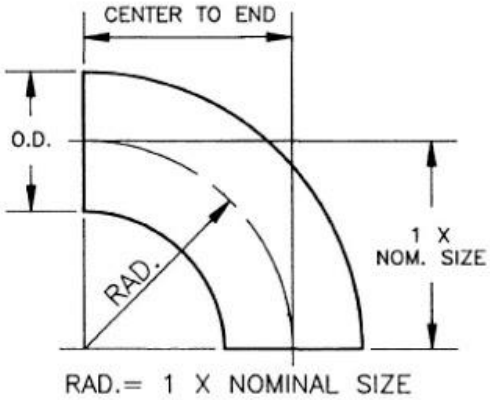
Gambar 5. 2 Long *Radius*



2. *Short Radius*

Jenis ini sesuai dengan kebutuhan, karena khusus dan jarang di pergunakan. Kekhususan penggunaannya di karenakan jenis elbow ini memiliki penurunan tekanan (pressure drop) yang lebih besar dari pada yang long radius. Besar radius nya adalah 1 *Nominal Size nya*.

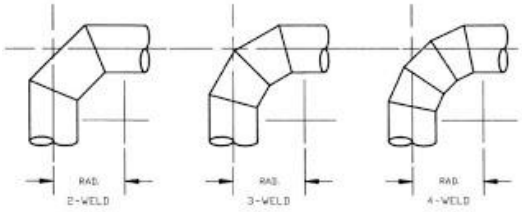
Gambar 5. 3 *Short Radius*



3. Mitter Elbow (*Weld*)

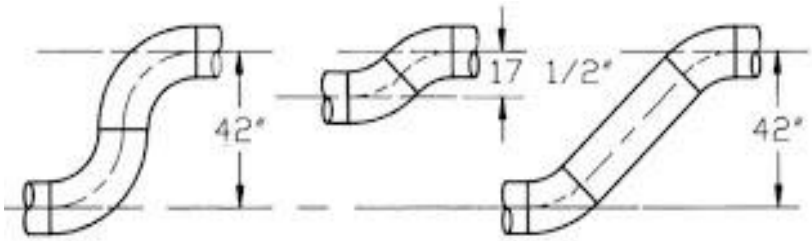
Jenis ini terbuat dari potongan - potongan pipa. Penggunaan nya juga tertentu di karenakan tidak sehalus aliran elbow jenis lain.

Gambar 5. 4 Elbow (*Weld*)



Jenis ini adalh setengah dari elbow 90 derajat. Prmilihan nya selain untuk space yang lebih irit juga irit material cost.

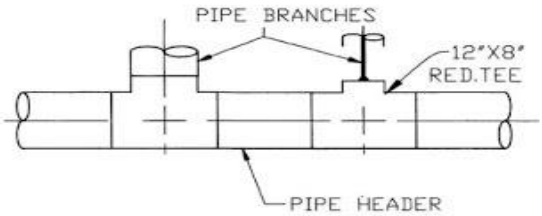
Gambar 5. 5 Elbow 90 derajat



- **Tee**

  Komponen pemipaan yang membuat percabangan dimana siz cabang nya sama dengan size utamanya adalah Tee, sedangkan bila ukuran percabangan nya lebih kecil di sebut dengan Reducer Tee

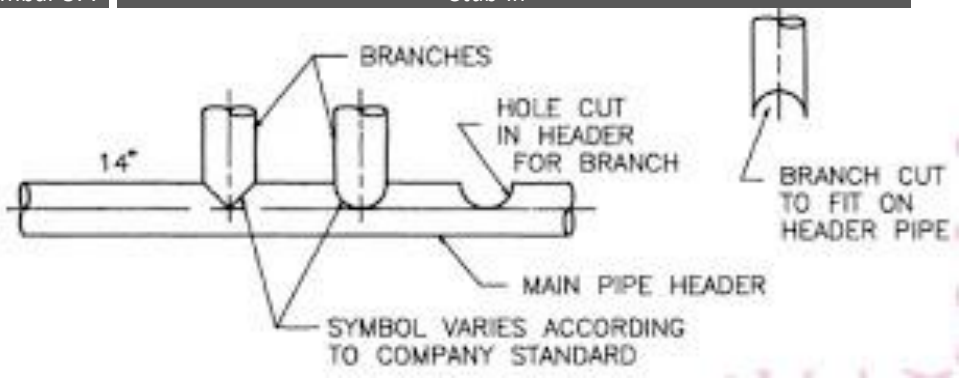
Gambar 5. 6 Tee



- ***Stub-in***

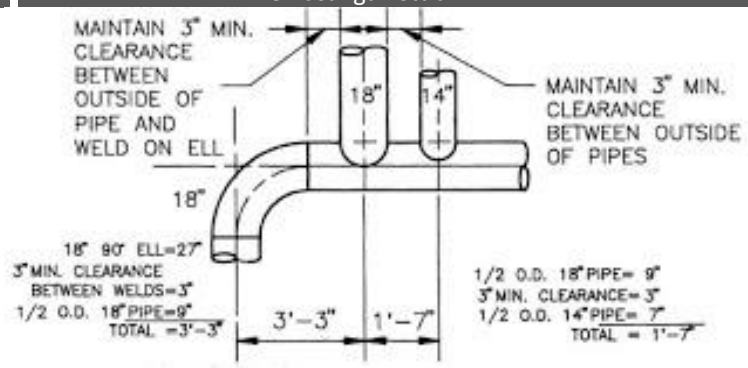
Jenis percabangan yang langsung pada pipa utamanya. Jenis ini banyak di gunakan sebagai alternatif dari penggunaan reducing tee, tetapi penggunaannya di sesuaikan dengan kalkulasi dan dinyatakan pada *class piping specification.*

Gambar 5. 7 *Stub-in*



Berikut adalah jarak minimum pada pemasangan *Stub-in*

Gambar 5. 8 Pemasangan *Stub-in*



Bila service dan temperaturnya cukup tiinggi dan dari hasil perhitungan Stub-in tidak mencukupi maka harus di beri penguatan *(reinforcment*), bisa berupa *pad*, sadkke ataupun *o-let*.

- ***Coupling***

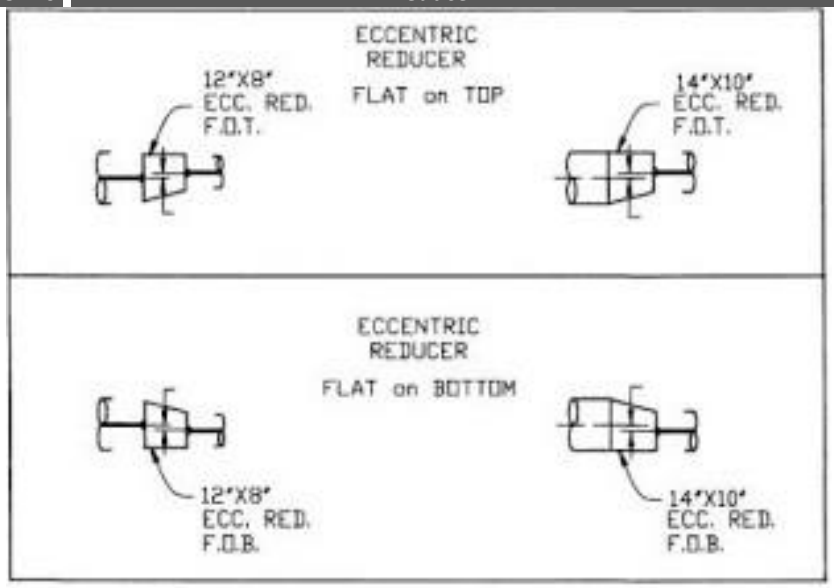
Jenis komponen pemipaan yang diperlukan pada sambungan ukuran kecil seperti Las- socket *(Socket weld*) dan ulir *(threaded*). umumnya di gunakan untuk koneksi instrumentasi.

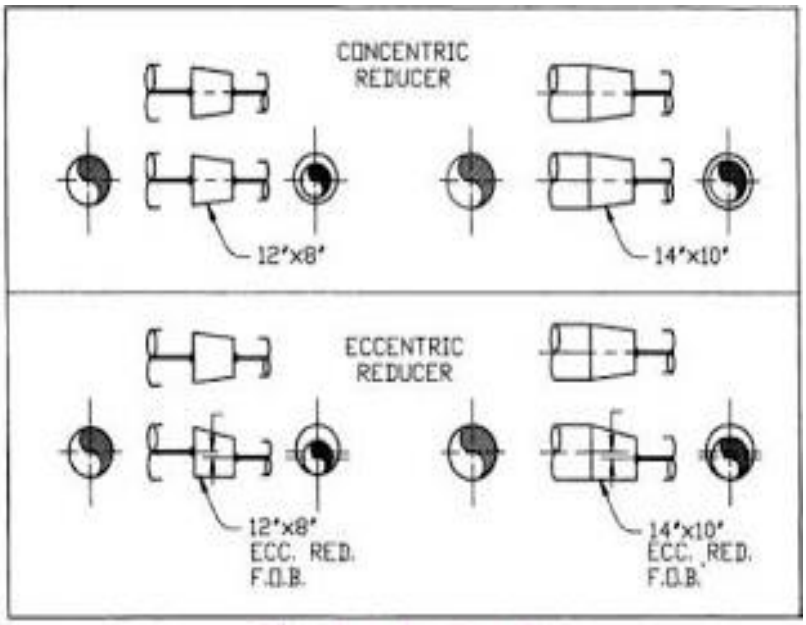
Gambar 5. 9 Pemasangan *Stub-in*

- ***Reducer***

  Bila dalam sistem pemipaan dibutuhkan adanya perubahan laju aliran atau perubahan ukuran, maka dibutuhkan *reducer fittting* ini. ada 2 jenis reducer yang dipergunakan yaitu *concentric dan eccentric.*

Gambar 5. 10 *Reducer*

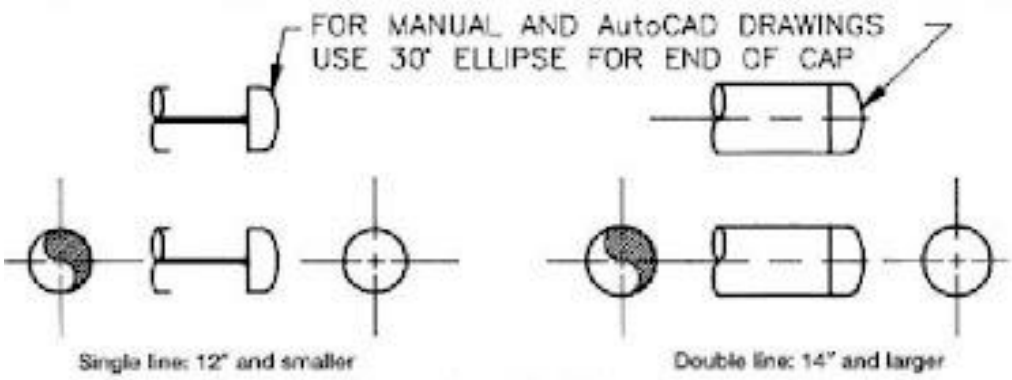




- ***Cap***

  Untuk mengakhiri suatu line pemipaan (titik buntu), maka di pergunakan cap.

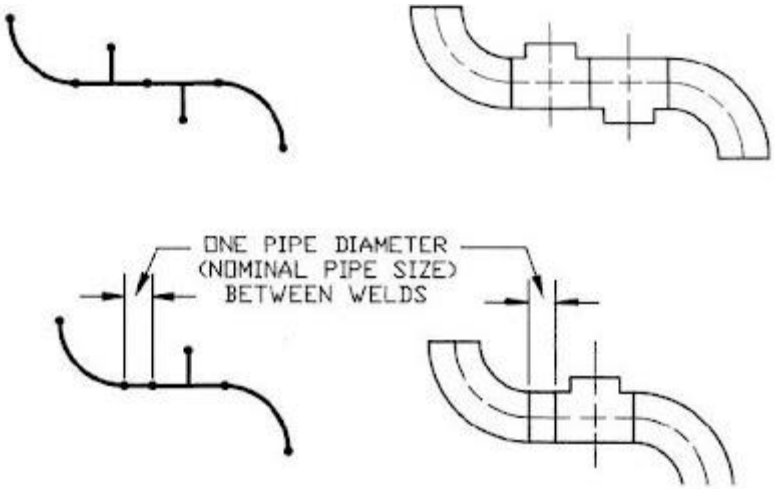
Gambar 5. 11 *Cap*



- ***Fitting make-up***

  Pada situasi tertentu dalam desain pemipaan, bisa karena space yang sempit maka dlakukan penyhambungan antar fitting tanpa ada spool pipa, hal ini deikenal dengan *fitting make-up*.

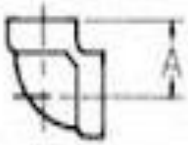
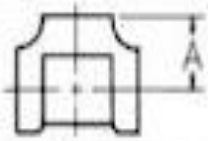
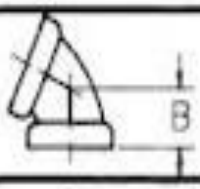
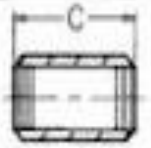
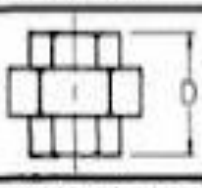
Gambar 5. 12 *Fitting make-up*



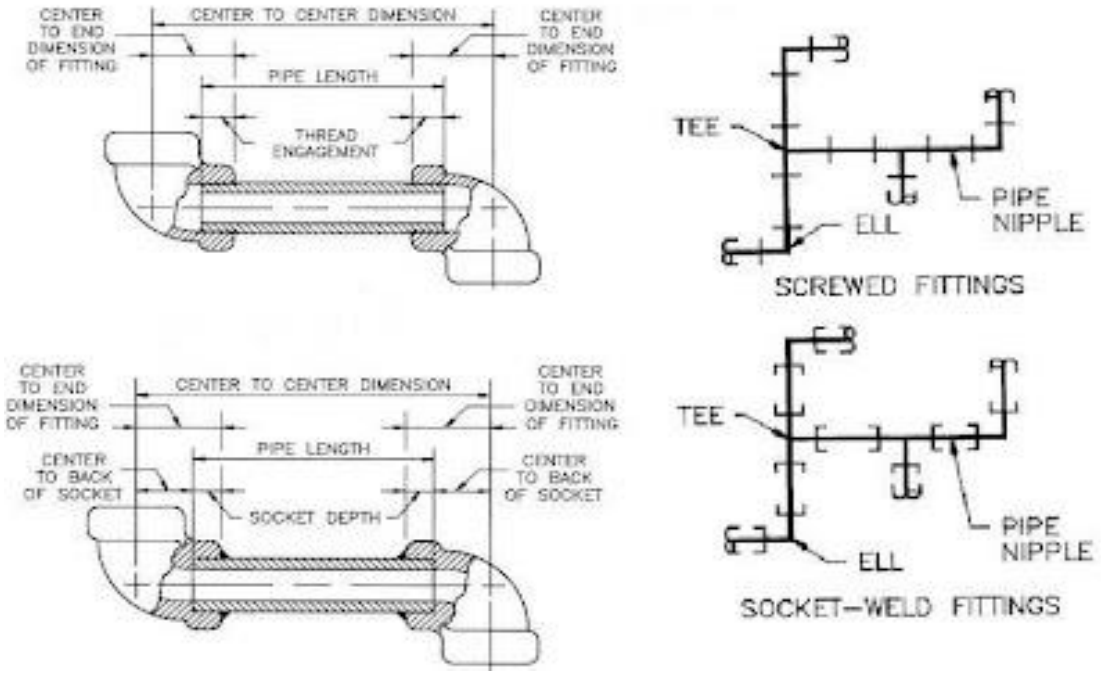
- ***Ulir fitting & las socket (threaded & las shocket weld*)**

  Untuk pipa ukuran kecil atau koneksi ke instrumentasi bisa yang dipergunakan sambungan ini.

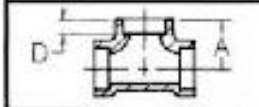
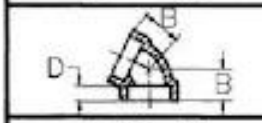
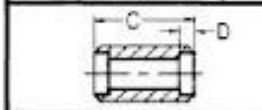
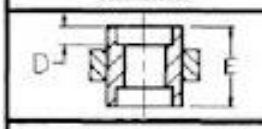
Tabel 5. 1 Penggunaan Ukuran Sambungan Pipa

SCREWED FITTINGS										
NOMINAL PIPE SIZES (in)			1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
	3000 # 90°ELL	A	1 5/16	1 1/2	1 3/4	2	2 3/8	2 1/2	3 3/8	3 3/4
	6000 #	A	1 1/2	1 3/4	2	2 3/8	2 1/2	3 3/8	3 3/4	4 3/16
	3000 # TEE	A	1 5/16	1 1/2	1 3/4	2	2 3/8	2 1/2	3 3/8	3 3/4
	6000 #	A	1 1/2	1 3/4	2	2 3/8	2 1/2	3 3/8	3 3/4	4 3/16
	3000 # 45°ELL	B	1	1 1/8	1 5/16	1 7/16	1 11/16	2	2 1/16	2 1/2
	6000 #	B	1 1/8	1 5/16	1 11/32	1 11/16	1 23/32	2 1/16	2 1/2	3 1/8
	3000 # COUPLING	C	1 7/8	2	2 3/8	2 5/8	3 1/8	3 3/8	3 5/8	4 1/4
	6000 #	C	1 7/8	2	2 3/8	2 5/8	3 1/8	3 3/8	3 5/8	4 1/4
	3000 # UNION	D	2 3/8	2 7/16	2 3/4	2 15/16	3 3/16	3 7/16	4 1/16	4 1/2
	6000 #	D	2 3/8	3 3/8	3 5/8	3 7/8	4 3/16	4 5/8		
NORMAL THREAD ENGAGEMENT	3000 #		1/2	9/16	11/16	11/16	11/16	3/4	15/16	1
	6000 #		1/2	9/16	11/16	11/16	11/16	3/4	15/16	1

Gambar 5. 13 Penentuan panjang pipa



Tabel 5. 2 Penggunaan Ukuran Sambungan Pipa

SOCKET WELD FITTINGS										
NOMINAL PIPE SIZES (in)			$\frac{1}{2}$"	$\frac{3}{4}$"	1"	$1\frac{1}{4}$"	$1\frac{1}{2}$"	2"	$2\frac{1}{2}$"	3"
	3000 # 90°ELL	A	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{3}{8}$	3	$3\frac{3}{8}$
	6000 #	A	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$
	3000 # TEE	A	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{3}{8}$	3	$3\frac{3}{8}$
	6000 #	A	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$
	3000 # 45°ELL	B	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{7}{16}$	$1\frac{11}{16}$	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{2}$
	6000 #	B	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{11}{32}$	$1\frac{11}{16}$	$1\frac{23}{32}$	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{2}$
	3000 # COUPLING	C	$1\frac{7}{8}$	2	$2\frac{3}{8}$	$2\frac{5}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{3}{8}$	$3\frac{5}{8}$	$4\frac{1}{4}$
	6000 #	C	$1\frac{7}{8}$	2	$2\frac{3}{8}$	$2\frac{5}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{3}{8}$	$3\frac{5}{8}$	$4\frac{1}{4}$
	3000 # UNION	E	$1\frac{15}{16}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{13}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$3\frac{7}{16}$	4	$4\frac{5}{16}$
	6000 #	E	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{13}{16}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{7}{8}$	$3\frac{11}{16}$	$3\frac{15}{16}$	$4\frac{5}{8}$
SOCKET DEPTH	3000 #	D	$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$
	6000 #	D	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	$1\frac{1}{8}$	1	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{5}{8}$

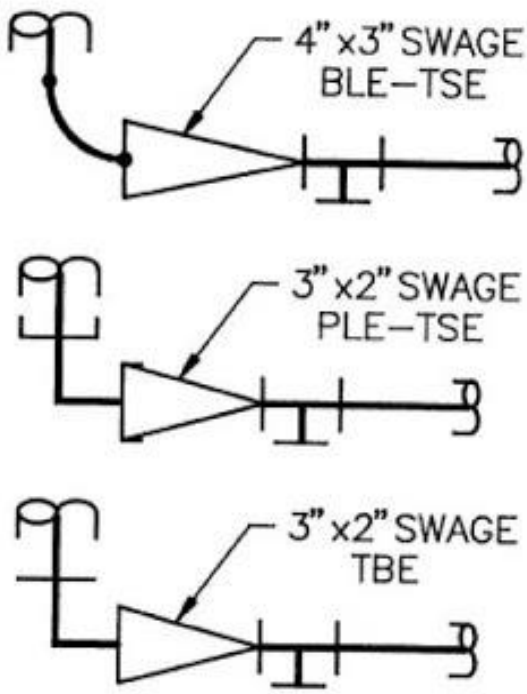
- ***Pipe niples***

Untuk penyambungan dengan ulir dan las socket ini tidak bisa dilakukan decara fiitinga make-up, karena dibuthkan spool , spool pipa ini dikenal dengan nipple. panjanga nya nipple bervariasi tergantung dari kebutuhan.

- ***Swage***

  Untuk merubah ukuran pipa pada diameter pipa yang kecil dikenal dengan wage, yang koneksinya adalh ulir atau las socket. jadi fungsi nya sama dengan reducer dan jenis nya ada yang *concentric dan eccentric*.

Gambar 5. 14 Swage



a. Pipa

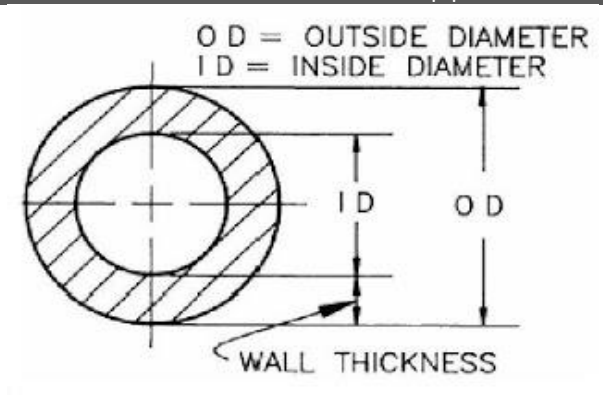
Sudah sejak lama manusia mengenal adanya sistem pemipaan, dimana pada jaman dahulu kala untuk memenuhi kebutuhan akan pengairan (distribusi air) di gunakan saluran melalui batang bambu (bahan alam). pertama kali sistem

pemipaan menggunakan logam adalah di Greek dan Romawi yang terbuat dari lead dan bronze, dimana saat itu teknologi pengecoran logam mulai di kenal.

Selanjutnya sistem pemipaan berkembang dengan material logam yang bervariasi seiring dengan tingkat perkembangan dan kebutuhan manusia, yang akhirnya saat ini dikenal berbagai logam hingga non logam yang berkembang pesat dalam dunia industri termasuk juga pada sistem pemipaan.

Pipa di identifikasikan dengan kategori ukuran, yaitu : Nominal Pipe Size (NPS), Outsside Diameter (OD), dan Inside Diameter (ID), sebagaimana yang di tunjukan pada gambar dibawah :

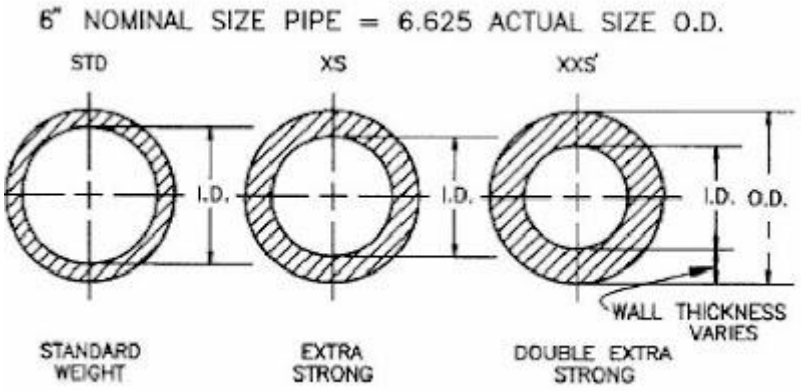
Gambar 5. 15 Ukuran Diamater luar-dalam pipa



(NPS digunakan hanya untuk menyebutkan ukuran pipa komersial saja.)

Tebal pipa (Wall Thickness) adalah istilah untuk tebal dinding pipa, yang mengacu pada pipe's weigth yaitu standar, extra strong, dan double extra strong. saat ini juga di kenal sebagai schedule, yaitu S10, S20, S30, dst.

Gambar 5. 16 Ketebalan pipa



Tabel 5. 3 Diameter Nomila Pipa

NOMINAL PIPE SIZE		OUTSIDE DIAMETER		STANDARD		EXTRA STRONG		XX STRONG	
IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM
2	50.8	2.375	60.3	.154	3.912	.218	5.53	.436	11.07
3	76.2	3.5	88.9	.216	5.486	.300	7.62	.552	15.24
4	101.6	4.5	114.3	.237	6.02	.337	8.58	.674	17.12
6	152.4	6.625	168.3	.280	7.12	.432	10.97	.864	21.94
8	203.2	8.625	219	.322	8.17	.500	12.70	.875	22.22
10	254	10.75	273	.365	9.27	.500	12.70	1.00	25.4
12	304.8	12.75	323.9	.375	9.525	.500	12.70	1.00	25.4
14	355.6	14	355.6	.375	9.525	.500	12.70		
16	406.4	16	406.4	.375	9.525	.500	12.70		
18	457.2	18	457.2	.375	9.525	.500	12.70		

Selain NPS dikenal juga DN (Diameter Nominal) berdasarkan metric unit, yang di kembangkan dari Internasional Standar Organisasi (ISO).

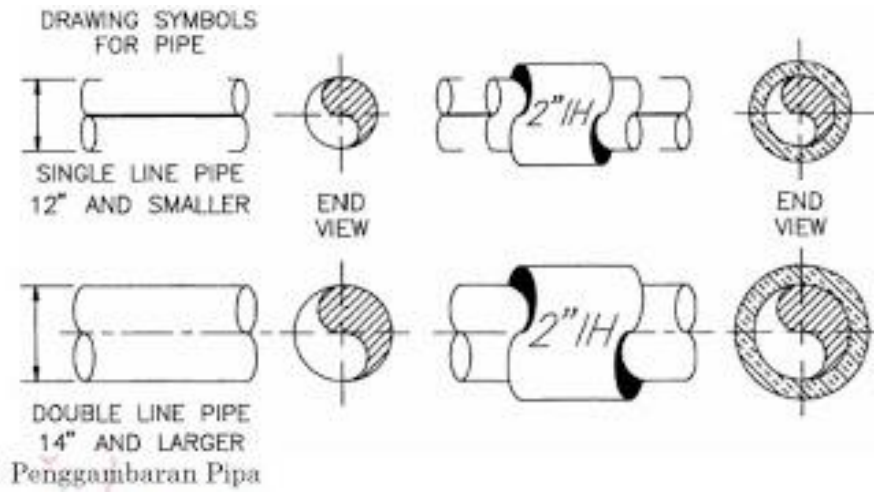
Tabel 5. 4 Ukuran Pipa dalam NPS dan DN

NPS	DN	NPS	DN	NPS	DN	NPS	DN
⅛	6	3½	90	22	550	44	1100
¼	8	4	100	24	600	48	1200
⅜	10	5	125	26	650	52	1300
½	15	6	150	28	700	56	1400
¾	20	8	200	30	750	60	1500
1	25	10	250	32	800	64	1600
1¼	32	12	300	34	850	68	1700
1½	40	14	350	36	900	72	1800
2	50	16	400	38	950	76	1900
2½	65	18	450	40	1000	80	2000
3	80	20	500	42	1050	—	—

Dimensi pipa ini mengacu pada code :

- ASME B36.10M Welded and Seamless Wrougth Steel Pipe
- Asme B36.19M Stainless Steel Pipe

Gambar 5. 17 Teknik Penggambaran Pipa



Pipa menjadi acuan dalam perhitungan termasuk juga koneksi dengan aksesoris nya seperti fitting, flange dsb.

llmu sistem pemipaan biasanya untuk bidang Perminyakan, Gas,Teknik Kimia dan mesin (sistem pemipaan peralatan mekanik,spt. pipa kompresor, pompa, turbin, boiler, tangki bertekanan(pressured vessels), sentral AC dan peralatan lain yangmenggunakan pipa.Untuk menjadi sarjana teknik dengan keahlian pemipaan dituntutpula pengalaman di lapangan beberapa tahun, selain menguasaidasar pengatahuan teknik mesin.Selain itu juga perlu menguasai simbol-simbol,standar-standar, spesifikasi-spesifikasi, tabel-tabel dan kurva-kurva perhitunganyang digunakan secara internasional pada pembangunan suatukilang, juga harus menguasai pengetahuan tentang: pipa,perlengkapannya dan gambar mesin

Banyak orang membangun eksterior begitu bagus namun mereka tidak mengindahkan hal hal kecil. Pemipaan adalah hal kecil yang harus diperhatikan ekstra.Kesalahan sedikit dalam merencanakan akan berakibat fatal.Salah penempatan ataupun salah mendesainnya maka dapat merugika dikemudian hari.Semisal untuk pipa air kotor,untuk pemipaan air kotor dibagi atas air kotor dari bilas (air kotor mandi) ada juga air kotor yang berasal dari zink maupun closed.Untuk ukuran pipa saja sudah dibedakan apalagi untuk penataannya juga berbeda.

Untuk pipa air kotor dari closet dan sink pemasangan tidak boleh menyudut 90°,karena dari pipa air tersebut tidak hanya air yang terbuang.Masih ada kotoran yang juga ikut terbawa sehingga untuk pipa yang digunakan biasanya ukuran 4 serta pemasangan tidak boleh menyudut untuk menghindari mampat dikemudian hari.Untuk pipa air kotor dari air bilas dapat digunakan pipa 2,5. yang biasa digunakan dipasaran karna air pembuangan ini sifatnya hanya benda cair yang tanpa disertai kotoran

Gambar 5. 18 Penyimpanan Pipa

Untuk pemipaan air hujan (pembuangan) juga perlu diperhatikan.Karna apabila tidak direncanakan maka akan mengakibatkan banyak hal. Untuk masalah yang timbul dari pemipaan juga cukup banyak.Diantaranya adalah mampet. Mampet terutama untuk pipa air kotor.Banyak sekali keluhan akan hal itu.Maka dari wacana diatas banyak yang harus diperhatikan.Untuk tips mengatasi mampet juga pasti sudah banyak sekali.Dari mulai yang biasa dengan hanya memberikan garam yang dicampurkan dengan air 1 liter kemudian disiramkan,atau dengan penggunaan soda api dan bahkan sekarang banyak sekali cairan, cairan yang dijual untuk mengatasi mampet dari masalah pipa. Namun masalah tetap harus dikoreksi kembali apabila hal, hal diatas sudah kita lakukan. Bisa saja terjadinya patahan dari pipa sehingga mengakibatkan pembuangan air kotor terhambat.Jadi untuk setiap permasalahan harus slalu dikoreksi lebih dalam.

Gambar 5. 19 Macam-macam Sambungan pipa

1. Umum

Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana, fluida disimpan ke titik pengeluaran semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah ,akan tergantung pada susunan perpipaan seperti halnya pada perlengkapan ,lainnya.

2. Materi Instalasi Pipa

Bagian yang diperlukan dalam instalasi Sistem pipa, sambungan aliran, pengatur katup dan lain-lain :

1) Pipa adalah bagian utama dari suatu Sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ketitik pengeluaran.
2) Sambungan adalah peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain atau dari pipa kebadan kapal. Sambungan tersebut meliputi flens, sambungan T, sambungan siku, sambungan melalui dinding ke sambungan melalui dinding kedap, geladak dll.
3) Alat pemutus dan alat pengarah aliran (*Valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah kebagian yang lain dari Sistem pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.

4) Pengatur katup (*Valve gear*) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada Sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).

3. Jenis dan Bahan Pipa

1) Jenis – jenis Pipa

Perencanaan Konstruksi, bila kita tinjau dari tujuan perencanaan dan konstruksinya pipa ,dibagi dua golongan.

Golongan 1

Mencakup semua pipa yang mengalirkan :

a. Uap air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 370°F.

b. Air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 200°F.

c. Minyak dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 150°F.

d. Gas dan cairan – cairan beracun pada semua tekanan dan temperatur.

Golongan 2

Mencakup semua pipa dengan tekanan kerja dan temperatur di bawah tekanan kerja dan temperatur yang dicantumkan dalam golongan 1.

2) Bahan – bahan Pipa

Ditinjau dari bahannya, pipa – pipa yang digunakan untuk sistem dalam ,dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1. Seamless drawn Steel Pipe (Pipa Baja Tanpa Sambungan)

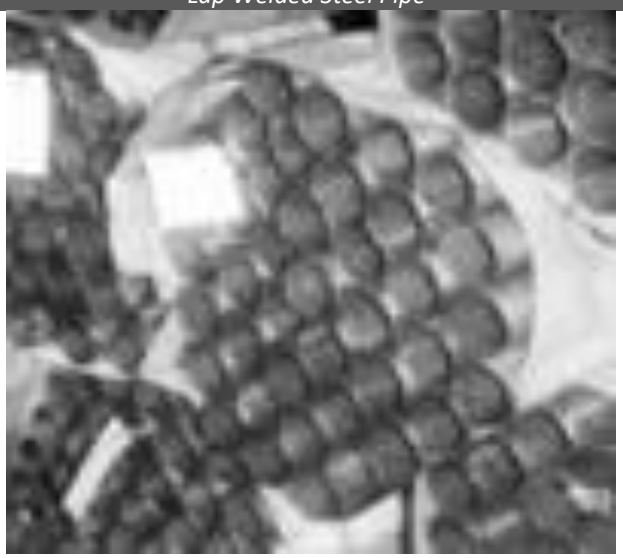
Pipa ini boleh digunakan untuk semua penggunaan dan dibutuhkan untuk pipa tekan pada sistem bahan bakar dan untuk pipa pengeluaran bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar dari motor pembakaran dalam

Gambar 5. 20 *Seamless Drawing Steel Pipe*

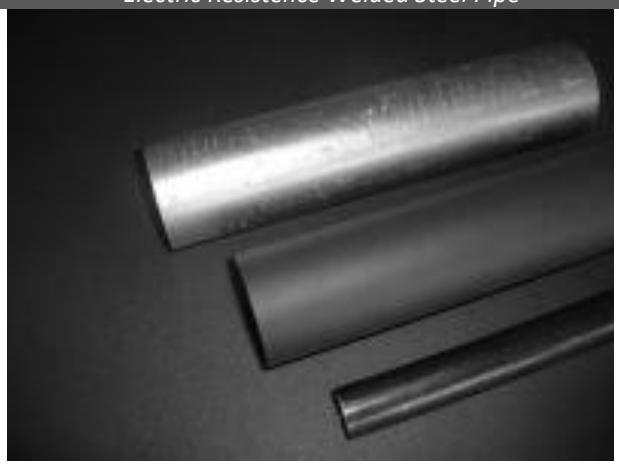
2. Lap Welded atau Electrical Resistence Welded Steel Pipe

Pipa ini seharusnya tidak dipergunakan dalam sistem dimana tekanan kerja melampaui 350 Psi atau temperature lebih besar dari pada 450O F dan juga tidak untuk tekanan dan temperatur manapun didalam Sistem dimana pipa yang tidak bersambungan dibutuhkan

Gambar 5. 21 *Lap Welded Steel Pipe*



Gambar 5. 22 *Electric Resistence Welded Steel Pipe*



3. Seamless drawn Pipe dari Tembaga atau kuningan

Pipa ini dapat digunakan untuk semua tujuan dimana temperatur tidak melampaui 406O F, tetapi tidak boleh dipergunakan pada superheated steam (uap dengan pemanas lanjut), biasa digunakan untuk pipa bahan bakar.

Gambar 5. 23 *Seamless Drawn Pipe*

4. Pipa dari Timah Hitam

Dapat digunakan untuk saluran supply air laut bila cukup dilindungi terhadap kerusakan mekanis, dapat juga digunakan untuk saluran sistem bilga kecuali didalam ruangan-ruangan dimana pipa-pipa itu mudah terkena api.

5. Pipa dari Baja Tempa

Pipa jenis ini dipergunakan untuk semua pipa bahan bakar dan minyak termasuk sistem pipa lainya yang melalui pipa bahan bakar.

6. Pipa Schedule 80 – 120

Pipa jenis ini diisyaratkan mempunyai ketebalan yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis pipa yang lain. Dalam penggunaan pipa schedule 80 – 120 dapat difungsikan sebagai pipa hidrolis yaitu pipa dengan aliran fluida bertekanan tinggi.

7. Baja Schedule 40

Pipa ini dilindungi terhadap kerusakan mekanis yaitu perlindungan menyeluruh dengan sistem galvanis. Dengan sistem perlindungan tersebut maka pipa dapat digunakan untuk supplai air laut, dapat juga untuk saluran sistem bilga, kecuali dalam ruangan yang kemungkinan mudah terkena api sehingga dapat melebar dan merusak sistem bilga.

Gambar 5. 24 Baja *Schedule 40*

8. Pipa Galvanis

Pipa jenis ini digunakan untuk supplai air laut (sistem Ballast dan Bilga).

Gambar 5. 25 Pipa *Galvanis*

5.2 Bahan Katup dan Flens

Bahan dan peralatan (fitting) yang diijinkan sesuai Peratutan Biro

Klasifikasi Indonesia antara lain :

1. Kuningan (Brass)

Katup dengan bahan ini digunakan untuk temperatur dibawah 450°F.Bila temperatur lebih besar dari 550 Teknik Plambing dan Sanitasi ^{O}F, maka digunakan material perunggu yang biasanya mempunyai diameter 3 inchi dan tekanan kerja dapat lebih besar dari 330 Psi

2. Besi (Iron)

Berbagai macam besi mulai dari cost iron yang biasanya digunakan untuk katup-katup kecil sampai hight strenght alloy cost yang dipakai untuk katup besar. Cost iron tidak boleh digunakan untuk katup yang memerlukan temperatur rendah atau aliran corosi.

3. Baja (Steel)

Digunakan untuk temperatur dan tekanan yang tinggi.

4. Stainless Steel

Digunakan untuk katup yang memerlukan gambar detail pipa air tawar menembus sekat / deck dengan temperatur rendah atau aliran korosif.

Flens

Flens untuk sistem pipa dapat dipasang pada pipa-pipa dengan salah satu cara seperti dibawah ini, dengan mempertimbangkan bahan yang digunakan.

1. Pipa-pipa baja dengan diameter niminal lebih dari 2 inchi harus dimuaikan (expended) kedalam flens baja atau dapat disekrup kedalam flens dan dilas.
2. Pipa-pipa yang lebih kecil dapat disekrup kedalam Flens tanpa dilas tetapi khusus untuk pipa-pipa uap air dan minyak juga dimuaikan (expended) untuk memastikan adanya kekedapan pada ulirnya (tight threads).
3. Flens dari besi tuang hanya dapat digunakan dengan sistem sambungan yang disekrup dan hanya boleh dipakai dalam sistem dimana penggunaanya tidak dilarang (kebocoran)
4. Pipa-pipa non ferrous harus dipatri (solder brazed), tetapi untuk diameter lebih kecil atau sama dengan 2 inchi dapat dengan sekrup.

4.4 Ketentuan Umum Sistem Pipa

Berdasarkan USSR shipping Register semua sistem pipa secara umum harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1) Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin, dengan minimum bengkokan dan sambungna las (brazing) sedapat mungkin dengan flens

   atau sambungan yang dapat dilepas atau dipisahkan bila mana perlu.

2) Semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditutup atau dijepit sedemikian rupa untuk menghindari getaran.
3) Pada tempat-tempat dimana pipa-pipa menembus dinding kedap air, pipapipa dari seluruh sistem ,harus diletakan pada dinding kedap itu dengan bantuan flens-flens yang dilas atau dikeling.
4) Semua lubang saluran masuk samping ,harus ditutup dengan sebuah saringan atau kisi-kisi untuk mencegah masuknya kotoran yang akan menyumbat saluran-saluran dari bottom valves.
5) Semua alat-alat pemutusan hubungan (disconnecting fittings) harus dibuat sedemikian rupa sehingga orang dengan sepintas lalu dapat melihat apakah terbuka atau tertutup.

Sistem Bilga

1 Sistem Bilga (Clean Bilge Sistem and Oily Bilge Sistem)

Cara kerja dari sistem bilga ini adalah menampung berbagai zat cair tersebut kedalam sebuah tempat yang dinamakan dengan bilge well, kemudian zat cair tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari ,melalui Overboard

yang tingginya 0,76 meter diatas garis air. Sedangkan zat cair yang mengandung minyak, yaitu yang tercecer didalam Engine room akan

ditampung didalam Bilge Well yang terletak dibawah Main Engine kemudian akan disalurkan menuju Incinerator dan Oily Water Separator untuk

dipisahkan antara air, kotoran dan minyaknya. Untuk minyaknya akan dikeluarkan melalui Overboard.

Fungsi Sistem Bilga, Bilge sistem merupakan sistem yang dapat melakukan pemompaan terhadap fluida yang ada pada double bottom sehingga fluida tersebut yang kemungkinan bercampur dengan minyak dapat dilakukan prosesing dan kemudian air yang ada dapat dibuang keluar melalui over board.

2 Susunan pipa bilga secara umum

Susunan pipa bilga harus diketahui atau ditentukan sesuai dengan ketentuan dari Biro Klasifikasi Indonesia

1) Pipa-pipa bilga dan penghisapnya harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat dikeringkan sempurna walaupun dalam keadaan miring atau kurang menguntungkan.
2) Pipa-pipa hisap harus diatur pada kedua sisi kapal, untuk ruanganruangan pada kedua ujung ,masing-masing cukup dilengkapi dengan satu pipa hisap yang dapat mengeringkan ruangan tersebut.
3) Ruangan yang terletak dimuka sekat tubrukan dan dibelakang tabung poros propeller yang tidak dihubungkan dengan sistem pipa pomp bilga umum harus dikeringkan dengan sistem yang memadai.

3 Pipa bilga yang melalui tangki-tangki

1) Pipa-pipa bilga tidak boleh dipasang melalui tangki minyak lumas dan air minum
2) Bilamana pipa bilga melalui tangki bahan bakar yang terletak diatas alas ganda dan berakhir dalam ruangan yang sulit dicapai selama

pelayaran, maka harus dilengkapi dengan katup periksa atau check valve tambahan, tepat dimana pipa bilga tersebut dalam tangki bahan bakar.

4 Pipa ekspansi

Pipa ekspansi dari jenis yang telah disetujui harus digunakan untuk menampung ekspansi panas dari sistem pipa bilga, sparator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki-tangki.

5 Pipa hisap bilga dan saringan-saringan

1) Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan pembersihan pipa hisap dan kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas
2) Aliran piap hisap darurat tidak boleh terhalang dengan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

6 Katup dan Perlengkapan katup Bilga

1) Katup-katup alih dan perlengkapan dalam sistem bilga harus berada pada tempat yang mudah dicapai dalam ruangan dimanapompa bilga ditempatkan
2) Katup-katup alih atau perlengkapan dalam sistem bilga pada posisi peralihan tidak boleh terjadi hubungan antara pipa bilga dengan pipa ballast.
3) Katup-katup pada hubungan pipa antara bilga dan air laut dan Sistem air ballast, seperti antara hubungan bilga pada kompartemen yang berbeda,

harus diatur sehingga meskipun dalam kejadian kegagalan operasi atau posisi katup intermediet, masuknya air laut melalui Sistem bilga dapat dicegah.

4) Pipa discharge bilga harus dipasangi dengan katup shut off pada sisi kapal.
5) Katup bilga harus diatur sehingga dapat selalu diakses baik itu saat pembebanan (ballast) maupun kondisi pembebanan dari mesin

W. Komponen-komponen Dalam Sistem Pipa

1. Separator

Fungsi separator untuk memisahkan minyak dengan air. Prinsip terjadinya adalah dalam separator terdapat poros dan mangkok-mangkok yang berhubungan dengan tepi-tepinya.setelah minyak yang tercampur dengan

air masuk keseparator maka mangkok-mangkok tersebut akan berputar bersama padanya. Dengan perbedaan masa jenisnya maka air akan keluar

melalui pembuangan sedangkan minyak akan masuk melalui lubanglubang

pada mangkok yang selanjutnya akan ditampung ketangki harian.

Gambar 5. 26 Separator

2. Hydrosphore

Dalam Hydrosphore terdapat empat bagian dimana ¾ nya berisi air sedangkan ¼ nya berisi udara dengan tekanan 3 kg/ cm2, maka

Hydrossphore akan bekerja mendistribusikan masing-masing keruang

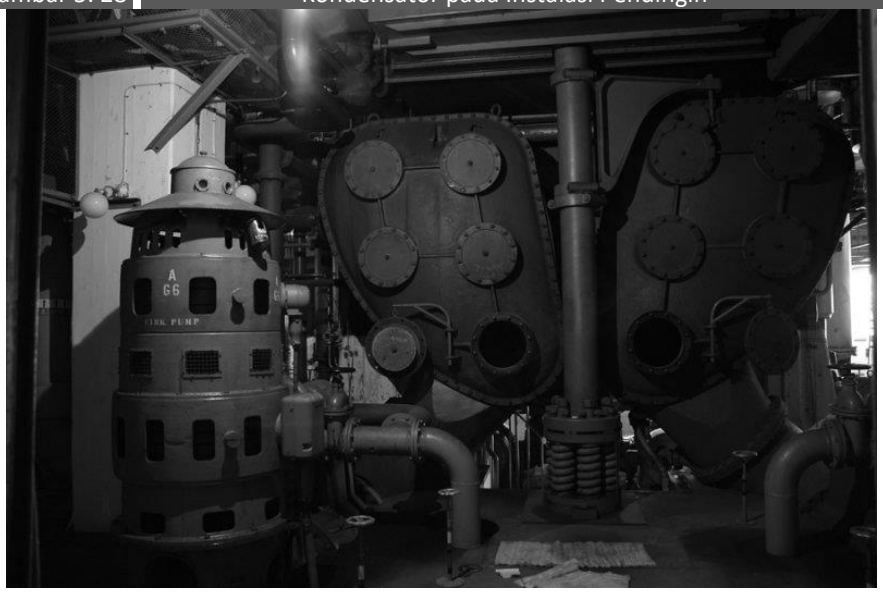
mesin-mesin kemudi dan geladak dengan bantuan kompresor otomatis.

Gambar 5. 27 Hydrosphore

Kondensator pada Instalasi Pendingin**3. Kondensator pada Instalasi Pendingin**

Fungsinya adalah untuk mengubah uap air menjadi air untuk keperluan pendingin.

Gambar 5. 28 Kondensator pada Instalasi Pendingin



Peralatan Utama & Fungsl

1. Pompa Transfer, berfungsi untuk menaikan air bersih dari Ground Water Tank (GWT) ke Roof tank melewati pipa transfer.

Beberapa jenis pompa transfer yang sering dipakai, antara lain :

a. End suction

b. Horizontal split case

c. Multi stage

d. Centrifugal

2. Pressure Tank, berfungsi untuk meringankan kerja pompa dari keadaan start-stop yang terlalu sering.

Beberapa jenis pressure tank yang sering dipakai, antara lain :

a. Pressure tank dengan diafragma

b. Pressure tank tanpa diafragma

3. Peralatan pengaturan dan ukur, meliputi :

a. Check valve, berfungsi untuk menahan aliran balik air didalam instalasi pipa.

b. Gate Valve, berfungsi untuk mengatur buka / tutup aliran air didalam pipa.

c. Ball valve, Berfungsi untuk mengatur jumlah aliran air didalam pipa.

d. Butterfly Valve, berfungsi untuk mengatur buka / tutup aliran air didalam pipa.

e. Floating valve, berfungsi untuk membuka & menutup aliran air ke tanki.

f. Foot Valve, berfungsi untuk menahan air balik.

g. Strainer, berfungsi untuk menyaring.

h. Flexible joint, berfungsi untuk menahan getaran/gerakan.

i. Pressure gauge, berfugsi untuk pembacaan tekanan.

j. Pressure switch, berfungsi sebagai alat kontak hubung/putus akibat tekanan.

k. Flow switch, berfungsi sebagai alat kontak hubung/putus akibat aliran.

l. Water meter, Berfungsi untuk mengukur debit air.

D. Aktivitas Pembelajaran

Mengamati

Mengamati kegiatan terjadinya proses sambungan pipa dan komponen instalasi pipa.

Menanya

Memberikan kesempatan peserta diklat menanyakan hal yang berkaitan dengan sambungan pipa dan komponen instalasi pipa

Eksperimen/explore

Melakukan pengembangan terjadinya sambungan pipa dan komponen instalasi pipa yang diperlukan untuk sistem pemipaan

Asosiasi

Menjelaskan pentingnya sambungan pipa dan komponen instalasi pipa sesuai dengan prosedur teknis

Komunikasi

Mempresentasikan hasil kegiatan dan menarik kesimpulan

Memuat tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur, dan metakognitif pada setiap KD dengan tingkat performansi mengingat, menggunakan dan mengembangkan.

Uraian materi diorientasikan pada proses kegiatan belajar saintifik yang memuat pola 5M

2. Mengamati, menjelaskan fakta-fakta
3. Menanya, mulai dari fakta sampai dengan analisis (materi yang belum difahami)
4. Mengumpulkan data/informasi untuk menjawab pertanyaan berupa (konsep, prinsip, prosedur, metakognitif). Dalam mengumpulkan data dapat melalui membaca dan/atau melakukan eksperimen.
5. Mengasosiasi, menghubungkan data/ informasi tentang fakta, konsep, prinsip, prosedur dan metakognitif menjadi kesimpulan sebagai pengetahuan baru
6. Mengkomunikasikan, kesimpulan hasil belajar

Untuk pembelajaran pengetahuan tentang air maka lakukan hal-hal sebagai berikut:

1) Pertama, bentuklah kelompok yang beranggotakan 4-5 orang
2) Tiap kelompok ditentukan ketua, sekretaris dan anggota. Buatlah kesepakatan bahwa semua orang dalam kelompok harus berperan aktif sesuai penugasan yang ada.
3) Setiap melakukan kerja kelompok, setiap anggota mempersiapkan diri dengann cara membaca terlebih dahulu kemudian berdiskusi.
4) Sebelum bekerja siapkanlah alat tulis yang diperlukan.
5) Baca dan cermatilah uraian materi tentang sambungan pipa dan komponen instalasi pipa sebagai berikut.

1) Untuk memperkaya informasi materi di atas Anda dapat melengkapinya bahan bacaan/informasi tentang pengunduhan (sistem perancangan sistem plambing).
2) Caranya Anda dapat berkunjung ke perpustakaan sekolah, mencari di internet atau bertanya kepada Guru.
3) Setelah Anda memperoleh bacaan/informasi yang lengkap tentang pengunduhan sistem instalasi pipa air bersih, masing-masing peserta didik membaca bacaan tersebut kemudian lakukan diskusi dengann teman Anda tentang pertanyaan berikut;:
   a. Instalasi Pipa,
   b. Bahan Katup dan flens
   c. sistem pipa dalam pemipaan
4) Untuk memantapkan hasil diskusi Anda, lakukan percobaan langsung dengann mengunduh perancangan sistem plambing dengann beberapa teknik yang sudah Anda diskusikan.
5) Buatlah catatan pengalaman antara teori yang telah Anda diskusikan dan pengalaman hasil percobaan/praktik.
6) Presentasikan hasil pengalaman Anda di depan kelas! Buatlah kesimpulan bersama.

Hasil diskusi Anda dapat ditulis pada lembar khusus yakni sebagai berikut:

Nama Kelompok :.....

Nama Anggota Kelompok : .....

Hasil diskusi :

1) Instalasi Pipa,

.....

2) Bahan katup dan flens,

.....

Lembar Kerja Peserta diklat

Sebutkanlah (mimimal 5) peralatan utama dan fungsi pada instalasi pipa?

Tugasl Latihan

Pilihlah bahan-bahan pipa yang tepat untuk instalasi pada pekerjaan biomassa

E. Rangkuman

1) Yang dimaksud *piping* adalah : pipe, flange, fittings, bolting, gasket, valves, dan special items adalah komponen / assesoris dari sistem pemipaan, termasuk juga pipe hangers dan juga pipe support.
2) Fiting dibuat sebagai bagian dari suatu sistem pemipaan yang berfungsi untuk merubah arah aliran (seperti Elbow), membuat percabangan (seperti Tee) atau mengecilkan ukuran pipa (seperti Reducer), sebagaimana di tunjukan digambar atas.

3) Pipa adalah bagian utama dari suatu Sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ketitik pengeluaran.
4) Sambungan adalah peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain atau dari pipa kebadan kapal. Sambungan tersebut meliputi flens, sambungan T, sambungan siku, sambungan melalui dinding ke sambungan melalui dinding kedap, geladak dll.
5) Alat pemutus dan alat pengarah aliran (*Valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah kebagian yang lain dari Sistem pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.
6) Pengatur katup (*Valve gear*) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada Sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).
7) Perencanaan Konstruksi, bila kita tinjau dari tujuan perencanaan dan konstruksinya pipa ,dibagi dua golongan.

Golongan 1

Mencakup semua pipa yang mengalirkan :

a. Uap air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 370°F.

b. Air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 200°F.

c. Minyak dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 150°F.

d. Gas dan cairan – cairan beracun pada semua tekanan dan temperatur.

Golongan 2

Mencakup semua pipa dengan tekanan kerja dan temperatur di bawah tekanan kerja dan temperatur yang dicantumkan dalam golongan 1.

F. Tes Formatif

1) Bahan-bahan seerti: pipe, flange, fittings, bolting, gasket, valves, dan special items adalah komponen / assesoris dari sistem pemipaan, termasuk juga pipe hangers dan juga pipe support, adalah termasuk…
   A. Piping
   B. Fitting
   C. Pipa
   D. Sambungan
2) Suatu sistem pemipaan yang berfungsi untuk merubah arah aliran (seperti Elbow), membuat percabangan (seperti Tee) atau mengecilkan ukuran pipa (seperti Reducer), sebagaimana di tunjukan digambar atas, adalah…
   A. Piping
   B. Fitting
   C. Pipa
   D. Sambungan
3) Bagian utama dari suatu Sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ketitik pengeluaran, adalah…
   A. Piping
   B. Fitting
   C. Pipa
   D. Sambungan
4) Peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain adalah…
   A. Piping
   B. Fitting
   C. Pipa
   D. Sambungan
5) Alat pemutus dan alat pengarah aliran (*Valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah kebagian yang lain dari Sistem pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.
   A. Pengatur katup (*Valve gear*)

B. pengarah aliran (*Valve*)

C. Stop kran (gate *Valve)*

D. Kran air

6) Peralatan untuk mengontrol katup pada Sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).

A. Pengatur katup (*Valve gear*)

B. pengarah aliran (*Valve*)

C. Stop kran (gate *Valve)*

D. Kran air

7) Konstruksi pipa dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 370°F termasuk pipa golongan

A. I

B. II

C. III

D. IV

G. Kunci Jawaban

1) A
2) B
3) C
4) D
5) B
6) A
7) A

Kegiatan Pembelajaran 6 PLTU

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat dapat mengerti dan memahami mengenai PLTU yang pada umumnya digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga biomassa.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat mampu

1. Menganalisis proses PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU.
2. Menganalisis pengujian bahan baku dan hasil proses PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU
3. Menentukan peralatan/komponen PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU.
4. Mendesain SOP pengoperasian dan pemeliharaan PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU.

C. Uraian Materi

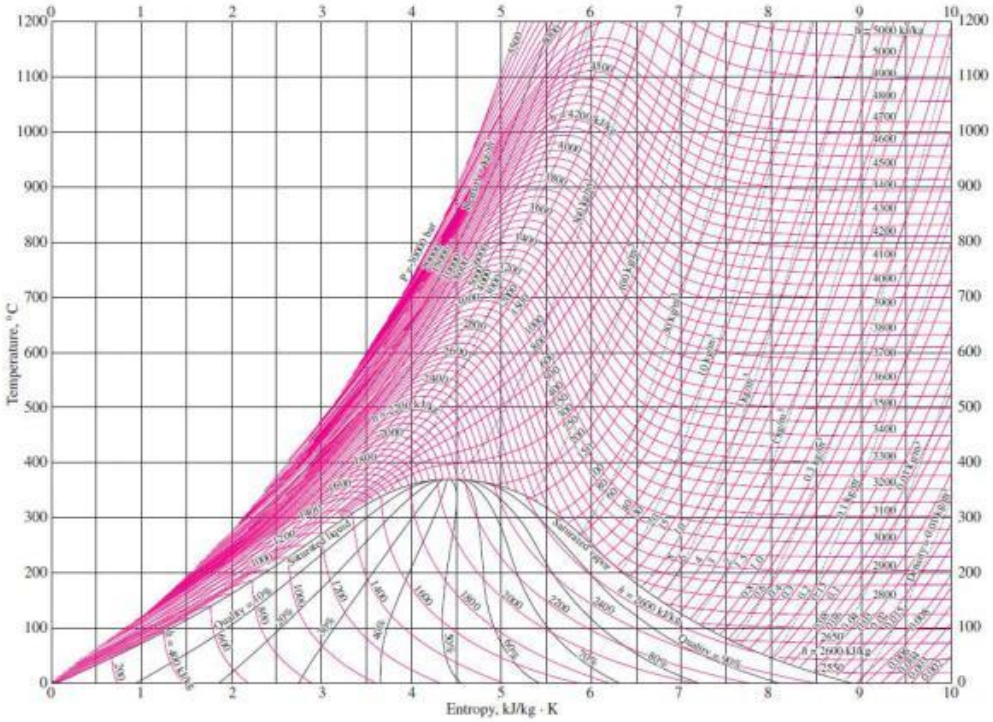
Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) bekerja berdasarkan siklus rankine.

Siklus Rankine adalah siklus daya uap yang digunakan untuk menghitung atau memodelkan proses kerja mesin uap / turbin uap. Siklus rankine mengkonversi energi panas menjadi kerja/energi gerak. Saat ini, siklus rankine digunakan pada pembangkit-pembangkit listrik dan memproduksi 90% listrik dunia.

Siklus ini bekerja dengan fluida kerja air yang dimodelkan oleh William John Macquorn Rankine, seorang ilmuan Scotlandia dari Universitas Glasglow. Untuk mempelajari siklus Rankine, harus dipahami tentang T-s diagram untuk air. Berikut ini adalah T-s diagram untuk air.

Gambar 6. 1 Diagram T-s untuk air



(Sumber: NBS/NRC Steam Tables/1 by L. Haar, John S.G., and George S. Kell)

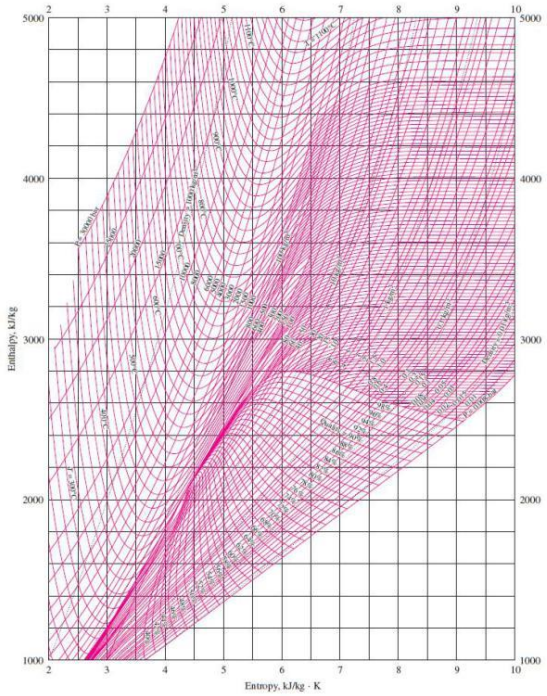
T-s diagram adalah diagram yang menggambarkan hubungan antara temperatur (T) dengan entropi (s) fluida pada kondisi tekanan, entalpi, fase dan massa jenis tertentu. Jadi pada diagram T-s terdapat besaran-besaran tekanan, massa jenis, temperatur, entropi, entalpi dan fase fluida.

Sumbu vertikal T-s diagram menyatakan skala temperatur dan sumbu horizontal menyatakan entropi. Terdapat 2 sistem satuan untuk T-s diagram yaitu sistem satuan internasional seperti pada gambar 1 dan sistem satuan Inggris. Menggunakan diagram ini

perlu diperhatikan sistem satuan yang digunakan. Selain itu masing-masing jenis fluida mempunyai diagram T-s nya sendiri-sendiri dan berbeda satu dengan lainnya. Misalnya T-s diagram untuk air tidak akan sama dengan T-s diagram untuk freon R12 dan tidak akan sama dengan T-s diagram untuk amoniak.

Selain diagram T-s juga dikenal Mollier diagram atau h-s diagram. Berikut ini adalah h-s diagram untuk air.

Gambar 6. 2 h-s diagram untuk air

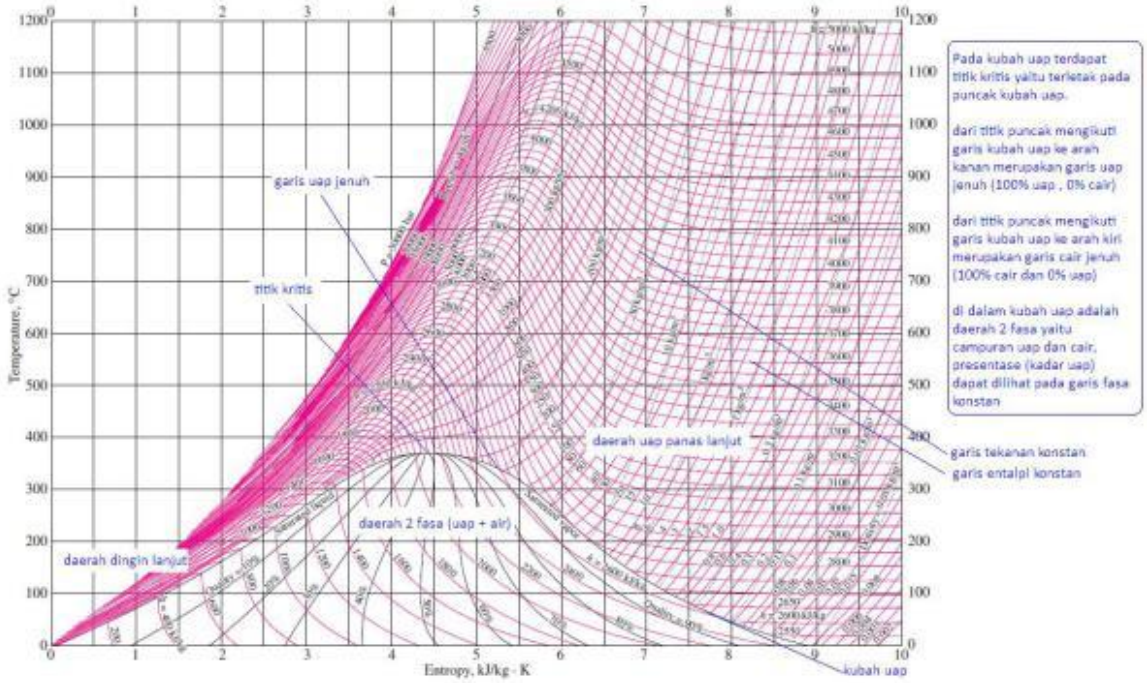


(Sumber: NBS/NRC Steam Tables/1 by L. Haar, John S.G., and George S. Kell)

Diagram h-s menggambarkan hubungan antara energi total (entalpi (h)) dengan entropi (s). Sama seperti diagram T-s, untuk setiap fluida memiliki diagram h-s nya sendiri-sendiri. Kedua diagram ini dapat digunakan untuk menghitung kinerja pembangkit listrik tenaga uap dengan menggunakan siklus Rankine.

Bagian-bagian T-s diagram dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

Gambar 6. 3 Bagian-bagian T-s diagram



Pada T-s diagram terdapat garis lengkung berbentuk kubah yang disebut kubah uap. Puncak kubah uap ini terdapat sebuah titik yang disebut titik kritis. Bila fluida dipanaskan pada tekanan kritis yaitu tekanan pada titik kritis ini, maka pada saat temperatur fluida mencapai temperatur kritisnya, semua molekul fluida akan berubah secara cepat dari fase cair menjadi fase gas (uap) tanpa ada proses penyerapan panas laten (panas penguapan) oleh sebab itu titik ini disebut titik kristis fluida. Untuk air, titik kritis berapa pada tekanan 218 atm (22,064 MPa) dan temperatur 374 ^{o}C. Jadi bila air dipanaskan pada tekanan 22,064 Mpa atau 218 atm, maka ketika temperatur air mencapai 374 ^{o}C, secara cepat air akan berubah langsung dari fase cair menjadi fase gas tanpa melalui proses penyerapan energi untuk proses penguapan.

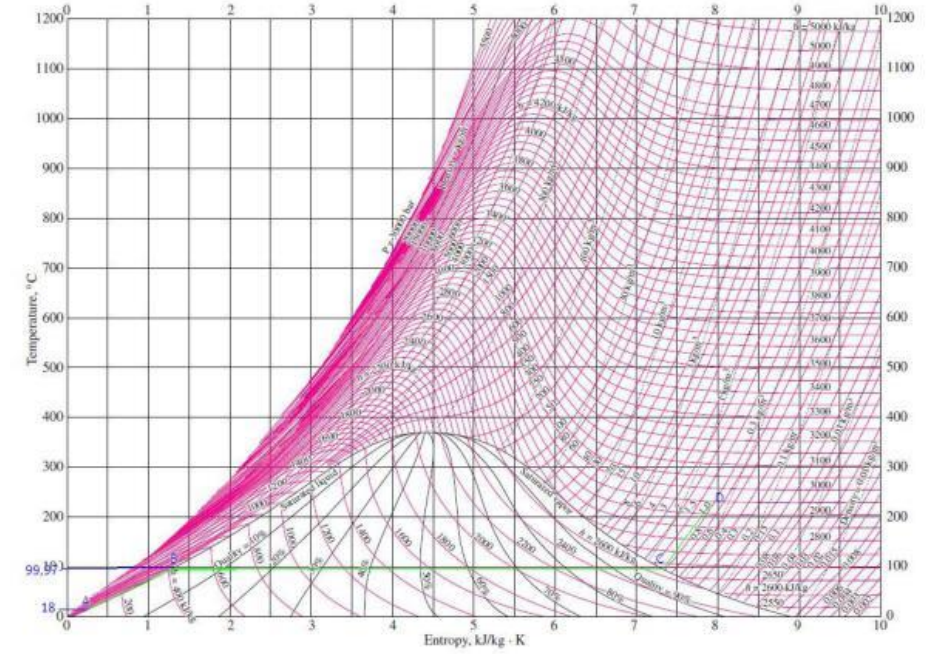
Dari titik kristis ke arah kanan mengikuti garis kubah uap disebut garis uap jenuh. Bila fluida berada pada kondisi tekanan dan temperatur yang sesuai dengan garis ini, maka fluida tersebut berada pada kondisi 100% uap jenuh. Dari titik kristis ke arah kiri mengikuti garis kubah uap, disebut garis cair jenuh. Pada garis ini fluida memiliki fase cair 100%.

Di dalam kubah uap adalah daerah panas laten yaitu panas penguapan atau panas pengembunan. Pada daerah ini fluida berada dalam kondisi 2 fase yaitu fase cair dan fase gas bercampur menjadi satu. Kadar uap dapat ditentukan dari garis kadar uap.

Daerah di atas kubah uap di sebelah kanan adalah daerah uap panas lanjut (*superheated steam*). Sedangkan daerah di sebelah kiri di luar kubah uap disebut daerah dingin lanjut. Untuk uap jenuh, sifat-sifat termodinamika uap dapat ditentukan hanya dengan mengunakan temperatur atau tekanannya saja, tetapi untuk menentukan sifat-sifat termodinamika uap pada kondisi panas lanjut dan dingin lanjut harus diketahui tekanan dan temperatur uap.

Bila kita memanaskan air dari kondisi cair misalnya pada tekanan konstan 1 atm dan mulai dari temperatur 18 ^{o}C hingga temperatur 230 ^{o}C, maka pada diagram T-s dapat digambar sebagai berikut.

Gambar 6. 4 Proses pemanasan air dari 18 ^{o}C - 230 ^{o}C pada tekanan 1 atm



Proses pemanasan air dapat digambarkan pada diagram T-s seperti pada Gambar 8.4 di atas. Pada tekanan 1 atm , air dengan temperatur awal 18 ^{o}C memiliki entropi 0,28 kJ/kg.K, bila dipanaskan maka temperatur air akan naik mengikuti garis tekanan konstan hingga

mencapai titik temperatur didih yaitu untuk tekanan 1 atm titik didih air adalah 99,98 °C. atau entropi air bertambah dari 0,28 kJ/kg.K menjadi 1,3 kJ/kg.K. Entalpi air bertambah dari 82 kJ/kg menjadi 418 kJ/kg. ini adalah energi total (entalpi) yang dibutuhkan untuk memanaskan air dari kondisi cair pada temperatur 18°C menjadi air siap mendidih (berubah fase) pada temperatur 99,98 °C. Pada diagram T-s proses mengikuti garis A-B.

Bila panas terus diberikan, temperatur air tidak akan naik tetapi terjadi perubahan fase air dari fase cair menjadi fase gas. Perubahan fase ini mengikuti garis B-C. Pada proses ini terjadi penyerapan kalor (energi) yang digunakan untuk mengubah fase zat, pada kondisi temperatur konstan. Energi yang diserap ini tidak dapat di ukur dengan mengunakan termometer karena temperatur fluida tidak berubah. Oleh sebab itu, proses ini disebut proses penyerapan panas laten (*non sensibel heat*). Pada proses ini entropi air bertambah dari 1,3 kJ/kg.K menjadi 7,6 kJ/kg.K. Proses terus berlanjut hingga titik C yaitu titik yang tepat berada pada garis uap jenuh. Pada titik C semua molekul air telah berubah menjadi fase gas. Antara titik B dan titik C adalah kondisi 2 fase yaitu campuran gas dan cair. Kadar uap dalam campuran ini disebut faktor kebasahan atau sering disingkat dengan huruf X. besar faktor kebasahan dapat dihitung dengan mengunakan rumus :

$$X = \frac{h_{g(t)} - h_f}{h_{fg}} = \frac{s_{g(t)} - s_f}{s_{fg}}$$

Keterangan :

X : faktor kebasahan (%) menyatakan persentase uap

$h_{g(t)}$: entalpi uap pada temperatur fluida tertentu (kJ/kg)

h_f : entalpi cair (kJ/kg)

h_{fg} : entalpi perubahan dari cair ke gas (kJ/kg)

$s_{g(t)}$: entropi uap pada temperatur fluida tertentu (kJ/kg.K)

s_f : entropi cair (kJ/kg.K)

s_{fg} : entropi perubahan dari cair ke gas (kJ/kg.K)

misalkan pada proses pemanasan air di atas, kita hendak mengetahui berapa kadar uap pada saat entropi air = 4 kJ/kg.K, maka kadar uap dapat dihitung :

$$X = \frac{4\frac{kJ}{kg}.K - 1.3\frac{kJ}{kg}.K}{6.05\frac{kJ}{kg}.K} = 0.446 \approx 44.6\,\%$$

Artinya pada saat entropi fluida mencapai 4 kJ/kg.K kadar uap dalam campuran adalah 44,6 %.

Angka ini dapat dengan mudah ditentukan melalui T-s diagram.

Pada titik C air berada dalam kondisi uap jenuh atau 100 % uap. Bila energi (panas) terus diberikan maka uap jenuh akan berubah menjadi uap panas lanjut. Pada proses pemanasan uap panas lanjut, tekanan dan temperatur fluida akan naik. Tetapi bila proses pemanasan ini dilakukan pada tekanan konstan maka akan mengikuti garis C-D.

Proses yang telah kita bahas ini adalah proses sederhana yang berlangsung pada saat kita memanaskan air. Proses ini hampir sama dengan proses yang terjadi di dalam boiler pada unit pembangkit uap di PLTU.

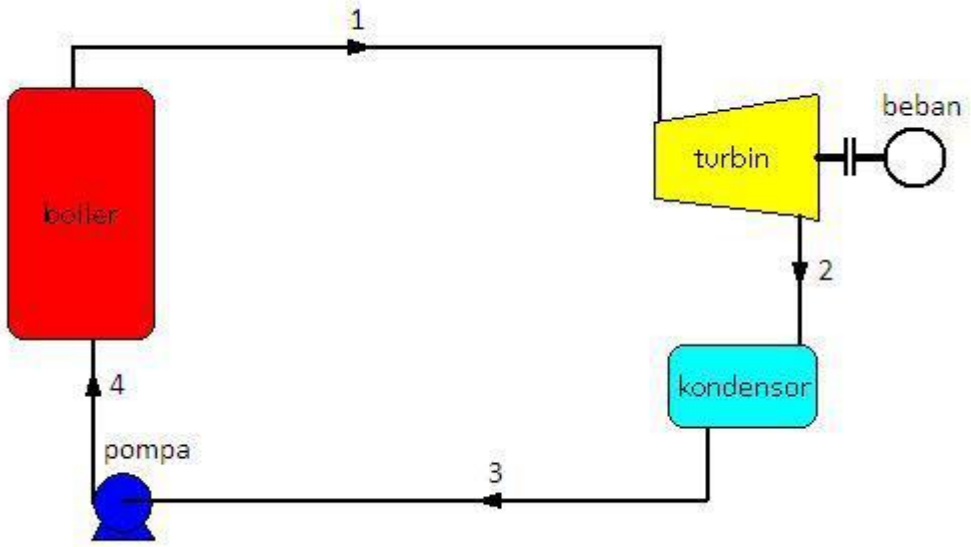
Siklus Rankine Ideal Sederhana

Siklus Rankine ideal sederhana terdiri dari :

1. Boiler sebagai alat pembangkit uap
2. Turbin uap sebagai alat mengubah uap menjadi kerja
3. Kondensor sebagai alat pengembun uap
4. Pompa boiler sebagai alat memompa air ke boiler

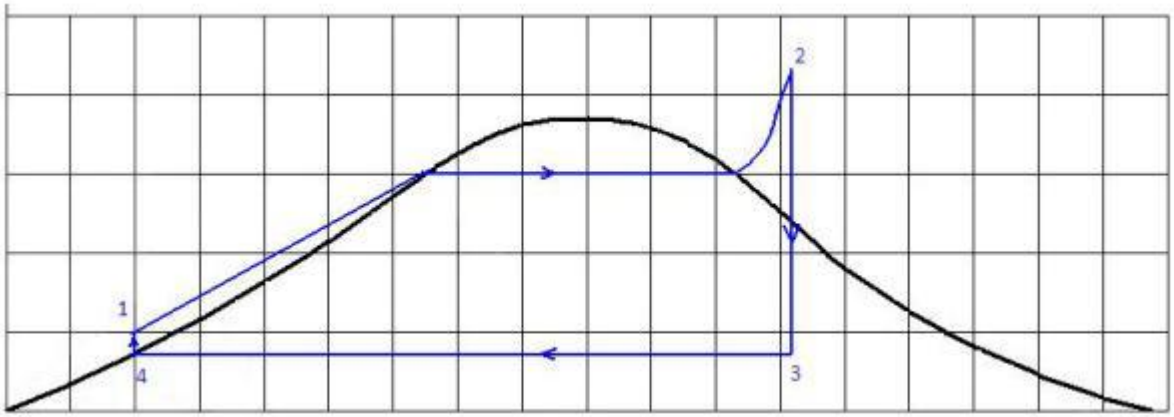
Skema siklus Rankine ideal sederhana dapat dilihat pada Gambar 6.5. berikut ini:

Gambar 6. 5 Skema siklus Rankine ideal sederhana



Skema pada Gambar 6.5. dapat digambarkan garis kerjanya pada diagram T-s seperti pada Gambar 6.6. berikut ini:

Gambar 6. 6 Diagram T-s untuk siklus Rankine ideal sederhana



Keterangan Gambar 6.6. :

Proses 1 – 2 adalah proses pada tekanan konstan yang berlangsung pada boiler. Pada proses ini kalor masuk ke dalam sistem (Q_{in}).

Proses 2 – 3 adalah proses ekspansi isentropis (adiabatis reversibel) yang berlangsung di dalam turbin uap. Pada proses ini terjadi kerja keluar sistem (W_{out})

Proses 3 – 4 adalah proses pada tekanan konstan yang berlangsung di dalam kondensor. Pada proses ini kalor keluar dari sistem (pembuang kalor) (Q_{out}).

Proses 4 – 1 adalah proses penekanan secara isentropis oleh pompa. Pada proses ini kerja masuk ke dalam sistem (W_{in}).

Pada siklus Rankine ideal sederhana. Air dipompa oleh pompa pengisi boiler ke dalam boiler. Pompa yang bertugas untuk memompakan air ke dalam boiler disebut *feed water pump*. Pompa ini harus dapat menekan air ke boiler dengan tekanan yang cukup tinggi (sesuai dengan tekanan kerja siklus). Secara ideal pompa bekerja menurut proses isentropis (adiabatis reversibel) dan secara aktual pompa bekerja menurut proses adiabatis irreversibel.

Di dalam boiler, air yang bertekanan tinggi dipanaskan hingga menjadi uap panas lanjut, prosesnya adalah sebagai berikut:

a. Ekonomiser, air pertama-tama masuk ke ekonomiser. Ekonomier berfungsi sebagai pemanas awal. Sesuai namanya alat ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi boiler dengan cara menggunakan panas sisa gas buang untuk memanaskan awal air yang masuk ke boiler.
b. Evaporator, dari ekonomiser, air masuk ke drum penampung air di evaporator. Di dalam evaporator air dipanaskan melalui pipa-pipa evaporasi hingga berubah menjadi uap. Uap air yang keluar dari evaporator adalah uap jenuh.
c. Superheater, selanjutnya uap jenuh dari evaporator masuk ke superheater. Superheater adalah alat penukar kalor yang dirancang khusus untuk memanaskan uap jenuh menjadi

uap panas lanjut dengan menggunakan gas panas hasil pembakaran. Uap panas lanjut yang keluar dari superheater siap digunakan untuk memutar turbin uap.

Uap panas lanjut dari boiler kemudian dialirkan ke turbin uap melalui pipa – pipa uap. Di dalam turbin uap , uap panas lanjut diekspansikan dan digunakan untuk memutar rotor turbin uap. Proses ekspansi di dalam turbin uap berlangsung melalui beberapa tahap yaitu :

1. Proses ekspansi awal di dalam turbin tekanan tinggi (roda Curtis)

   Uap panas lanjut yang bertekanan tinggi diekspansikan di nosel dan kemudian digunakan untuk memutar roda Curtis. Roda Curtis adalah turbin uap jenis turbin implus. Pada roda Curtis terjadi penurunan tekanan yang signifikan.

2. Proses ekspansi pada turbin tingkat menengah.

   Turbin tingkat menengah menggunakan turbin jenis reaksi dan tersusun atas beberapa tingkat turbin.

3. Proses ekspansi tingkat akhir.

   Pada tingkat akhir ini uap terus diekspansikan hingga tekanan sangat rendah (biasanya dibawah tekanan atmosfir) dengan bantuan kondensor.

Putaran poros yang dihasilkan dari proses ekspansi uap panas lanjut di dalam turbin digunakan untuk memutar beban. Beban dapat berupa generator listrik seperti di PLTU atau propeler (baling-baling) untuk menggerak kapal.

Uap tekanan rendah dari turbin uap mengalir ke kondensor. Di dalam kondensor, uap didinginkan dengan media pendingin air hingga berubah fase menjadi air. Kemudian air ditampung di dalam tangki dan dipisahkan dari gas-gas yang tersisa dan siap untuk dipompa ke dalam boiler oleh pompa pengisi boiler. Proses ini terus berlanjut dan berulang membentuk sebuah siklus yang disebut siklus Rankine.

Pada siklus Rankine ideal. Ke 4 alat dianggap bekerja pada kondisi *Steady flow*. Sehingga persamaan energi untuk kondisi *steady flow* dapat ditulis :

$$(Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out}) = h_e - h_i \quad (\frac{kJ}{kg})$$

$$(Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out}) = 0$$

$$(Q_{in} - Q_{out}) = (W_{out} - W_{in}) \quad (\frac{kJ}{kg})$$

Beberapa proses yang berlangsung pada masing-masing alat adalah :

Kerja pompa :

$$W_p = v(P_1 - P_4) = h_1 - h_4$$

$$v = \frac{1}{\rho}$$

Dimana v adalah volume spesifik yang besarnya

Kalor masuk ke boiler :

$$Q_{in} = h_2 - h_1$$

Kerja yang dihasilkan turbin uap :

$$W_T = h_2 - h_3$$

Kalor yang dibuang oleh kondensor :

$$Q_{out} = h_3 - h_4$$

Efisiensi thermal siklus Rankine ideal sederhana dapat dihitung :

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{W_T - W_p}{Q_{in}}$$

$$W_{net} = W_T - W_p$$

Dimana untuk menghitung kinerja siklus Rankine, diperlukan tabel sifat-sifat air dan uap air. Berikut ini tabel sifat-sifat air dan uap air.

Untuk uap jenuh variabel tetap temperatur air:

Tabel 6. 1 Uap jenuh variabel tetap temperatur air

Saturated water—Temperature table

		Specific volume, m³/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
Temp., T °C	Sat. press., P_{sat} kPa	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Tabel 6. 2 Uap jenuh variabel tetap temperatur air lanjutan

Saturated water—Temperature table (*Continued*)

		Specific volume, m³/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
Temp., T °C	Sat. press., P_{sat} kPa	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
205	1724.3	0.001164	0.11508	872.86	1723.5	2596.4	874.87	1920.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930
210	1907.7	0.001173	0.10429	895.38	1702.9	2598.3	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563
215	2105.9	0.001181	0.094680	918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200
220	2319.6	0.001190	0.086094	940.79	1660.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840
225	2549.7	0.001199	0.078405	963.70	1638.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483
230	2797.1	0.001209	0.071505	986.76	1616.1	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6100	3.6028	6.2128
235	3062.6	0.001219	0.065300	1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1789.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085	1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941	1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175	1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017
265	5085.3	0.001289	0.038748	1153.3	1443.2	2596.5	1159.8	1633.7	2793.5	2.9304	3.0358	5.9662
270	5503.0	0.001303	0.035622	1177.9	1415.7	2593.7	1185.1	1604.6	2789.7	2.9762	2.9542	5.9305
275	5946.4	0.001317	0.032767	1202.9	1387.4	2590.3	1210.7	1574.5	2785.2	3.0221	2.8723	5.8944
280	6416.6	0.001333	0.030153	1228.2	1358.2	2586.4	1236.7	1543.2	2779.9	3.0681	2.7898	5.8579
285	6914.6	0.001349	0.027756	1253.7	1328.1	2581.8	1263.1	1510.7	2773.7	3.1144	2.7066	5.8210
290	7441.8	0.001366	0.025554	1279.7	1296.9	2576.5	1289.8	1476.9	2766.7	3.1608	2.6225	5.7834
295	7999.0	0.001384	0.023528	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2076	2.5374	5.7450
300	8587.9	0.001404	0.021659	1332.7	1230.9	2563.6	1344.8	1404.8	2749.6	3.2548	2.4511	5.7059
305	9209.4	0.001425	0.019932	1360.0	1195.9	2555.8	1373.1	1366.3	2739.4	3.3024	2.3633	5.6657
310	9865.0	0.001447	0.018333	1387.7	1159.3	2547.1	1402.0	1325.9	2727.9	3.3506	2.2737	5.6243
315	10,556	0.001472	0.016849	1416.1	1121.1	2537.2	1431.6	1283.4	2715.0	3.3994	2.1821	5.5816
320	11,284	0.001499	0.015470	1445.1	1080.9	2526.0	1462.0	1238.5	2700.6	3.4491	2.0881	5.5372
325	12,051	0.001528	0.014183	1475.0	1038.5	2513.4	1493.4	1191.0	2684.3	3.4998	1.9911	5.4908
330	12,858	0.001560	0.012979	1505.7	993.5	2499.2	1525.8	1140.3	2666.0	3.5516	1.8906	5.4422
335	13,707	0.001597	0.011848	1537.5	945.5	2483.0	1559.4	1086.0	2645.4	3.6050	1.7857	5.3907
340	14,601	0.001638	0.010783	1570.7	893.8	2464.5	1594.6	1027.4	2622.0	3.6602	1.6756	5.3358
345	15,541	0.001685	0.009772	1605.5	837.7	2443.2	1631.7	963.4	2595.1	3.7179	1.5585	5.2765
350	16,529	0.001741	0.008806	1642.4	775.9	2418.3	1671.2	892.7	2563.9	3.7788	1.4326	5.2114
355	17,570	0.001808	0.007872	1682.2	706.4	2388.6	1714.0	812.9	2526.9	3.8442	1.2942	5.1384
360	18,666	0.001895	0.006950	1726.2	625.7	2351.9	1761.5	720.1	2481.6	3.9165	1.1373	5.0537
365	19,822	0.002015	0.006009	1777.2	526.4	2303.6	1817.2	605.5	2422.7	4.0004	0.9489	4.9493
370	21,044	0.002217	0.004953	1844.5	385.6	2230.1	1891.2	443.1	2334.3	4.1119	0.6890	4.8009
373.95	22,064	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Source: Tables A–4 through A–8 are generated using the Engineering Equation Solver (EES) software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. The routine used in calculations is the highly accurate Steam_IAPWS, which incorporates the 1995 Formulation for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use, issued by The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS). This formulation replaces the 1984 formulation of Haar, Gallagher, and Kell (NBS/NRC Steam Tables, Hemisphere Publishing Co., 1984), which is also available in EES as the routine STEAM. The new formulation is based on the correlations of Saul and Wagner (J. Phys. Chem. Ref. Data, 16, 893, 1987) with modifications to adjust to the International Temperature Scale of 1990. The modifications are described by Wagner and Pruss (J. Phys. Chem. Ref. Data, 22, 783, 1993). The properties of ice are based on Hyland and Wexler, "Formulations for the Thermodynamic Properties of the Saturated Phases of H_2O from 173.15 K to 473.15 K," *ASHRAE Trans.*, Part 2A, Paper 2793, 1983.

Tabel 6. 3 Uap panas dengan variabel tetap tekanan

Saturated water—Pressure table

		Specific volume, m³/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

Tabel 6. 4 Uap panas dengan variabel tetap tekanan lanjutan

Saturated water—Pressure table (*Continued*)

		Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	1049.7	1753.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	689.2	2466.0	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	585.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.6	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Tabel 6. 5 Untuk air yang sangat panas

Superheated water

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
	P = 0.01 MPa (45.81°C)*				P = 0.05 MPa (81.32°C)				P = 0.10 MPa (99.61°C)			
Sat.†	14.670	2437.2	2583.9	8.1488	3.2403	2483.2	2645.2	7.5931	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589
50	14.867	2443.3	2592.0	8.1741								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4489	3.4187	2511.5	2682.4	7.6953	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611
150	19.513	2587.9	2783.0	8.6893	3.8897	2585.7	2780.2	7.9413	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148
200	21.826	2661.4	2879.6	8.9049	4.3562	2660.0	2877.8	8.1592	2.1724	2658.2	2875.5	7.8356
250	24.136	2736.1	2977.5	9.1015	4.8206	2735.1	2976.2	8.3568	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346
300	26.446	2812.3	3076.7	9.2827	5.2841	2811.6	3075.8	8.5387	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172
400	31.063	2969.3	3280.0	9.6094	6.2094	2968.9	3279.3	8.8659	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452
500	35.680	3132.9	3489.7	9.8998	7.1338	3132.6	3489.3	9.1566	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362
600	40.296	3303.3	3706.3	10.1631	8.0577	3303.1	3706.0	9.4201	4.0279	3302.8	3705.6	9.0999
700	44.911	3480.8	3929.9	10.4056	8.9813	3480.6	3929.7	9.6626	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424
800	49.527	3665.4	4160.6	10.6312	9.9047	3665.2	4160.4	9.8883	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682
900	54.143	3856.9	4398.3	10.8429	10.8280	3856.8	4398.2	10.1000	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800
1000	58.758	4055.3	4642.8	11.0429	11.7513	4055.2	4642.7	10.3000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800
1100	63.373	4260.0	4893.8	11.2326	12.6745	4259.9	4893.7	10.4897	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698
1200	67.989	4470.9	5150.8	11.4132	13.5977	4470.8	5150.7	10.6704	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504
1300	72.604	4687.4	5413.4	11.5857	14.5209	4687.3	5413.3	10.8429	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229
	P = 0.20 MPa (120.21°C)				P = 0.30 MPa (133.52°C)				P = 0.40 MPa (143.61°C)			
Sat.	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	0.46242	2553.1	2738.1	6.8955
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	0.47088	2564.4	2752.8	6.9306
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081	0.71643	2651.0	2865.9	7.3132	0.53434	2647.2	2860.9	7.1723
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100	0.79645	2728.9	2967.9	7.5180	0.59520	2726.4	2964.5	7.3804
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	0.65489	2805.1	3067.1	7.5677
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236	1.03155	2966.0	3275.5	8.0347	0.77265	2964.9	3273.9	7.9003
500	1.78142	3131.4	3487.7	8.5153	1.18672	3130.6	3486.6	8.3271	0.88936	3129.8	3485.5	8.1933
600	2.01302	3302.2	3704.8	8.7793	1.34139	3301.6	3704.0	8.5915	1.00558	3301.0	3703.3	8.4580
700	2.24434	3479.9	3928.8	9.0221	1.49580	3479.5	3928.2	8.8345	1.12152	3479.0	3927.6	8.7012
800	2.47550	3664.7	4159.8	9.2479	1.65004	3664.3	4159.3	9.0605	1.23730	3663.9	4158.9	8.9274
900	2.70656	3856.3	4397.7	9.4598	1.80417	3856.0	4397.3	9.2725	1.35298	3855.7	4396.9	9.1394
1000	2.93755	4054.8	4642.3	9.6599	1.95824	4054.5	4642.0	9.4726	1.46859	4054.3	4641.7	9.3396
1100	3.16848	4259.6	4893.3	9.8497	2.11226	4259.4	4893.1	9.6624	1.58414	4259.2	4892.9	9.5295
1200	3.39938	4470.5	5150.4	10.0304	2.26624	4470.3	5150.2	9.8431	1.69966	4470.2	5150.0	9.7102
1300	3.63026	4687.1	5413.1	10.2029	2.42019	4686.9	5413.0	10.0157	1.81516	4686.7	5412.8	9.8828
	P = 0.50 MPa (151.83°C)				P = 0.60 MPa (158.83°C)				P = 0.80 MPa (170.41°C)			
Sat.	0.37483	2560.7	2748.1	6.8207	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593	0.24035	2576.0	2768.3	6.6616
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683	0.26088	2631.1	2839.8	6.8177
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2725	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833	0.29321	2715.9	2950.4	7.0402
300	0.52261	2803.3	3064.6	7.4614	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740	0.32416	2797.5	3056.9	7.2345
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481	0.35442	2878.6	3162.2	7.4107
400	0.61731	2963.7	3272.4	7.7956	0.51374	2962.5	3270.8	7.7097	0.38429	2960.2	3267.7	7.5735
500	0.71095	3129.0	3484.5	8.0893	0.59200	3128.2	3483.4	8.0041	0.44332	3126.6	3481.3	7.8692
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3544	0.66976	3299.8	3701.7	8.2695	0.50186	3298.7	3700.1	8.1354
700	0.89696	3478.6	3927.0	8.5978	0.74725	3478.1	3926.4	8.5132	0.56011	3477.2	3925.3	8.3794
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	0.82457	3663.2	4157.9	8.7395	0.61820	3662.5	4157.0	8.6061
900	1.08227	3855.4	4396.6	9.0362	0.90179	3855.1	4396.2	8.9518	0.67619	3854.5	4395.5	8.8185
1000	1.17480	4054.0	4641.4	9.2364	0.97893	4053.8	4641.1	9.1521	0.73411	4053.3	4640.5	9.0189
1100	1.26728	4259.0	4892.6	9.4263	1.05603	4258.8	4892.4	9.3420	0.79197	4258.3	4891.9	9.2090
1200	1.35972	4470.0	5149.8	9.6071	1.13309	4469.8	5149.6	9.5229	0.84980	4469.4	5149.3	9.3898
1300	1.45214	4686.6	5412.6	9.7797	1.21012	4686.4	5412.5	9.6955	0.90761	4686.1	5412.2	9.5625

Tabel 6. 6 Untuk air yang sangat panas lanjutan

Superheated water (*Continued*)

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
	P = 1.00 MPa (179.88°C)				P = 1.20 MPa (187.96°C)				P = 1.40 MPa (195.04°C)			
Sat.	0.19437	2582.8	2777.1	6.5850	0.16326	2587.8	2783.8	6.5217	0.14078	2591.8	2788.9	6.4675
200	0.20602	2622.3	2828.3	6.6956	0.16934	2612.9	2816.1	6.5909	0.14303	2602.7	2803.0	6.4975
250	0.23275	2710.4	2943.1	6.9265	0.19241	2704.7	2935.6	6.8313	0.16356	2698.9	2927.9	6.7488
300	0.25799	2793.7	3051.6	7.1246	0.21386	2789.7	3046.3	7.0335	0.18233	2785.7	3040.9	6.9553
350	0.28250	2875.7	3158.2	7.3029	0.23455	2872.7	3154.2	7.2139	0.20029	2869.7	3150.1	7.1379
400	0.30661	2957.9	3264.5	7.4670	0.25482	2955.5	3261.3	7.3793	0.21782	2953.1	3258.1	7.3046
500	0.35411	3125.0	3479.1	7.7642	0.29464	3123.4	3477.0	7.6779	0.25216	3121.8	3474.8	7.6047
600	0.40111	3297.5	3698.6	8.0311	0.33395	3296.3	3697.0	7.9456	0.28597	3295.1	3695.5	7.8730
700	0.44783	3476.3	3924.1	8.2755	0.37297	3475.3	3922.9	8.1904	0.31951	3474.4	3921.7	8.1183
800	0.49438	3661.7	4156.1	8.5024	0.41184	3661.0	4155.2	8.4176	0.35288	3660.3	4154.3	8.3458
900	0.54083	3853.9	4394.8	8.7150	0.45059	3853.3	4394.0	8.6303	0.38614	3852.7	4393.3	8.5587
1000	0.58721	4052.7	4640.0	8.9155	0.48928	4052.2	4639.4	8.8310	0.41933	4051.7	4638.8	8.7595
1100	0.63354	4257.9	4891.4	9.1057	0.52792	4257.5	4891.0	9.0212	0.45247	4257.0	4890.5	8.9497
1200	0.67983	4469.0	5148.9	9.2866	0.56652	4468.7	5148.5	9.2022	0.48558	4468.3	5148.1	9.1308
1300	0.72610	4685.8	5411.9	9.4593	0.60509	4685.5	5411.6	9.3750	0.51866	4685.1	5411.3	9.3036
	P = 1.60 MPa (201.37°C)				P = 1.80 MPa (207.11°C)				P = 2.00 MPa (212.38°C)			
Sat.	0.12374	2594.8	2792.8	6.4200	0.11037	2597.3	2795.9	6.3775	0.09959	2599.1	2798.3	6.3390
225	0.13293	2645.1	2857.8	6.5537	0.11678	2637.0	2847.2	6.4825	0.10381	2628.5	2836.1	6.4160
250	0.14190	2692.9	2919.9	6.6753	0.12502	2686.7	2911.7	6.6088	0.11150	2680.3	2903.3	6.5475
300	0.15866	2781.6	3035.4	6.8864	0.14025	2777.4	3029.9	6.8246	0.12551	2773.2	3024.2	6.7684
350	0.17459	2866.6	3146.0	7.0713	0.15460	2863.6	3141.9	7.0120	0.13860	2860.5	3137.7	6.9583
400	0.19007	2950.8	3254.9	7.2394	0.16849	2948.3	3251.6	7.1814	0.15122	2945.9	3248.4	7.1292
500	0.22029	3120.1	3472.6	7.5410	0.19551	3118.5	3470.4	7.4845	0.17568	3116.9	3468.3	7.4337
600	0.24999	3293.9	3693.9	7.8101	0.22200	3292.7	3692.3	7.7543	0.19962	3291.5	3690.7	7.7043
700	0.27941	3473.5	3920.5	8.0558	0.24822	3472.6	3919.4	8.0005	0.22326	3471.7	3918.2	7.9509
800	0.30865	3659.5	4153.4	8.2834	0.27426	3658.8	4152.4	8.2284	0.24674	3658.0	4151.5	8.1791
900	0.33780	3852.1	4392.6	8.4965	0.30020	3851.5	4391.9	8.4417	0.27012	3850.9	4391.1	8.3925
1000	0.36687	4051.2	4638.2	8.6974	0.32606	4050.7	4637.6	8.6427	0.29342	4050.2	4637.1	8.5936
1100	0.39589	4256.6	4890.0	8.8878	0.35188	4256.2	4889.6	8.8331	0.31667	4255.7	4889.1	8.7842
1200	0.42488	4467.9	5147.7	9.0689	0.37766	4467.6	5147.3	9.0143	0.33989	4467.2	5147.0	8.9654
1300	0.45383	4684.8	5410.9	9.2418	0.40341	4684.5	5410.6	9.1872	0.36308	4684.2	5410.3	9.1384
	P = 2.50 MPa (223.95°C)				P = 3.00 MPa (233.85°C)				P = 3.50 MPa (242.56°C)			
Sat.	0.07995	2602.1	2801.9	6.2558	0.06667	2603.2	2803.2	6.1856	0.05706	2603.0	2802.7	6.1244
225	0.08026	2604.8	2805.5	6.2629								
250	0.08705	2663.3	2880.9	6.4107	0.07063	2644.7	2856.5	6.2893	0.05876	2624.0	2829.7	6.1764
300	0.09894	2762.2	3009.6	6.6459	0.08118	2750.8	2994.3	6.5412	0.06845	2738.8	2978.4	6.4484
350	0.10979	2852.5	3127.0	6.8424	0.09056	2844.4	3116.1	6.7450	0.07680	2836.0	3104.9	6.6601
400	0.12012	2939.8	3240.1	7.0170	0.09938	2933.6	3231.7	6.9235	0.08456	2927.2	3223.2	6.8428
450	0.13015	3026.2	3351.6	7.1768	0.10789	3021.2	3344.9	7.0856	0.09198	3016.1	3338.1	7.0074
500	0.13999	3112.8	3462.8	7.3254	0.11620	3108.6	3457.2	7.2359	0.09919	3104.5	3451.7	7.1593
600	0.15931	3288.5	3686.8	7.5979	0.13245	3285.5	3682.8	7.5103	0.11325	3282.5	3678.9	7.4357
700	0.17835	3469.3	3915.2	7.8455	0.14841	3467.0	3912.2	7.7590	0.12702	3464.7	3909.3	7.6855
800	0.19722	3656.2	4149.2	8.0744	0.16420	3654.3	4146.9	7.9885	0.14061	3652.5	4144.6	7.9156
900	0.21597	3849.4	4389.3	8.2882	0.17988	3847.9	4387.5	8.2028	0.15410	3846.4	4385.7	8.1304
1000	0.23466	4049.0	4635.6	8.4897	0.19549	4047.7	4634.2	8.4045	0.16751	4046.4	4632.7	8.3324
1100	0.25330	4254.7	4887.9	8.6804	0.21105	4253.6	4886.7	8.5955	0.18087	4252.5	4885.6	8.5236
1200	0.27190	4466.3	5146.0	8.8618	0.22658	4465.3	5145.1	8.7771	0.19420	4464.4	5144.1	8.7053
1300	0.29048	4683.4	5409.5	9.0349	0.24207	4682.6	5408.8	8.9502	0.20750	4681.8	5408.0	8.8786

Tabel 6. 7 Untuk air yang sangat panas lanjutan

Superheated water (*Continued*)

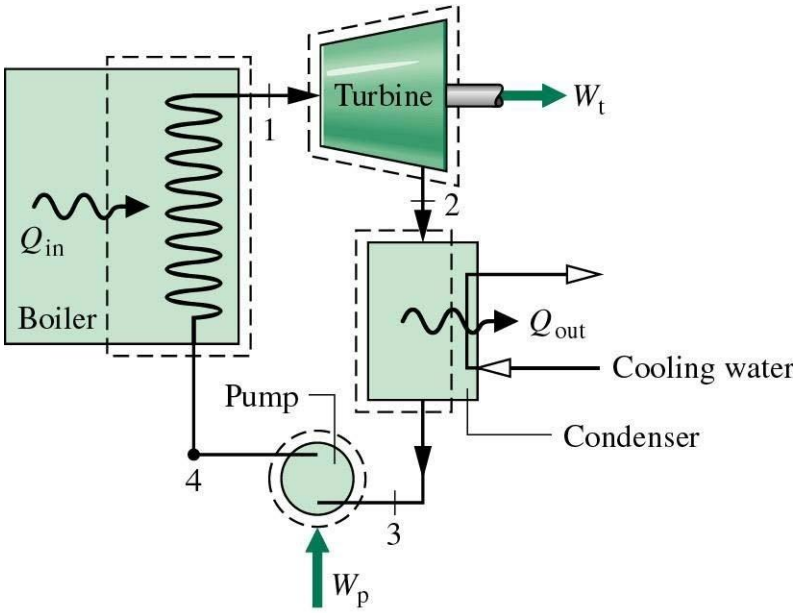
T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
	P = 4.0 MPa (250.35°C)				P = 4.5 MPa (257.44°C)				P = 5.0 MPa (263.94°C)			
Sat.	0.04978	2601.7	2800.8	6.0696	0.04406	2599.7	2798.0	6.0198	0.03945	2597.0	2794.2	5.9737
275	0.05461	2668.9	2887.3	6.2312	0.04733	2651.4	2864.4	6.1429	0.04144	2632.3	2839.5	6.0571
300	0.05887	2726.2	2961.7	6.3639	0.05138	2713.0	2944.2	6.2854	0.04535	2699.0	2925.7	6.2111
350	0.06647	2827.4	3093.3	6.5843	0.05842	2818.6	3081.5	6.5153	0.05197	2809.5	3069.3	6.4516
400	0.07343	2920.8	3214.5	6.7714	0.06477	2914.2	3205.7	6.7071	0.05784	2907.5	3196.7	6.6483
450	0.08004	3011.0	3331.2	6.9386	0.07076	3005.8	3324.2	6.8770	0.06332	3000.6	3317.2	6.8210
500	0.08644	3100.3	3446.0	7.0922	0.07652	3096.0	3440.4	7.0323	0.06858	3091.8	3434.7	6.9781
600	0.09886	3279.4	3674.9	7.3706	0.08766	3276.4	3670.9	7.3127	0.07870	3273.3	3666.9	7.2605
700	0.11098	3462.4	3906.3	7.6214	0.09850	3460.0	3903.3	7.5647	0.08852	3457.7	3900.3	7.5136
800	0.12292	3650.6	4142.3	7.8523	0.10916	3648.8	4140.0	7.7962	0.09816	3646.9	4137.7	7.7458
900	0.13476	3844.8	4383.9	8.0675	0.11972	3843.3	4382.1	8.0118	0.10769	3841.8	4380.2	7.9619
1000	0.14653	4045.1	4631.2	8.2698	0.13020	4043.9	4629.8	8.2144	0.11715	4042.6	4628.3	8.1648
1100	0.15824	4251.4	4884.4	8.4612	0.14064	4250.4	4883.2	8.4060	0.12655	4249.3	4882.1	8.3566
1200	0.16992	4463.5	5143.2	8.6430	0.15103	4462.6	5142.2	8.5880	0.13592	4461.6	5141.3	8.5388
1300	0.18157	4680.9	5407.2	8.8164	0.16140	4680.1	5406.5	8.7616	0.14527	4679.3	5405.7	8.7124
	P = 6.0 MPa (275.59°C)				P = 7.0 MPa (285.83°C)				P = 8.0 MPa (295.01°C)			
Sat.	0.03245	2589.9	2784.6	5.8902	0.027378	2581.0	2772.6	5.8148	0.023525	2570.5	2758.7	5.7450
300	0.03619	2668.4	2885.6	6.0703	0.029492	2633.5	2839.9	5.9337	0.024279	2592.3	2786.5	5.7937
350	0.04225	2790.4	3043.9	6.3357	0.035262	2770.1	3016.9	6.2305	0.029975	2748.3	2988.1	6.1321
400	0.04742	2893.7	3178.3	6.5432	0.039958	2879.5	3159.2	6.4502	0.034344	2864.6	3139.4	6.3658
450	0.05217	2989.9	3302.9	6.7219	0.044187	2979.0	3288.3	6.6353	0.038194	2967.8	3273.3	6.5579
500	0.05667	3083.1	3423.1	6.8826	0.048157	3074.3	3411.4	6.8000	0.041767	3065.4	3399.5	6.7266
550	0.06102	3175.2	3541.3	7.0308	0.051966	3167.9	3531.6	6.9507	0.045172	3160.5	3521.8	6.8800
600	0.06527	3267.2	3658.8	7.1693	0.055665	3261.0	3650.6	7.0910	0.048463	3254.7	3642.4	7.0221
700	0.07355	3453.0	3894.3	7.4247	0.062850	3448.3	3888.3	7.3487	0.054829	3443.6	3882.2	7.2822
800	0.08165	3643.2	4133.1	7.6582	0.069856	3639.5	4128.5	7.5836	0.061011	3635.7	4123.8	7.5185
900	0.08964	3838.8	4376.6	7.8751	0.076750	3835.7	4373.0	7.8014	0.067082	3832.7	4369.3	7.7372
1000	0.09756	4040.1	4625.4	8.0786	0.083571	4037.5	4622.5	8.0055	0.073079	4035.0	4619.6	7.9419
1100	0.10543	4247.1	4879.7	8.2709	0.090341	4245.0	4877.4	8.1982	0.079025	4242.8	4875.0	8.1350
1200	0.11326	4459.8	5139.4	8.4534	0.097075	4457.9	5137.4	8.3810	0.084934	4456.1	5135.5	8.3181
1300	0.12107	4677.7	5404.1	8.6273	0.103781	4676.1	5402.6	8.5551	0.090817	4674.5	5401.0	8.4925
	P = 9.0 MPa (303.35°C)				P = 10.0 MPa (311.00°C)				P = 12.5 MPa (327.81°C)			
Sat.	0.020489	2558.5	2742.9	5.6791	0.018028	2545.2	2725.5	5.6159	0.013496	2505.6	2674.3	5.4638
325	0.023284	2647.6	2857.1	5.8738	0.019877	2611.6	2810.3	5.7596				
350	0.025816	2725.0	2957.3	6.0380	0.022440	2699.6	2924.0	5.9460	0.016138	2624.9	2826.6	5.7130
400	0.029960	2849.2	3118.8	6.2876	0.026436	2833.1	3097.5	6.2141	0.020030	2789.6	3040.0	6.0433
450	0.033524	2956.3	3258.0	6.4872	0.029782	2944.5	3242.4	6.4219	0.023019	2913.7	3201.5	6.2749
500	0.036793	3056.3	3387.4	6.6603	0.032811	3047.0	3375.1	6.5995	0.025630	3023.2	3343.6	6.4651
550	0.039885	3153.0	3512.0	6.8164	0.035655	3145.4	3502.0	6.7585	0.028033	3126.1	3476.5	6.6317
600	0.042861	3248.4	3634.1	6.9605	0.038378	3242.0	3625.8	6.9045	0.030306	3225.8	3604.6	6.7828
650	0.045755	3343.4	3755.2	7.0954	0.041018	3338.0	3748.1	7.0408	0.032491	3324.1	3730.2	6.9227
700	0.048589	3438.8	3876.1	7.2229	0.043597	3434.0	3870.0	7.1693	0.034612	3422.0	3854.6	7.0540
800	0.054132	3632.0	4119.2	7.4606	0.048629	3628.2	4114.5	7.4085	0.038724	3618.8	4102.8	7.2967
900	0.059562	3829.6	4365.7	7.6802	0.053547	3826.5	4362.0	7.6290	0.042720	3818.9	4352.9	7.5195
1000	0.064919	4032.4	4616.7	7.8855	0.058391	4029.9	4613.8	7.8349	0.046641	4023.5	4606.5	7.7269
1100	0.070224	4240.7	4872.7	8.0791	0.063183	4238.5	4870.3	8.0289	0.050510	4233.1	4864.5	7.9220
1200	0.075492	4454.2	5133.6	8.2625	0.067938	4452.4	5131.7	8.2126	0.054342	4447.7	5127.0	8.1065
1300	0.080733	4672.9	5399.5	8.4371	0.072667	4671.3	5398.0	8.3874	0.058147	4667.3	5394.1	8.2819

Tabel 6. 8 Untuk air yang sangat panas lanjutan

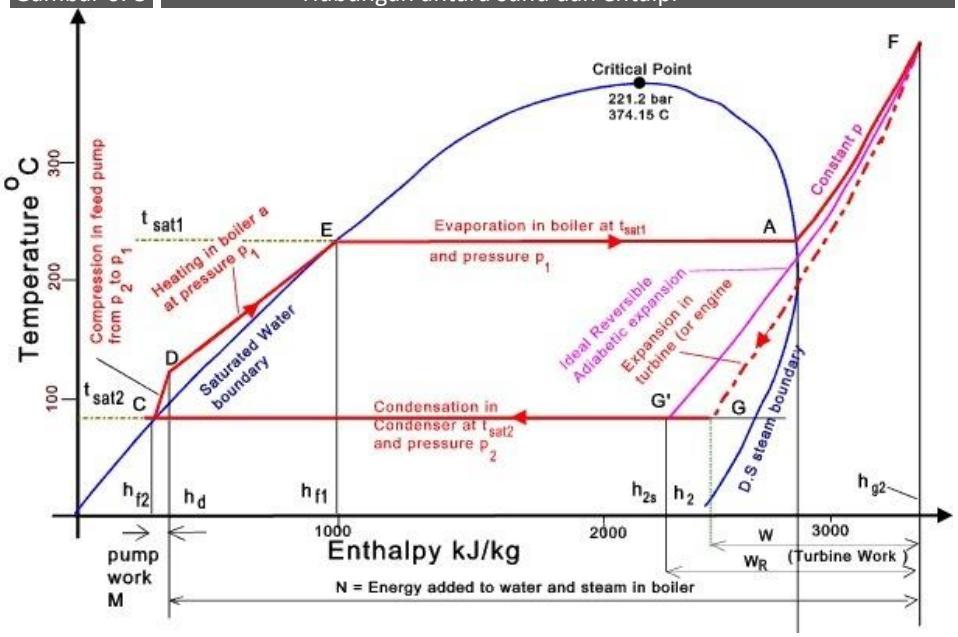
Superheated water (*Concluded*)

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
	P = 15.0 MPa (342.16°C)				P = 17.5 MPa (354.67°C)				P = 20.0 MPa (365.75°C)			
Sat.	0.010341	2455.7	2610.8	5.3108	0.007932	2390.7	2529.5	5.1435	0.005862	2294.8	2412.1	4.9310
350	0.011481	2520.9	2693.1	5.4438								
400	0.015671	2740.6	2975.7	5.8819	0.012463	2684.3	2902.4	5.7211	0.009950	2617.9	2816.9	5.5526
450	0.018477	2880.8	3157.9	6.1434	0.015204	2845.4	3111.4	6.0212	0.012721	2807.3	3061.7	5.9043
500	0.020828	2998.4	3310.8	6.3480	0.017385	2972.4	3276.7	6.2424	0.014793	2945.3	3241.2	6.1446
550	0.022945	3106.2	3450.4	6.5230	0.019305	3085.8	3423.6	6.4266	0.016571	3064.7	3396.2	6.3390
600	0.024921	3209.3	3583.1	6.6796	0.021073	3192.5	3561.3	6.5890	0.018185	3175.3	3539.0	6.5075
650	0.026804	3310.1	3712.1	6.8233	0.022742	3295.8	3693.8	6.7366	0.019695	3281.4	3675.3	6.6593
700	0.028621	3409.8	3839.1	6.9573	0.024342	3397.5	3823.5	6.8735	0.021134	3385.1	3807.8	6.7991
800	0.032121	3609.3	4091.1	7.2037	0.027405	3599.7	4079.3	7.1237	0.023870	3590.1	4067.5	7.0531
900	0.035503	3811.2	4343.7	7.4288	0.030348	3803.5	4334.6	7.3511	0.026484	3795.7	4325.4	7.2829
1000	0.038808	4017.1	4599.2	7.6378	0.033215	4010.7	4592.0	7.5616	0.029020	4004.3	4584.7	7.4950
1100	0.042062	4227.7	4858.6	7.8339	0.036029	4222.3	4852.8	7.7588	0.031504	4216.9	4847.0	7.6933
1200	0.045279	4443.1	5122.3	8.0192	0.038806	4438.5	5117.6	7.9449	0.033952	4433.8	5112.9	7.8802
1300	0.048469	4663.3	5390.3	8.1952	0.041556	4659.2	5386.5	8.1215	0.036371	4655.2	5382.7	8.0574
	P = 25.0 MPa				P = 30.0 MPa				P = 35.0 MPa			
375	0.001978	1799.9	1849.4	4.0345	0.001792	1738.1	1791.9	3.9313	0.001701	1702.8	1762.4	3.8724
400	0.006005	2428.5	2578.7	5.1400	0.002798	2068.9	2152.8	4.4758	0.002105	1914.9	1988.6	4.2144
425	0.007886	2607.8	2805.0	5.4708	0.005299	2452.9	2611.8	5.1473	0.003434	2253.3	2373.5	4.7751
450	0.009176	2721.2	2950.6	5.6759	0.006737	2618.9	2821.0	5.4422	0.004957	2497.5	2671.0	5.1946
500	0.011143	2887.3	3165.9	5.9643	0.008691	2824.0	3084.8	5.7956	0.006933	2755.3	2997.9	5.6331
550	0.012736	3020.8	3339.2	6.1816	0.010175	2974.5	3279.7	6.0403	0.008348	2925.8	3218.0	5.9093
600	0.014140	3140.0	3493.5	6.3637	0.011445	3103.4	3446.8	6.2373	0.009523	3065.6	3399.0	6.1229
650	0.015430	3251.9	3637.7	6.5243	0.012590	3221.7	3599.4	6.4074	0.010565	3190.9	3560.7	6.3030
700	0.016643	3359.9	3776.0	6.6702	0.013654	3334.3	3743.9	6.5599	0.011523	3308.3	3711.6	6.4623
800	0.018922	3570.7	4043.8	6.9322	0.015628	3551.2	4020.0	6.8301	0.013278	3531.6	3996.3	6.7409
900	0.021075	3780.2	4307.1	7.1668	0.017473	3764.6	4288.8	7.0695	0.014904	3749.0	4270.6	6.9853
1000	0.023150	3991.5	4570.2	7.3821	0.019240	3978.6	4555.8	7.2880	0.016450	3965.8	4541.5	7.2069
1100	0.025172	4206.1	4835.4	7.5825	0.020954	4195.2	4823.9	7.4906	0.017942	4184.4	4812.4	7.4118
1200	0.027157	4424.6	5103.5	7.7710	0.022630	4415.3	5094.2	7.6807	0.019398	4406.1	5085.0	7.6034
1300	0.029115	4647.2	5375.1	7.9494	0.024279	4639.2	5367.6	7.8602	0.020827	4631.2	5360.2	7.7841
	P = 40.0 MPa				P = 50.0 MPa				P = 60.0 MPa			
375	0.001641	1677.0	1742.6	3.8290	0.001560	1638.6	1716.6	3.7642	0.001503	1609.7	1699.9	3.7149
400	0.001911	1855.0	1931.4	4.1145	0.001731	1787.8	1874.4	4.0029	0.001633	1745.2	1843.2	3.9317
425	0.002538	2097.5	2199.0	4.5044	0.002009	1960.3	2060.7	4.2746	0.001816	1892.9	2001.8	4.1630
450	0.003692	2364.2	2511.8	4.9449	0.002487	2160.3	2284.7	4.5896	0.002086	2055.1	2180.2	4.4140
500	0.005623	2681.6	2906.5	5.4744	0.003890	2528.1	2722.6	5.1762	0.002952	2393.2	2570.3	4.9356
550	0.006985	2875.1	3154.4	5.7857	0.005118	2769.5	3025.4	5.5563	0.003955	2664.6	2901.9	5.3517
600	0.008089	3026.8	3350.4	6.0170	0.006108	2947.1	3252.6	5.8245	0.004833	2866.8	3156.8	5.6527
650	0.009053	3159.5	3521.6	6.2078	0.006957	3095.6	3443.5	6.0373	0.005591	3031.3	3366.8	5.8867
700	0.009930	3282.0	3679.2	6.3740	0.007717	3228.7	3614.6	6.2179	0.006265	3175.4	3551.3	6.0814
800	0.011521	3511.8	3972.6	6.6613	0.009073	3472.2	3925.8	6.5225	0.007456	3432.6	3880.0	6.4033
900	0.012980	3733.3	4252.5	6.9107	0.010296	3702.0	4216.8	6.7819	0.008519	3670.9	4182.1	6.6725
1000	0.014360	3952.9	4527.3	7.1355	0.011441	3927.4	4499.4	7.0131	0.009504	3902.0	4472.2	6.9099
1100	0.015686	4173.7	4801.1	7.3425	0.012534	4152.2	4778.9	7.2244	0.010439	4130.9	4757.3	7.1255
1200	0.016976	4396.9	5075.9	7.5357	0.013590	4378.6	5058.1	7.4207	0.011339	4360.5	5040.8	7.3248
1300	0.018239	4623.3	5352.8	7.7175	0.014620	4607.5	5338.5	7.6048	0.012213	4591.8	5324.5	7.5111

Gambar 6. 7 Siklus rankine sederhana



Gambar 6. 8 Hubungan antara suhu dan entalpi



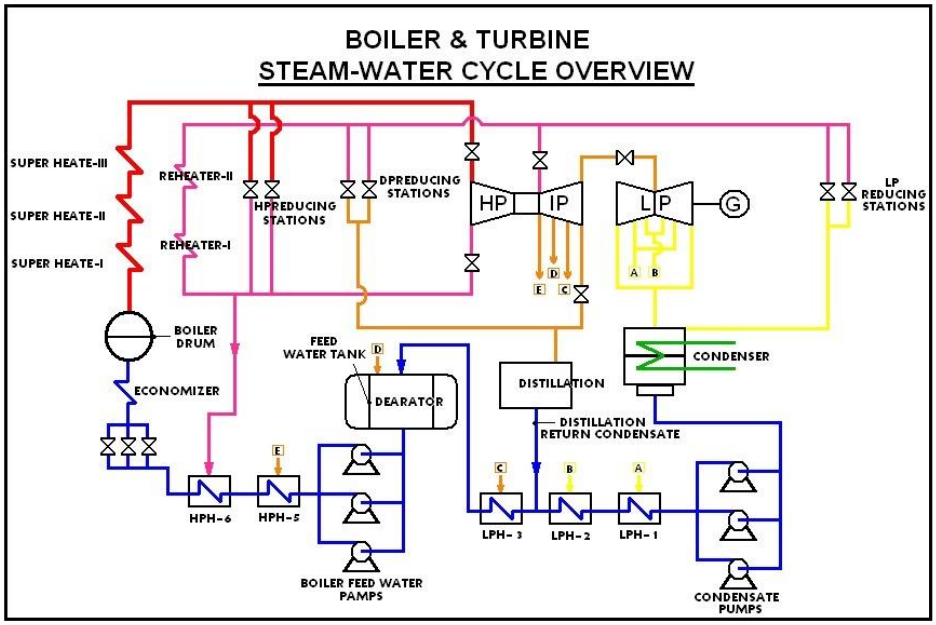
Air menjadi fluida kerja siklus rankine dan mengalami siklus tertutup (*close-loop cycle*) artinya secara konstan air pada akhir proses siklus masuk kembali ke proses awal siklus. Pada siklus rankine, air ini mengalami empat proses sesuai dengan gambar di atas, yaitu:

1. **Proses C-D:** Fluida kerja / air dipompa dari tekanan rendah ke tinggi, dan pada proses ini fluida kerja masih berfase cair sehingga pompa tidak membutuhkan input tenaga yang terlalu besar. Proses ini dinamakan proses kompresi-isentropik karena saat dipompa, secara ideal tidak ada perubahan entropi yang terjadi.
2. **Proses D-F:** Air bertekanan tinggi tersebut masuk ke boiler untuk mengalami proses selanjutnya, yaitu dipanaskan secara isobarik (tekanan konstan). Sumber panas didapatkan dari luar sepertipembakaran batubara, solar, atau juga reaksi nuklir. Di boiler air mengalami perubahan fase dari cair, campuran cair dan uap, serta 100% uap kering.
3. **Proses F-G:** Proses ini terjadi pada turbin uap. Uap air kering dari boiler masuk ke turbin dan mengalami proses ekspansi secara isentropik. Energi yang tersimpan di dalam uap air dikonversi menjadi energi gerak pada turbin.
4. **Proses G-C:** Uap air yang keluar dari turbin uap masuk ke kondensor dan mengalami kondensasi secara isobarik. Uap air diubah fasenya menjadi cair kembali sehingga dapat digunakan kembali pada proses siklus.

Gambaran siklus melalui diagram T-S di atas adalah siklus rankine yang paling dasar dan sederhana. Pada penggunaannya ada beberapa modifikasi proses sehingga didapatkan efisiensi termal total yang lebih tinggi. Seperti penggunaan *preheater* atau pemanasan awal sebelum masuk boiler, dan juga penggunaan pemanasan ulang uap air yang keluar dari turbin pertama (*high pressure turbine*) sehingga dapat digunakan lagi untuk masuk ke turbin kedua (*intermediate pressure turbine*). Untuk lebih mudah memahaminya dapat kita lihat skema prosesnya pada gambar di bawah ini.

Siklus rankine dengan *preheater* dan *reheater*

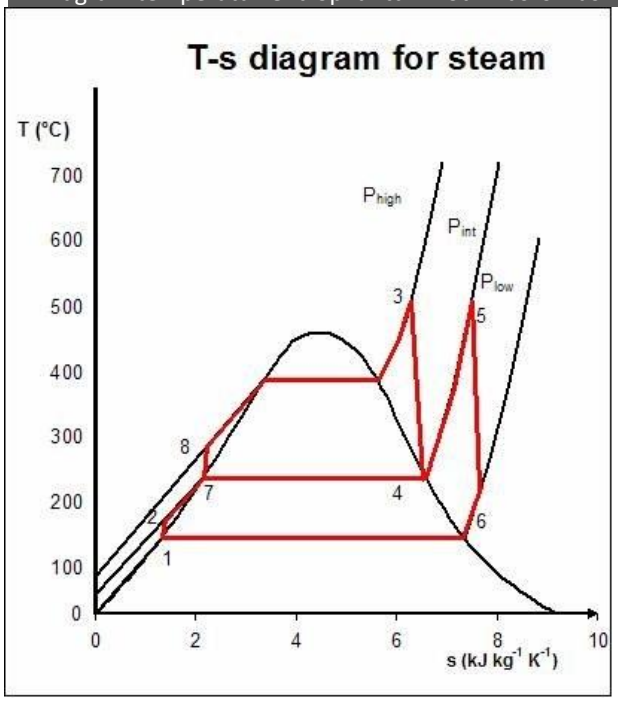
Gambar 6. 9 Siklus rankine dengan *preheater* dan *reheater*



Pada gambaran di atas, air kondensat yang dipompa oleh pompa ekstraksi kondensat dari kondensor menuju ke deaerator/*Feed Water Tank* mengalami proses preheating. Dan air yang dipompa oleh *Feed Water Pump*dari *Feed Water Tank* menuju boiler juga melewati preheater. Sumber panas yang digunakan oleh preheater tersebut berasal dari *extraction steam* yang diambil dari turbin uap pada *stage-stage* tertentu.

Diagram Temperatur-Entropi Untuk Modifikasi Siklus Rankine

Gambar 6. 10 Diagram temperatur-entropi untuk modifikasi siklus rankine



Selain itu perbedaan yang lain dengan siklus rankine konvensional adalah adanya pemanasan kembali uap air yang keluar dari turbin pertama (*High Pressure Turbine*) oleh boiler reheater untuk kembali mendapatkan fase superheater dan hasilnya kembali dimasukkan ke turbin kedua (*Intermediate Pressure Turbine*).

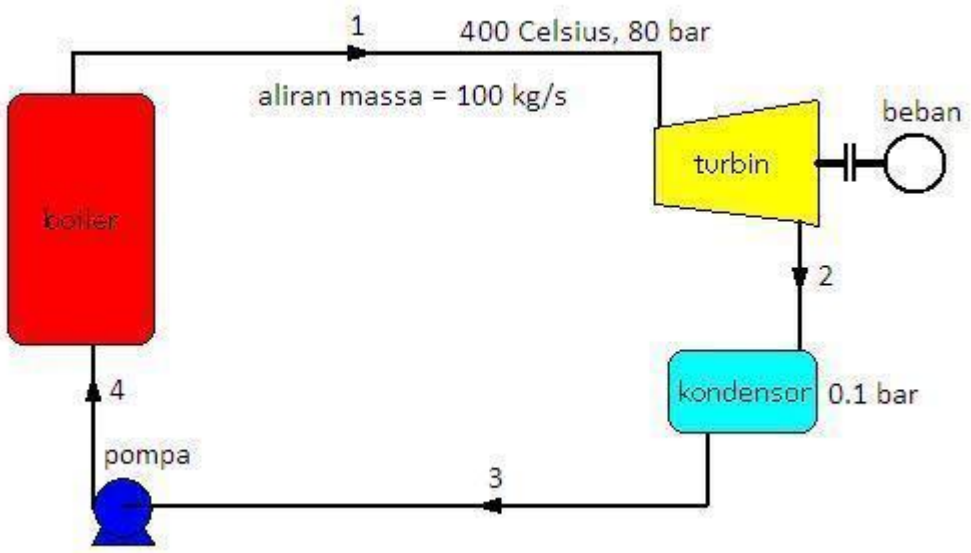
Selain itu juga ada sistem *bypass* uap air untuk tidak dilewatkan ke turbin uap. Uap superheater yang keluar dari boiler tidak masuk ke turbin dan di-*bypass* masuk kembali ke boiler sisi reheater. Dan uap yang keluar dari boiler reheater di-*bypass* untuk masuk langsung ke kondensor. Fungsi dari sistem *bypass* ini adalah sebagai sistem proteksi apabila terjadi suatu masalah di siklus rankine tersebut sehingga dapat terhindar dari kerusakan yang parah. Dan juga digunakan pada saat proses penyalaan awal sistem siklus tersebut dan jua proses mematikannya.

Contoh soal

Sebuah siklus Rankine sederhana ideal bekerja pada temperatur 400 ^oC dan tekanan 80 bar. Tekanan kondensor 0,1 bar. Aliran massa uap yang masuk ke turbin 100 kg/s. Hitunglah kerja turbin, kerja pompa, kalor masuk, kalor keluar dan efisiensi siklus. daya yang dihasilkan turbin dan daya netto siklus.

Jawab

Pertama-tama gambarkan skema siklus Rankine sederhana dan lengkapi dengan data-data yang ada di dalam soal



Gambar 6.7. data dari soal:

Ditanya : kerja turbin (W_t); Kerja pompa (W_p), kalor masuk (Q_{in}), kalor keluar (Q_{out}), efisiensi termodinamika (η_{th}), daya turbin (P_t) dan daya netto siklus (P_{nett}).

Dari tabel sifat-sifat uap panas lanjut di dapat :

Entalpi uap masuk ke turbin : h_1 = 3139,4 kJ/kg

Entropi uap masuk ke turbin : s_1 = 6,3658 kJ/kg.K

Entropi uap keluar turbin sama dengan entropi uap masul turbin (proses ideal atau isentropis) sehingga $s_1 = s_2 = 6,3658$ kJ/kg.K

Dari tabel uap jenuh, pada tekanan 0,1 bar (10 kPa) didapat :

Entalpi fase uap (h_{g2}) = 2583,9 kJ/kg

Entalpi fase cair (h_{f2}) = 191,81 kJ/kg

Entalpi perubahan fase (h_{fg2}) = 2392,1 kj/kg

Entropi fase uap (s_{g1}) = 8,1488 kJ/kg.K

Entropi fase cair (s_{f2}) = 0,6492 kJ/kg.K

Entropi perubahan fase (s_{fg2}) = 7,4996 kJ/kg.K

Fraksi (kadar) uap (X) dapat dihitung :

$$X = \frac{s_2 - s_{f2}}{s_{fg2}} = \frac{6,3658 - 0,6492}{7,4996} = 0.7622\ atau\ 76.22\ \%\ uap$$

Artinya kadar uap yang keluar dari turbin menuju kondensor adalah 76,22 % atau fluida yang keluar dari turbin 76,22 % uap dan 23.78 % cair. Bagian yang cair ini tidak perlu lagi diembunkan, tetapi 76,22 % uap ini yang harus dibuang kalornya supaya fasenya berubah menjadi cair. Maka energi total yang terkandung di dalam 76,22% uap dapat dihitung :

$$X = \frac{h_2 - h_{f2}}{h_{fg}}$$

$$0,7622 = \frac{h_2 - 191,81}{2392,1}$$

$$h_2 = (0,7622\ x\ 2392,1) + 191,81 = 2015,07\ kJ/kg$$

Maka kerja turbin dapat dihitung yaitu :

$$W_T = h_1 - h_2 = 3139{,}4 - 2015{,}07 = 1124{,}33\ kj/kg$$

Daya turbin adalah :

$$P_T = W_T \,.\, \dot{m} = 1124{,}33 \frac{kJ}{kg}\ x\ 100 \frac{kg}{s} = 112433 \frac{kJ}{s}\ atau\ 112344\ kW \approx 112{,}344\ MW$$

Kalor yang dibuang oleh kondensor :

$$q_{out} = h_2 - h_3$$

h_2 adalah entalpi uap yang masuk ke kondensor = 2015,07 kJ/kg

h_3 adalah entalpi air yang keluar dari kondensor = 191,81 kJ/kg

maka kalor yang dibuang oleh kondensor adalah :

$$q_{out} = 2015{,}07 - 191{,}81 = 1823{,}26 \frac{kJ}{kg}$$

Daya kondensor yang dibutuhkan untuk membuang kalor tersebut adalah :

$$P_K = 1823{,}26\ x\ 100 = 182.326\ kW \approx 182{,}326\ MW$$

Kerja pompa dapat dihitung dengan rumus :

$$W_P = v\,(p_4 - p_3) = h_4 - h_3$$

v = volume jenis air pada tekanan 0,1 bar = 0,00101 m^3/kg

p_4 = tekanan air keluar pompa = tekanan boiler (proses ideal tidak ada rugi-rugi tekanan) maka $p_4 = p_1$ = 400 bar = 40 Mpa.

p_3 = tekanan air masuk pompa = tekanan air keluar kondensor, untuk proses ideal tidak ada rugi-rugi tekanan sehingga p_3 = 0,1 bar = 10 kPa

maka kerja pompa :

$$W_P = 0{,}00101\ x\ (\ 40.000 - 10) = 40{,}3899\ \frac{kJ}{kg}$$

Bila aliran massa air yang dipompa 100 kg/s maka daya yang diperlukan oleh pompa adalah:

$$P_P = W_P\ .\dot{m}$$

$$P_P = 40{,}3899\frac{kJ}{kg}\ x\ 100\ \frac{kg}{s} = 4038{,}99\ kW$$

Daya netto siklus :

$$P_{nett} = P_T - P_P = 112344 - 4038{,}99 = 108305{,}01\ kW\ \approx 108{,}305\ MW$$

Kalor yang masuk ke sistem (q_{in}) dapat dihitung :

$$q_{in} = h_1 - h_4$$

h_1 = entalpi uap panas lanjut keluar dari boiler = 3139,4 kJ/kg

h_4 = entalpi air keluar pompa yang besarnya = entalpi air masuk pompa + kerja pompa, maka h_4= 191,81 + 40,3899 = 232,1999 kJ/kg

maka kalor yang masuk ke sistem adalah :

$$q_{in} = 3139{,}4 - 232{,}1999 = 2900{,}2 \frac{kJ}{kg}$$

Daya yang dihasilkan Boiler : P_B = 2900,2 kJ/kg x 100 kg/s = 290.020 kW = 290,02 MW.

Efisiensi termodinamika siklus adalah :

$$\eta_{th} = \frac{W_T - W_P}{q_{in}}$$

$$\eta_{th} = \frac{1124{,}33 - 40{,}3899}{2900{,}2}$$

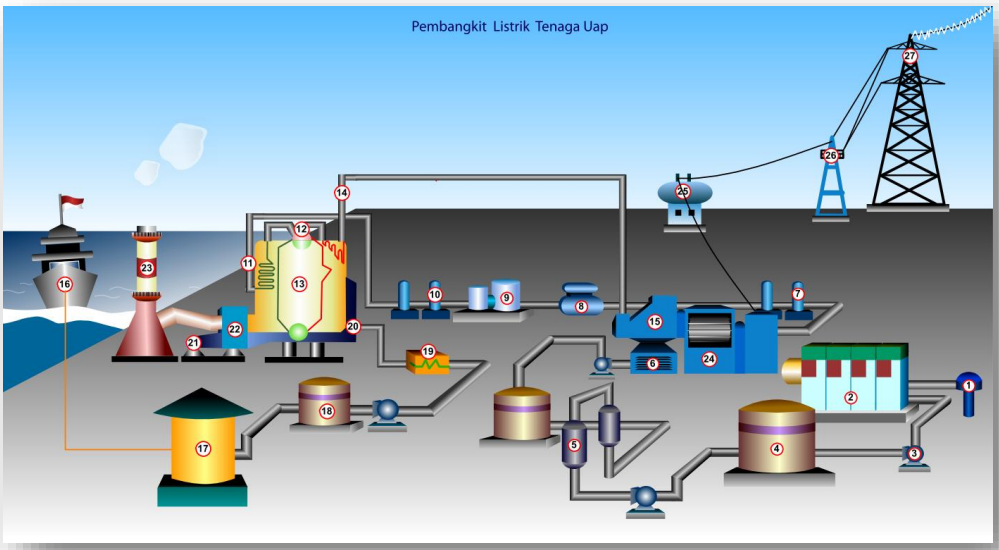
$$\eta_{th} = 0.3737 \approx 37{,}37\ \%$$

Dari hasil perhitungan dapat dilihat hanya 37,37 % dari daya yang diberikan ke dalam boiler yang dapat diubah menjadi energi mekanis, sisanya hilang atau dibuang ke alam melalui kondensor dan ada sebagian kecil yang digunakan untuk mengerakan pompa

Konstruksi PLTU

Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak bakar serta MFO (Marine Fuel Oil) untuk start up awal.

Gambar 6. 11 Konstruksi PLTU



Komponen PLTU

1. Circulating water pump, berfungsi untuk memompa air
2. Desalination evaporator
3. Destilate pump
4. Make up water tank
5. Denim water tank
6. Condenser
7. Low pressure heater
8. Deaerator, untuk mendapatkan tambahan air akibar kebocoran dan juga mengolah air agar memenuhi mutu air ketel (Boiler) berkandungan NaCl , Cl, 02 dan pH.
9. Boiler feed pump
10. High pressure heater
11. Economizer
12. Steam drum
13. Boiler
14. Super heater

15. Steam turbine
16. Barge (kapal), alat angkut bahan bakar minyak (BBM)
17. Pumping house
18. Fuel Oil Tank
19. Fuel Oil Heater
20. Burner
21. Forced Draught fan, menghasilkan udara untuk pembakaran
22. Air heater, berfungsi sebagai pemanas udara
23. Smoke stack, berfungsi membuang sisa gas panas
24. Generator, menghasilkan energi listrik
25. Main transformer, untuk transfer energi listrik antar dua sirkuit dengan induksi elektromagnetik.
26. Switch yard
27. Transmission line, penyalur energi listrik ke konsumen

Komponen Utama PLTU

1. Boiler

   Boiler berfungsi untuk mengubah air (feed water) menjadi uap panas lanjut (super heated steam) yang akan digunakan untuk memutar turbin.

2. Turbin uap

   Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.

3. Kondensor

   Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin).

4. Generator

   Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.

Komponen Penunjang PLTU

a. *Desalination plant* (unit desal)

Peralatan ini berfungsi untuk mengubah air laut (*brine*) menjadi air tawar (*fresh water*) dengan metode penyulingan (kombinasi evaporasi dan kondensasi). Hal ini dikarenakan sifat air laut yang korosif, sehingga jika air laut tersebut dibiarkan langsung masuk ke dalam unit utama, maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan PLTU.

b. *Reverse Osmosis* (RO)

Mempunyai fungsi yang sama seperti *desalination plant* namun metode yang digunakan berbeda. Pada peralatan ini digunakan membran *semipermeable* yang dapat menyaring garam-garam yang terkandung pada air laut, sehingga dapat dihasilkan air tawar seperti pada *desalination plant*.

c. *Demineralizer plant* (unit demin)

Berfungsi untuk menghilangkan kadar mineral (ion) yang terkadung dalam air tawar. Air sebagai fluida kerja PLTU harus bebas dari mineral, karena jika air masih mengandung mineral berarti konduktivitasnya masih tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya GGL induksi pada saat air tersebut melewati jalur perpipaan di dalam PLTU. Hal ini dapat menimbulkan korosi pada peralatan PLTU.

d. *Hidrogen plant* (unit hidrogen)

Pada PLTU digunakan hydrogen (H2) sebagai pendingin generator.

e. *Chlorination plant* (unit chlorin)

Berfungsi untuk menghasilkan senyawa natrium hipoclorit (NaOCl) yang digunakan untuk memabukkan/melemahkan/mematikan sementara mikroorganisme laut pada area *water intake*. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya pengerakkan (*scaling*) pada pipa-pipa kondensor maupun unit desal akibat perkembangbiakan mikro organisme laut tersebut.

f. *Auxiliary boiler* (boiler bantu)

Pada umumnyamerupakan boiler berbahan bakar minyak (*fuel oil*), yang berfungsi untuk menghasilkan uap (*steam*) yang digunakan pada saat boiler utama start up maupun sebagai uap bantu (*auxiliary steam*).

g. *Coal handling* (unit pelayanan batubara)

Merupakan unit yang melayani pengolahan batubara yaitu dari proses bongkar muat kapal (*ship unloading*) di dermaga, penyaluran ke *coalyard* sampai penyaluran ke *coal bunker*.

h. *Ash handling* (unit pelayanan abu)

Merupakan unit yang melayani pengolahan abu, baik abu jatuh (*bottom ash*) maupun abu terbang (*fly ash*) dari *electrostatic precipitator hopper* dan SDCC (*submerged drag chain conveyor*) pada unit utama sampai ke tempat penampungan abu (*ash valley*/*ash yard*).

Tiap-tiap komponen utama dan peralatan penunjang dilengkapi dengan sistem-sistem dan alat bantu yang mendukung kerja komponen tersebut. Gangguan atau *malfunction* dari salah satu bagian komponen utama akan dapat menyebabkan terganggunya seluruh sistem PLTU.

Keunggulan PLTU

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lainnya:

1. Dapat dioperasikan menggunakan berbagai jenis bahan bakar (padat, cair dan gas).

2. Dapat dibangun dengan kapasitas yang bervariasi.

3. Dapat dioperasikan dengan berbagai mode pembebanan.

4. Kontinuitas operasinya tinggi.

5. Usia pakai (*life time*) relatif lama.

Kerugian PLTU

1. Sangat tergantung pada tersedianya pasokan bahan bakar.

2. Tidak dapat dioperasikan (*start*) tanpa pasokan listrik dari luar.

3. Memerlukan tersedianya air pendingin yang sangat banyak dan kontinyu.

4. Investasi awalnya mahal.

5. Menghasilkan polusi udara yaitu gas sisa hasil pembakaran bahan bakar (gas CO2 , NOX , SOX dan debu batu bara).

D. Aktifitas Pembelajaran

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-06**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran.

E. Rangkuman

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) bekerja berdasarkan siklus rankine.

Siklus Rankine adalah siklus daya uap yang digunakan untuk menghitung atau memodelkan proses kerja mesin uap / turbin uap. Siklus rankine mengkonversi energi panas menjadi kerja/energi gerak. Saat ini, siklus rankine digunakan pada pembangkit-pembangkit listrik dan memproduksi 90% listrik dunia.

Komponen Utama PLTU:

1. Boiler

   Boiler berfungsi untuk mengubah air (feed water) menjadi uap panas lanjut (super heated steam) yang akan digunakan untuk memutar turbin.

2. Turbin uap

   Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.

3. Kondensor

   Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin).

4. Generator

   Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.

F. Tes Formatif

1. Sebutkan tahap proses ekspansi di dalam turbin uap....
2. Jelaskan proses air yang bertekanan tinggi dipanaskan hingga menjadi uap panas lanjut dalam turbin uap....
3. Sebutkan 3 komponen Penunjang PLTU....

G. Kunci Jawaban

1. Proses ekspansi di dalam turbin uap berlangsung melalui beberapa tahap yaitu :

   a. Proses ekspansi awal di dalam turbin tekanan tinggi (roda Curtis)

      Uap panas lanjut yang bertekanan tinggi diekspansikan di nosel dan kemudian digunakan untuk memutar roda Curtis. Roda Curtis adalah turbin uap jenis turbin implus. Pada roda Curtis terjadi penurunan tekanan yang signifikan.

   b. Proses ekspansi pada turbin tingkat menengah.

      Turbin tingkat menengah menggunakan turbin jenis reaksi dan tersusun atas beberapa tingkat turbin.

   c. Proses ekspansi tingkat akhir.

      Pada tingkat akhir ini uap terus diekspansikan hingga tekanan sangat rendah (biasanya dibawah tekanan atmosfir) dengan bantuan kondensor.

2. Di dalam boiler, air yang bertekanan tinggi dipanaskan hingga menjadi uap panas lanjut, prosesnya adalah sebagai berikut:

   a. Ekonomiser, air pertama-tama masuk ke ekonomiser. Ekonomier berfungsi sebagai pemanas awal. Sesuai namanya alat ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi boiler dengan cara menggunakan panas sisa gas buang untuk memanaskan awal air yang masuk ke boiler.
   b. Evaporator, dari ekonomiser, air masuk ke drum penampung air di evaporator. Di dalam evaporator air dipanaskan melalui pipa-pipa evaporasi hingga berubah menjadi uap. Uap air yang keluar dari evaporator adalah uap jenuh.
   c. Superheater, selanjutnya uap jenuh dari evaporator masuk ke superheater. Superheater adalah alat penukar kalor yang dirancang khusus untuk memanaskan uap jenuh menjadi uap panas lanjut dengan menggunakan gas panas hasil pembakaran. Uap panas lanjut yang keluar dari superheater siap digunakan untuk memutar turbin uap.

3. Komponen Penunjang PLTU

a. *Desalination plant* (unit desal)

Peralatan ini berfungsi untuk mengubah air laut (*brine*) menjadi air tawar (*fresh water*) dengan metode penyulingan (kombinasi evaporasi dan kondensasi). Hal ini dikarenakan sifat air laut yang korosif, sehingga jika air laut tersebut dibiarkan langsung masuk ke dalam unit utama, maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan PLTU.

b. *Reverse Osmosis* (RO)

Mempunyai fungsi yang sama seperti *desalination plant* namun metode yang digunakan berbeda. Pada peralatan ini digunakan membran *semipermeable* yang dapat menyaring garam-garam yang terkandung pada air laut, sehingga dapat dihasilkan air tawar seperti pada *desalination plant*.

c. *Demineralizer plant* (unit demin)

Berfungsi untuk menghilangkan kadar mineral (ion) yang terkadung dalam air tawar. Air sebagai fluida kerja PLTU harus bebas dari mineral, karena jika air masih mengandung mineral berarti konduktivitasnya masih tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya GGL induksi pada saat air tersebut melewati jalur perpipaan di dalam PLTU. Hal ini dapat menimbulkan korosi pada peralatan PLTU.

LEMBAR KERJA KB-6

LK - 06

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran konversi energi dan konservasi energi? Sebutkan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Kegiatan Pembelajaran 7 PLT POME Kelapa Sawit

A. Tujuan

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diklat dapat mengerti dan memahami PLT POME kelapa sawit.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diklat mampu:

1. Menganalisis proses PLT Biogas berbasis POME.
2. Menganalisis pengujian bahan baku dan hasil proses PLT Biogas.
3. Menentukan peralatan/komponen PLT Biogas berbasis POME berdasarkan kinerja PLT Biogas.
4. Mendesain SOP pengoperasian dan pemeliharaan PLT Biogas berbasis POME

C. Uraian Materi

1. POME

Indonesia berada pada posisi terdepan industri kelapa sawit dunia. Panen rata-rata tahunan minyak sawit mentah Indonesia meningkat sebesar tiga persen pada 10 tahun terakhir, sedangkan wilayah yang ditanami kelapa sawit meningkat selama sembilan tahun terakhir. Indonesia juga mengharapkan peningkatan produksi minyak sawit mentah dari 28,5 juta metrik ton pada tahun 2014.

Dampak lain perkembangan pesat produksi minyak sawit mentah adalah limbah cair kelapa sawit, yang sering disebut sebagai *palm oil mill effluent* atau POME.

POME adalah limbah cair yang berminyak dan tidak beracun, hasil pengolahan minyak sawit. Meski tak beracun, limbah cair tersebut dapat menyebabkan

bencana lingkungan karena dibuang di kolam terbuka dan melepaskan sejumlah besar gas metana dan gas berbahaya lainnya yang menyebabkan emisi gas rumah kaca.

Proses pengolahan minyak sawit menghasilkan sejumlah besar limbah cair (55-67 persen), yang dapat mencemari air karena mengandung 20.000 - 30.000 mg/l Biological Oxygen Demand (BOD). Peningkatan kandungan BOD mengurangi kadar oksigen dalam air, sehingga berbahaya bagi ekosistem perairan – bahkan dapat menghilangkan keanekaragaman hayati di dalamnya.

BOD adalah standard pengukuran jumlah potensi oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengurai zat organik dalam air buangan.
Pemrosesan POME mengurangi sejumlah besar kandungan BOD dan mengurangi dampak negatif dari limbah pabrik kelapa sawit terhadap ekosistem perairan.

Proses pengolahan dapat mengurangi kandungan BOD hingga sebesar 500-1.000 mg/l, meskipun kandungan tersebut masih 5-10 kali lebih besar dari kandungan BOD yang tercantum dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Limbah Cair Industri No. 51/MENLH/10/1995.
Listrik dari Limbah Cair Kelapa Sawit.

Tingginya kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) sejumlah 50.000-70.000 mg/l dalam limbah cair kelapa sawit memberikan potensi untuk konversi listrik dengan menangkap gas metana yang dihasilkan melalui serangkaian tahapan proses pemurnian. Sumber energi terbarukan tersebut dapat menghasilkan listrik bagi desa-desa di sekitar perkebunan sawit yang saat ini banyak bergantung pada generator diesel yang mahal, serta mengurangi emisi gas-gas rumah kaca dengan mengubah limbah bermasalah menjadi energi.

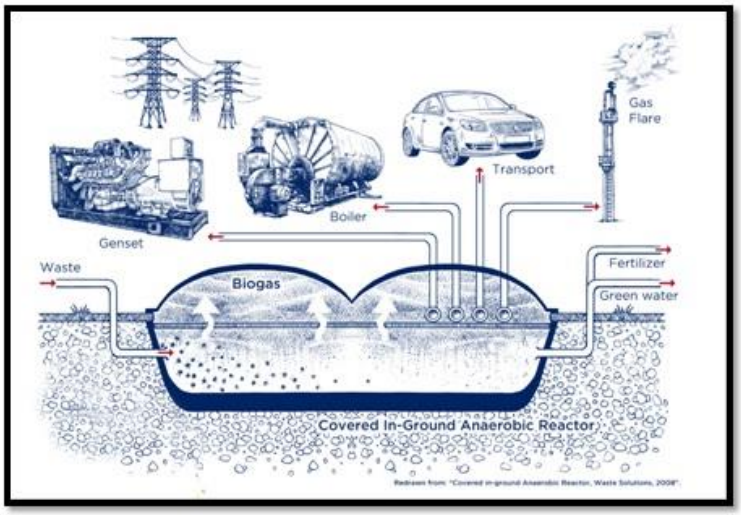
Indonesia memiliki lebih dari 600 pabrik kelapa sawit yang berpotensi menghasilkan sampai dengan 1.000 MW listrik jika semua pabrik tersebut memanfaatkan gas metana yang dikeluarkan dan mengolahnya menjadi listrik.
Pada saat ini ada beberapa pabrik kelapa sawit yang telah berinvestasi untuk listrik dari POME namun hanya ada satu pabrik yang mempunyai kontrak komersial dengan Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Tak banyak pabrik minyak sawit yang berinvestasi untuk listrik dari POME karena kurang memahami proses penjualan listrik yang dapat dihasilkan, dibandingkan dengan keuntungan yang cepat diperoleh dari perkebunan dan pengolahan sawit. Selain itu, pabrik dan pihak perbankan belum memahami teknologi dan peluang usaha POME.

Tabel 7. 1 Potensi listrik dari limbah cair kelapa sawit berdasarkan kapasitas pabrik

Parameter	30 tons/ hari	45 tons/ hari	60 tons/ hari
Desain aliran POME	15 m3/ hari	23 m3/ hari	30 m3/ hari
Efisiensi penghilangan COD	905	90%	90%
Produksi biogas	380 - 450 m3/hari	565-670 m3/hari	755-895 m3/hari
Tangkapan gas metana	55-65%	55-65%	55-65%
Produksi energi	7,400- 8,750 MJ/hari	11,110- 13,130 MJ/hari	14,810- 17,510 MJ/hari
Potensi kapasitas	+750 kWc	+1 MWc	+2 MWc

Gambar 7. 1 Proses pengolahan limbah cair kelapa sawit memproduksi gas metana untuk konversi menjadi listrik dan produk lainnya



Gambar 7. 2 Biogas dari POME

Potensi POME

Beberapa wilayah propinsi di Indonesia memiliki Industri perkebunan kelapa sawit yang sangat luas dan memiliki potensi yang cukup besar dalam mendukung

kemandirian energi nasional, karena limbah kelapa sawit memiliki kandungan kalori yang cukup tinggi.

Setiap 1 ton tandan buah segar (TBS) akan menghasilkan limbah padat berupa serabut (*fibre*) 120 kg, (13%/ton) dengan kalori sekitar 2637 - 4554 kkal/kg, cangkang (*shell*) 60 kg (6,5%/thn) dengan kalori 4105 - 4802 kkal/kg, tandan buah kosong (TBK) (*empty fruit bunch*) 230 kg (23%/ton) dengan kalori 4492 kkal/kg, sedangkan limbah cair (POME) sekitar 600 - 700 kg (60%).

Limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS yang berada dalam kolam berdampak negatif bagi lingkungan karena meluap saat musim penghujan, meresap ke tanah, mencemari sungai, serta mencemari udara karena memiliki bau yang menyengat karena mengandung gas metana. Limbah cair yang dikelola dengan fermentasi secara terbuka di kolam/*pond anaerob* maupun aerob, proses anaerob di kolam limbah, berdampak negatif terhadap timbul gas metana yang tidak dimanfaatkan dilepas ke udara luar dapat menyebabkan emisi gas CH_4 secara langsung ke atmosfir.

Gas methana termasuk gas rumah kaca yang menyumbang efek pemanasan global sekaligus juga memiliki tingkat emisi yang tinggi. UNFCCC (*The United Nations Framework Convention on Climate Change*) badan PBB yang menangani perubahan iklim, mencatat gas methana memiliki tingkat emisi 24 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan gas karbon (CO_2).

Secara alami gas metana dihasilkan pada kolam-kolam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS). Limbah cair yang ditampung di dalam kolam-kolam terbuka akan melepaskan gas metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Kedua gas ini merupakan emisi gas penyebab efek rumah kaca yang berbahaya bagi lingkungan. Selama ini, kedua gas tersebut dibiarkan saja menguap ke udara.

Berdasarkan penelitian, limbah cair kelapa sawit termasuk sumber energi alternatif (biogas) yang besar konversinya yaitu sebesar 20 m^3 biogas/m^3 limbah cair (Asian Palm Oil, 2007). Konversi listrik sekitar 6 kWh/m^3 biogas (Green Indonesia, 2008).

Salah satu potensi sumber energi terbarukan cukup besar yang belum dimanfaatkan secara masal, maksimal dan komersial, energi limbah kelapa sawit baik cair maupun padat, yaitu energi biomassa.

Limbah kelapa sawit merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi listrik alternatif. Pembangunan PLTU Biomassa dapat meningkatkan ketahanan energi dan kemandirian energi sekaligus mampu mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) karena POME adalah bagian dari energi terbarukan atau energi bersih (green energy) sehingga melalui peningkatan pembangunan PLTG Biomassa akan mempercepat pembangunan energi berkelanjutan.

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2010 tentang penugasan kepada PT Perusahaan Listrik Negara untuk melakukan percepatan pembangunan listrik menggunakan energi terbarukan batu bara dan gas, serta Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor: 2682 K/21/MEM/2008, menjelaskan tersedianya kebutuhan energi listrik yang aman lingkungan.

Hal ini juga sejalan dengan kesepakatan negara-negara maju pada protokol kyoto, khususnya dalam proyek pengembangan CDM (clean development mechanism). Pemerintah menargetkan 60% pabrik kelapa sawit (PKS) Indonesia harus memiliki fasilitas methane capture pada tahun 2020, sehingga diperlukan strategi yang tepat untuk mempercepat implementasi pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit menjadi energi listrik.

Salah satu upaya dalam mendorong hal tersebut, maka pemerintah mengeluarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 31 Tahun 2009 yang kemudian diperbaharui Nomor 04 Tahun 2012 tentang harga pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero) dari pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik.

Indonesia sebagai salah satu produsen sawit terbesar di dunia sudah selayaknya mengupayakan teknologi yang dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah-limbah dari hasil proses produksi argoindustri perkebunanan dan pertanian, jika mempertimbangkan dampak positifnya untuk daya dukung lingkungan dan menurunkan beban pencemaran, pembangunan berkelanjutan, tetapi juga potensi untuk menghasilkan sumber energi terbarukan baik panas, listrik, maupun bahan bakar.

Sebagai contoh Malaysia bekerjasama dengan COGEN mengembangkan teknologi generator listrik sebagai bahan bakar biogas CH4 dilaksanakan oleh TSH Bio Energy Sdr. Bhn di Sabah Malaysia, dengan kapasitas 14 MW. Prestasi Indonesia saat ini masih kalah jika dibandingkan dengan Malaysia yang lebih memiliki komitmen dalam kemajuan teknologi konversi limbah menjadi energi dan material bernilai tambah tinggi.

2. Smart Grid

Sistem bangkitan dengan *smart grid* mampu memperbaiki drop tegangan, *power factor controller*, mengurangi *losess* daya listrik, peningkatan rasio kelistrikan serta perbaikan *power quality* dengan pemanfaatan jaringan distribusi *exsiting*.

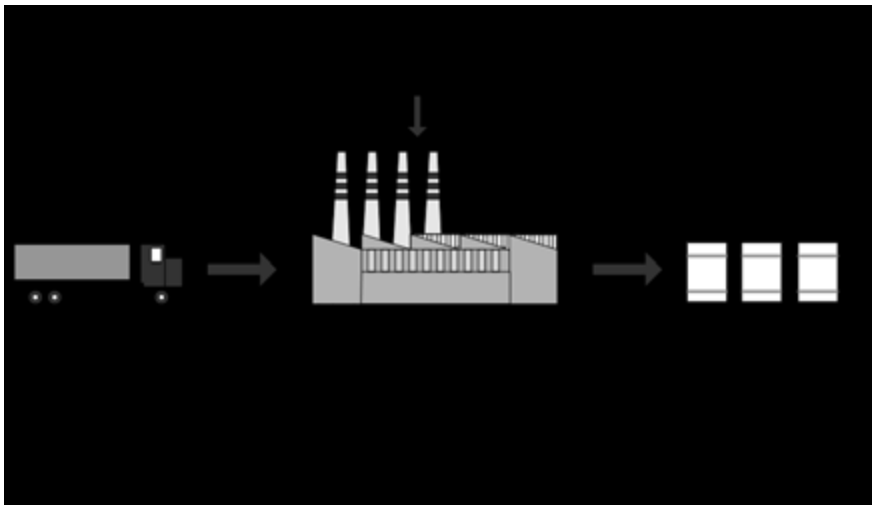
Pembangunan pembangkit listrik PLT Biomass dan Biogas limbah cair (PLTG) tersebar (distribution generation), terinterkoneksi pada SUTM 20 kV dapat memperbaiki voltage stability indeks (VSI), pada sisi lain mengurangi rugi-rugi

daya di sepanjang saluran transmisi, gardu induk dan saluran distribusi. Apabila terjadinya gangguan di sepanjang saluran transmisi, distribusi akibat fluktuasi perubahan beban dinamik yang berpengaruh terhadap ketidakstabilan tegangan (voltage instability) dapat diminimalkan, dan peningkatan kualitas daya listrik (power quality) menjadi lebih baik, sekaligus pengurangan efek gas rumah kaca serta pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah di sekitar area pabrik kelapa sawit.

Pembangkit Tenaga Listrik Biogas Gas (PLTBG)

Proses pengolahan tandan buah segar/TBS (fresh fruit bunches) menjadi crude palm oil (CPO) dan seluruh aktivitas produksi pabrik kelapa sawit (PKS) menghasilkan biomassa, berupa limbah padat maupun cair (palm oil mill effluent /POME), dalam volume sangat besar.

Gambar 7. 3 Kesetaraan Biomassa dan Energi dalam Proses Pengolahan Sawit di Pabrik Kelapa Sawit



Pemanfaatan limbah padat dan cair dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Komponen terbesar yang terkandung dalam biogas adalah CH4 (55 % – 70 %) dan CO2 (30 % – 45 %) serta sejumlah kecil, nitrogen dan hidrogen sulfida (Deublein dan Steinhauster, 2008). Apabila kandungan gas metan dalam biogas lebih dari

50 %, biogas tersebut layak digunakan sebagai bahan bakar, bersifat mudah meledak dan terbakar.

Gas metana memiliki nilai kalor 50,1 MJ/kg. Jika densitas methana 0,717 kg/m3, gas 1 m3 methana akan memiliki energi setara dengan 35,9 MJ atau sekitar 10 kWh. Jika kandungan gas methana adalah 62% dalam biogas, biogas 1 m3 akan memiliki tingkat energi sebesar 6,2 kWh, dengan asumsi efisiensi konversi biogas menjadi listrik 33 %. Kandungan yang terdapat dalam biogas dapat mempengaruhi sifat dan kualitas biogas sebagai bahan bakar, seperti di tunjukan tabel 7.2 Komposisi Biogas.

Kandungan CO2 dalam biogas sebesar 25 % – 50 % dapat mengurangi nilai kalor bakar dari biogas tersebut. Sedangkan, kandungan H2S dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan perpipaan dan nitrogen dalam biogas juga dapat mengurangi nilai kalor bakar biogas tersebut. (Deublein dan Steinhauster, 2008).

Pada lower explosion limit (LEL) 5,4 vol % metana dan upper explosion limit (UEL) 13,9 vol %. Di bawah 5,4 % tidak cukup metana sedangkan di atas 14 % terlalu sedikit oksigen untuk menyebabkan ledakan. Temperatur yang dapat menyebabkan ledakan sekitar 650–750 oC, percikan api dan korek api cukup panas untuk menyebabkan ledakan (Iqbal, 2008).

Tabel 7. 2 Komposisi biogas POME

No.	Komposisi Biogas	Jumlah
1	Metana (CH4)	55 - 70 %
2	Karbon dioksida (CO2)	30-45 %
3	Nitrogen (N2)	0 - 0,3 %
4	Hidrogen Sulfida (H2S)	1 - 5 %

(Sumber : Deublein dan Steinhauster, 2008)

Teknologi pengolahan limbah cair (palm oil mill effluent/POME) yang telah banyak digunakan untuk mengambil biogas dari POME seperti bio reaktor dan covered lagoon atau sistem capped anaerobic pond, dengan menutup kolam limbah konvensional dengan bahan reinforced polypropylene sehingga berfungsi sebagai anaerobic digester/proses degradasi material organik ini tanpa oksigen).

Kolam anaerobik menggunakan HDPE (high density polythlene) membran mampu menahan gas metana hasil perombakan kolam secara anaerobik serta memiliki fleksibilitas tinggi dan pengaturan suhu sehingga membantu bakteri tumbuh.

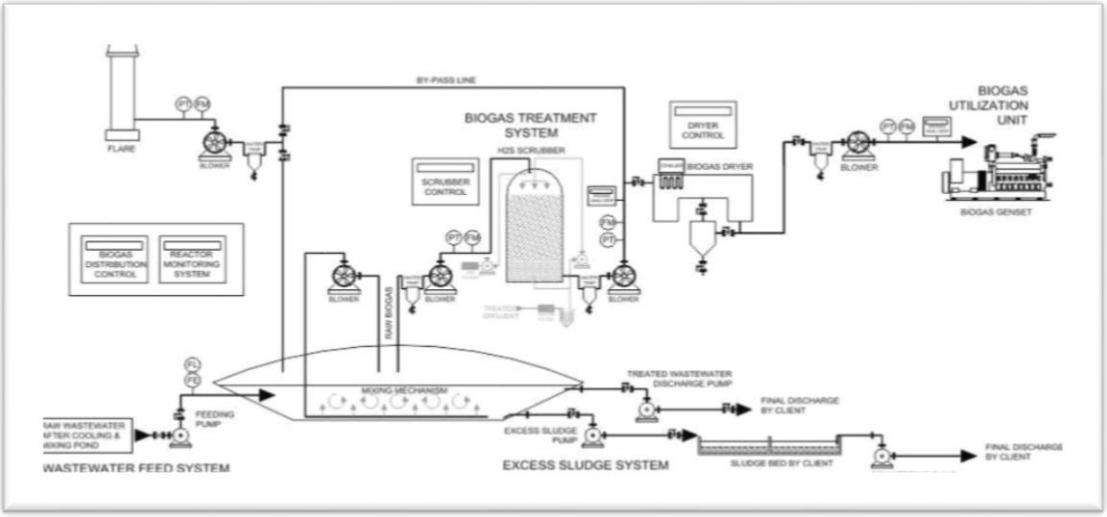
Proses pembentukan gas metan dengan bantuan bakteri seperti Methanococus, Methanosarcina, dan Methano bacterium. Pertama, kelompok mikroba hidrolitik akan memecah mecah bahan organik menjadi senyawa yang lebih kecil. Bahan organik kompleks umumnya adalah polimer, hasil pecahannya adalah monomer-monomer. Hasil pemecahan bahan organik kompleks tersebut antara lain: glukosa, asam amino, dan asam lemak. Kedua, kelompok mikroba fermentasi asam. Kelompok mikroba ini akan merombak monomer-monomer organik: menjadi asam, yaitu senyawa asam-asam organik, alkohol, dan keton.

Tahap berikutnya kelompok mikroba acetogenik akan merombaknya menjadi asam asetat, C02, dan H2. Selanjutnya kelompok mikroba menghasil metan (metanogenik) akan mengubah asam-asam tersebut menjadi gas metan. Selanjutnya gas metana tersebut akan dibakar di suatu flaring unit (biogas genset).

Hasil pembakaran gas metana akan melepaskan karbondioksida yang dapat terurai di atmosfir. Setelah dibangkitkan gas metana (CH4) sisa proses fermentasinya, atau lumpur (slurry) adalah bahan pupuk dan penyubur tanaman

dan tanah pertanian. Temperatur yang optimal untuk digester adalah temperatur 30 oC – 35 oC, kisaran temperatur ini mengkombinasikan kondisi terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan produksi metana di dalam digester dengan lama proses yang pendek.

Gambar 7. 4 Konversi biogas ke energi listrik



3. Konversi biogas ke energi listrik

Potensi biogas yang dihasilkan dari 1 ton POME sebesar 27.22 m^3 dan di dalamnya 60% -nya merupakan gas metana, Tabel 7.3 menjelaskan Konversi Biogas ke Listrik.

Tabel 7. 3 Dasar Asumsi Konversi Biogas kelistrik

No.	Description	Value
1	Electricity Output (kW/m^3 of CH_4)	3,30
2	Biogas Generated (m^3/Tonne POME)	27,22
3	CH_4 Generated (m^3/ m^3 Biogas)	0,60
4	CH_4 Generated (m^3/Tonne POME)	16,33

5	Potential electricity output (kW/ Tonne of POME)	53,89

Berdasarkan rasio perhitungan di atas didapatkan 1 ton POME dapat menghasilkan listrik sebesar 53,89 kW. Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter input yang menghitung besarnya POME yang dihasilkan per hari oleh PKS berdasarkan kapasitas pabrik serta jam kerja untuk memperoleh berapa listrik yang mampu dihasilkan dalam 1 jam. Tabel 7.3 menjelaskan estimasi POME dihasilkan.

Tabel 7. 4 Estimasi POME Dihasilkan

No.	**Input Parameter**	**Tonne per Hour**	**Tonne per Day**
1	FFB processed	90	1800
2	POME quantity (m^3)	58.5	1170
3	Biogas Generated	m^3 / Hour	m^3 / day
4	Biogas Yield	1592.37	31847.4
5	CH_4 generated	955.42	19108.4
6	Electricity Generated	kW / Hour	kW /Day
7	Potential electricity output	3152.89	63057.85

Tabel 7.3. menunjukkan potensi listrik yang dihitung berdasarkan kapasitas produksi PKS dalam satu hari kerja. Dengan asumsi jam kerja efektif per hari 20 jam, didapat potensi listrik yang dihasilkan oleh limbah cair sebesar 3,15 MW/ jam.

Potensi listrik tersebut merupakan potensi yang dihitung secara teori sebelum memperhitungkan efisiensi kerja mesin serta pipa gas. Untuk menghitung berapa daya listrik yang dihasilkan dengan memperhitungkan efisiensi kerja, dilakukan estimasi persentase efisiensi operasi mesin dan pipa gas, mulai proses pengolahan limbah cair, kemudian menjadi gas metana, sampai menjadi energi

listrik, efisiensi metana yang dihasilkan dari proses pengolahan biogas sebesar 87 % - 90 %.

Dengan teknologi, Covered Lagoon akan dihasilkan biogas sebanyak ± 20 m3/ton TBS. Jadi jika kapasitas PKS sebesar 30 ton TBS/jam akan menghasilkan biogas ±600 m3/jam, atau setara dengan 5.044 MJ/jam, atau setara dengan energi sebesar 3.720 kWh. Jika energi tersebut digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menggunakan gas engine (efisiensi 35%) maka akan dapat dibangkitkan listrik sebesar 1.303 kWh atau 1,3 MW.

Secara ekonomi, asumsi pembangkit beroperasi selama 300 hari/tahun dan 24 jam/hari dan harga ditetapkan Rp. 975/kWh, sesuai permen ESDM (04/2012) untuk pulau Jawa, terdapat potensi pendapatan sebesar Rp. 9,15 M/tahun.

Potensi biogas untuk dikonversi menjadi energi listrik mempunyai prospek yang menjanjikan. Setiap 1 m3 biogas dapat menghasilkan 3 KWh. 1 m3 gas metan dapat diubah menjadi energi sebesar 4.700 – 6.000 kkal atau 20 - 24 MJ Energi sebesar itu setara dengan energi yang dihasilkan oleh 0.48 kg gas Elpiji (LPG).

Pengembangan klaster industri kelapa sawit dengan kapasitas produksi 30 Ton TBS/jam akan menghasilkan limbah cair 330 m3/hari setara 990 kWh. Potensi biogas 58,2 milyar kWh (energi) pertahun dapat membangkitkan listrik berbasis kontinue sepanjang tahun dengan daya 3.600 MW.

4. Small Distributed Generation

CIGRE mendefinisikan *distributed generation* sebagai semua unit pembangkit dengan kapasitas maksimal berkisar sampai 50 MW, IEEE mendefinisikan DG unit pembangkit dengan kapasitas maksimal sampai 300 MW yang diletakkan dekat dengan pusat beban dan dapat diinterkoneksikan dengan jaringan distribusi eksiting atau dioperasikan secara terpisah. Struktur sistem tenaga listrik modern

di lengkapi dengan pemasangan DG (*distributed energy).* DG menghasilkan energi listrik dari beberapa sumber energi ramah lingkungan yang berkapasitas kecil serta dihubungkan langsung pada jaringan distribusi.

Tabel 7. 5 *Relative size of distributed*

No	Type DG	Range Power
1	Micro Distributed Generation	1 watt < 5 kW
2	Small Distributed Generation	5 kW < 5 MW
3	Medium Distributed Generation	5 MW < 50 MW
4	Large Distributed Generation	50 MW < 300 MW

Sumber: Voltage control and voltage stability of power distribution systems in the presence of distributed generation

Hal ini membuat DG tidak memerlukan saluran-saluran transmisi yang panjang dan banyak gardu induk skala besar, sehingga dapat meminimalkan biaya investasi awal serta biaya operasional dan pemeliharaan. Di samping itu, pembangunan DG memerlukan waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan dengan waktu yang diperlukan untuk pembangunan pembangkit listrik konvensional.

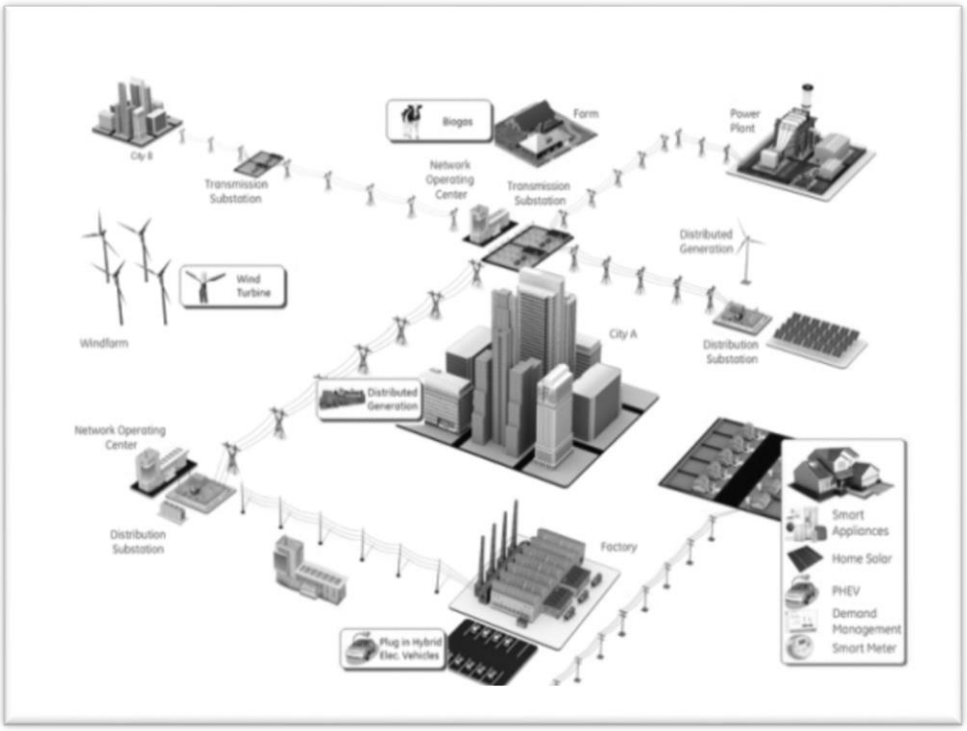
Indonesia mempunyai potensi energi alternatif terbarukan (renewable energy) dalam skala besar. Hasil survei JICA, potensi energi terbarukan di Indonesia yang terbesar adalah tenaga air sebesar 76.4 GW, biomassa/biogas sebesar 49.8 GW, dan panas bumi sebesar 29 GW. Meskipun energi matahari sangat berlimpah yaitu sekitar 4.8 kWh/m2/day, efisiensi teknologi solar cell masih berkisar 6-16%. Potensi tenaga angin di Indonesia berkisar 3-6 m/s, nilai ini masih di bawah rata-rata angin yang dibutuhkan oleh turbin untuk menghasilkan listrik secara optimal yaitu 12 m/s.

Pemanfaatan distributed generation untuk meningkatkan kestabilan tegangan (voltage stability) pada sistem 20 kV, dapat diaplikasikan baik secara teknis

maupun ekonomis. Kajian teknis menunjukan distributed generation umumnya dibangkitkan dekat dengan pusat-pusat beban. Dalam pemanfaatannya mampu mengurangi rugi-rugi daya di sepanjang saluran transmisi, gardu induk, dan saluran distribusi, serta dapat meminimalkan terjadinya bottleneck pada jaringan transmisi.

Bila terjadi gangguan di sepanjang saluran transmisi dan distibusi, akibat fluktuasi perubahan beban dinamik yang berpengaruh terhadap ketidakstabilan tegangan (*voltage instability*) dapat diminimalkan serta peningkatan kualitas daya listrik (*power quality*) menjadi lebih baik. *Distributed generation* dapat juga di koneksi pada jaringan distribusi secara terpisah untuk meningkatkan keoptimalan dan keandalan jaringan distribusi tersebut, hal ini sejalan dengan program nasional untuk menciptakan keamanan pasokan energi melalui pemanfaatan energi lokal.

Gambar 7. 5 *Smart Grid*



5. Teknologi *distributed generation*

Faktor penting yang mempengaruhi interaksi antara DG dan grid adalah teknologi yang digunakan dalam DG, kontrol DG dan operasinya. Tabel 1.5 memberikan gambaran singkat mengenai teknologi yang sering digunakan. Teknologi 5-11, 16, dan 17 dapat dianggap DG terbarukan.

Teknologi lain yang juga bisa disebut DG terbarukan jika teknologi sistem bangkitan dioperasikan dengan bahan bakar bio. Sel bahan bakar dapat dianggap DG terbarukan jika hidrogen diproduksi menggunakan sumber energi terbarukan, misalnya tenaga angin.

Tabel 7. 6 Teknologi *distributed generation*

No	Teknologi	Ukuran DG
1	Combined Cycle Gas Turbine	35 - 400 MW
2	Internal Combustion Engines	5 kW - 10 MW
3	Combustion Turbine	1 - 250 MW
4	Micro Turbines	35 kW - 1 MW
5	Small Hydro	1 - 100 MW
6	Micro Hydro	25 kW - 1 MW
7	Wind Turbine	200 W - 3 MW
8	Photovoltaic Arrays	20 W - 100 kW
9	Solar Thermal, Central Receiver	1 - 10 MW
10	Solar Thermal, Lutz System	10 - 80 MW
11	Biomass Gasification	100 kW - 20 MW
12	Fuel Cell, Phos Acid	200 kW - 2 MW
13	Fuel Cell, Molten Carbonate	250 kW - 2 MW
14	Fuel Cells, Proton Exchange	1 - 250 kW
15	Fuel Cells, solid oxide	250 kW - 5 MW
16	Geothermal	5 - 100 MW

Sumber: Voltage Control and Voltage Stability of Power Distribution Systems in the Presence of Distributed Generation

Tabel 7. 7 Contoh proyeksi kebutuhan listrik provinsi riau

No	Tahun	Sales	Produksi	Beban Puncak	Pelanggan
		(GWh)	(Gwh)	(MW)	
1	2012	2701	3035	501	837.833
2	2013	2973	3262	537	89.984
3	2014	3274	3562	585	974.247
4	2015	3600	3906	640	1.083.435
5	2016	3965	4294	701	1.140.423
6	2017	4371	4729	770	1.227.423
7	2018	4820	5209	846	1.314.423
8	2019	5322	5745	930	1.401.423
9	2020	5883	6344	1024	1.488.423
10	2021	6495	6987	1112	1.575.423

Sumber : RUPTL PT.PLN (persero) 2011-2020

Sistem kolam tertutup, yang membedakan sistem ini dengan kolam terbuka adalah kolam tersebut ditutup dengan semacam terpal berbahan HDPE (high density polythlene) yang mampu menahan gas metana hasil perombakan kolam secara anaerobik. Gas metana tersebut akan dibakar di suatu flaring unit.

Sistem ini jauh lebih efektif dalam mengurangi pencemaran udara karena kolam tersebut ditutup dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Hasil pembakaran gas metana akan melepaskan karbondioksida yang dapat terurai di atmosfir. Namun sistem ini tetap tidak dapat memecahkan permasalahan yang utama yakni penurunan BOD dan COD yang efektif sebab tidak ada perbedaan dengan sistem kolam terbuka, selain kolam tersebut ditutup dan gas metana nya dibakar.

Pemanfaatan gas metana sebagai pembangkit listrik menjadi pilihan ideal sebagai solusi mengatasi permasalahan emisi gas metana yang ditimbulkan dari sistem

kolam terbuka kelapa sawit. Di sisi lain, keputusan untuk memanfaatkan gas metana menjadi energi listrik pengganti bahan bakar solar merupakan langkah strategis menuju pembangunan berkelanjutan (sustainable growth) dan upaya perbaikan terus-menerus (continuous improvement).

D. Aktifitas Pembelajaran

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-07**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran.

E. Rangkuman

POME adalah limbah cair yang berminyak dan tidak beracun, hasil pengolahan minyak sawit. Meski tak beracun, limbah cair tersebut dapat menyebabkan bencana lingkungan karena dibuang di kolam terbuka dan melepaskan sejumlah besar gas metana dan gas berbahaya lainnya yang menyebabkan emisi gas rumah kaca.

Proses pengolahan minyak sawit menghasilkan sejumlah besar limbah cair (55-67 persen), yang dapat mencemari air karena mengandung 20.000 - 30.000 mg/l Biological Oxygen Demand (BOD). Peningkatan kandungan BOD mengurangi kadar oksigen dalam air, sehingga berbahaya bagi ekosistem perairan – bahkan dapat menghilangkan keanekaragaman hayati di dalamnya.

BOD adalah standard pengukuran jumlah potensi oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengurai zat organik dalam air buangan.

Pemrosesan POME mengurangi sejumlah besar kandungan BOD dan mengurangi dampak negatif dari limbah pabrik kelapa sawit terhadap ekosistem perairan.

Setiap 1 ton tandan buah segar (TBS) akan menghasilkan limbah padat berupa serabut (fibre) 120 kg, (13%/ton) dengan kalori sekitar 2637 - 4554 kkal/kg, cangkang (shell) 60 kg (6,5%/thn) dengan kalori 4105 - 4802 kkal/kg, tandan buah kosong (TBK) (empty fruit bunch) 230 kg (23%/ton) dengan kalori 4492 kkal/kg, sedangkan limbah cair (POME) sekitar 600 - 700 kg (60%).

F. Tes Formatif

1. Jelaskan tentang proses pembentukan gas metana....
2. Jelaskan pemanfaatan distributed generation

G. Kunci Jawaban

1. Proses pembentukan gas metan dengan bantuan bakteri seperti Methanococus, Methanosarcina, dan Methano bacterium. Pertama, kelompok mikroba hidrolitik akan memecah mecah bahan organik menjadi senyawa yang lebih kecil. Bahan organik kompleks umumnya adalah polimer, hasil pecahannya adalah monomer-monomer. Hasil pemecahan bahan organik kompleks tersebut antara lain: glukosa, asam amino, dan asam lemak. Kedua, kelompok mikroba fermentasi asam. Kelompok mikroba ini akan merombak monomer-monomer organik: menjadi asam, yaitu senyawa asam-asam organik, alkohol, dan keton.
2. Pemanfaatan distributed generation untuk meningkatkan kestabilan tegangan (voltage stability) pada sistem 20 kV, dapat diaplikasikan baik secara teknis maupun ekonomis. Kajian teknis menunjukan distributed generation umumnya dibangkitkan dekat dengan pusat-pusat beban. Dalam pemanfaatannya mampu mengurangi rugi-rugi daya di sepanjang saluran transmisi, gardu induk, dan saluran distribusi, serta dapat meminimalkan terjadinya bottleneck pada jaringan transmisi.

LEMBAR KERJA KB-7

LK - 07

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

Kegiatan Pembelajaran 8 PLT Biomassa

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat mengerti dan memahami mengenai PLT biomassa.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat mampu:

1. Menganalisis proses PLT biomassa skala kecil.
2. Menentukan peralatan PLT biomassa berdasarkan kinerja PLT biomasa.

C. Uraian Materi

Pengertian Biomassa

Dewasa ini kebutuhan akan energi semakin meningkat, hal ini seiring dengan terus meningkatnya kebutuhan manusia. Saat ini, sumber-sumber utama energi masih sangat bergantung pada energi fosil yang merupakan sumber energi tak terbarukan dan tidak ramah lingkungan karena mengeluarkan emisi gas karbon yang dapat memicu efek rumah kaca. Oleh karena itu, pengembangan pengganti energi fosil perlu dilakukan. Tentunya dengan mempertimbangkan keefektifan dan juga dampaknya terhadap lingkungan.

Energi terbarukan yaitu energi yang berasal bukan dari energi fosil, yang dapat diperbaharui dan bila dikelola dengan baik maka tidak akan habis. Salah satu energi terbarukan adalah biomassa.

Biomassa merupakan energi yang bersumber dari bahan-bahan alami seperti kayu, limbah pertanian, perkebunan, hutan, komponen organik dari industri dan rumah

tangga serta kotoran hewan dan manusia. Biomassa dikenal sebagai zero CO2 emission, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO2 di atmosfer.

Indonesia sebagai negara agraris mempunyai potensi energi biomassa yang cukup besar. Diperkirakan potensi seluruh energi biomassa setara dengan 49,8 GW. Namun dari potensi energi biomassa yang dimiliki, pemanfaatannya baru mencapai sebagian kecilnya saja.

Siklus Pada Pembangkit Tenaga Biomassa

Pembangkit listrik tenaga biomassa di sini tetap masih menggunakan air. Air yang digunakan dalam siklus ini disebut air demin, yakni air yang mempunyai kadar conductivity (Kemampuan untuk menghantarkan listrik) sebesar 0.2 us (mikro siemen). Sebagai perbandingan air mineral yang kita minum sehari-hari mempunyai kadar conductivity Sekitar 100 – 200 us. Untuk mendapatkan air demin ini, setiap sistem biasanya dilengkapi dengan Desalination Plant dan Demineralization Plant yang berfungsi untuk memproduksi air demin ini. Tapi disini tidak dibahas tentang Desalination Plant maupun Demineralization Plant. Jika kita melihat proses memasak air, maka secara sederhana itulah bagaimana siklus pada pembangkit tenaga biomassa ini. Air dimasak hingga menguap dan uap ini lah yang digunakan untuk memutar turbin dan generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik.

1. Pertama-tama air demin ini berada di sebuah tempat bernama Hotwell.
2. Dari Hotwell, air mengalir menuju Condensate Pump untuk kemudian dipompakan menuju dearator. Lokasi hotwell dan condensate pump terletak di lantai paling dasar dari pembangkit atau biasa disebut Ground Floor. Sedangkan letak dearator yang akan dituju oleh si air ini berada di lantai atas (tetapi bukan yang paling atas).
3. Di dearator air akan mengalami proses pelepasan ion-ion mineral yang masih tersisa di air dan tidak diperlukan seperti Oksigen dan lainnya. Agar proses pelepasan ini berlangsung sempurna, suhu air harus memenuhi suhu yang

disyaratkan. Oleh karena itulah selama perjalanan menuju Dearator, air mengalamai beberapa proses pemanasan oleh peralatan yang disebut LP (Low Pressure) Heater.

4. Dari dearator, air turun kembali ke Ground Floor.
5. Sesampainya di Ground Floor, air langsung dipompakan oleh Boiler Feed Pump / BFP (Pompa air pengisi) menuju Boiler atau tempat "memasak" air.

   Bisa dibayangkan Boiler ini seperti panci, tetapi panci berukuran raksasa. Air yang dipompakan ini adalah air yang bertekanan tinggi, karena itu syarat agar uap yang dihasilkan juga bertekanan tinggi. Karena itulah pada sistem ini dearator dibuat berada di lantai atas dan BFP berada di lantai dasar. Karena dengan meluncurnya air dari ketinggian membuat air menjadi bertekanan tinggi. Sebelum masuk boiler air mengalami beberapa proses pemanasan di HP (High Pressure) Heater.

6. Setelah itu barulah air masuk boiler yang letaknya berada di lantai atas.

   Di Boiler inilah terjadi proses memasak air agar menjadi uap. Untuk memasak air diperlukan api. Dan untuk membuat api diperlukan udara panas dan bahan bakar. Bahan bakar di sini tentu saja menggunakan biomassa yang berasal dari bahan-bahan alami seperti kayu, limbah pertanian, perkebunan, hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga serta kotoran hewan dan manusia.Sedangkan udara di produksi oleh Force Draft Fan (FD Fan). FD Fan mengambil udara luar untuk membantu proses pembakaran di boiler. Dalam perjalananya menuju boiler, udara tersebut dinaikkan suhunya oleh air heater (pemanas udara) agar proses pembakaran bisa terjadi di boiler.

7. Setelah terjadi pembakaran, air mulai berubah wujud menjadi uap.

   Namun uap hasil pembakaran ini belum layak untuk memutar turbin, karena masih berupa uap jenuh atau uap yang masih mengandung kadar air. Kadar air ini berbahaya bagi turbin, karena dengan putaran hingga 3000 rpm, setitik air sanggup untuk membuat sudut-sudut turbin menjadi terkikis.

8. Untuk menghilangkan kadar air itu, uap jenuh tersebut di keringkan di super heater sehingga uap yang dihasilkan menjadi uap kering. Uap kering ini yang digunakan untuk memutar turbin.
9. Turbin berputar, otomastis generator akan berputar, karena berada pada satu poros.
10. Generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Pada generator terdapat medan magnet raksasa. Perputaran generator menghasilkan beda potensial pada magnet tersebut. Beda potensial inilah cikal bakal energi listrik. Energi listrik itu dikirimkan ke trafo untuk dirubah tegangannya dan kemudian disalurkan melalui saluran transmisi PLN.
11. Uap kering yang digunakan untuk memutar turbin akan turun kembali ke lantai dasar. Uap tersebut mengalami proses kondensasi didalam kondensor sehingga pada akhirnya berubah wujud kembali menjadi air dan masuk kedalam hotwell.

Kegunaan Lain Dari Biomassa

Tidak seperti sumber daya energi terbarukan lainnya, biomassa dapat dikonversi langsung menjadi bahan bakar cair untuk kebutuhan transportasi. Dua bahan bakar bio yang paling umum adalah ethanol dan biodiesel. Ethanol merupakan alkohol yang dibuat dengan fermentasi biomassa dengan kandungan hidrokarbon yang tinggi seperti jagung melalui proses yang sama untuk membuat bir. Ethanol paling sering digunakan sebagai additif bahan bakar untuk mengurangi emisi CO dan asap lainnya dari kendaraan. Biodiesel merupakan ester yang dibuat dengan menggunakan minyak tanaman, lemak binatang, ganggang, atau bahkan minyak goreng bekas. Biodiesel dapat digunakan sebagai additif diesel untuk mengurangi emisi kendaraan atau dalam bentuk murninya sebagai bahan bakar kendaraan.

Keuntungan pembangkit listrik tenaga biomassa

a. Biomassa merupakan energi terbarukan.

b. Biomassa dikenal sebagai zero CO2 emission, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO2 di atmosfer.
c. Biomassa merupakan energi yang ramah lingkungan.

Kekurangan pembangkit listrik tenaga biomassa

a. Memerlukan tempat yang luas dalam pengoperasiannya, karena mengingat jumlah biomassa yang diperlukan dan juga tempat penyimpanannya.
b. Memerlukan boiler yang lebih besar dibanding dengan tenaga lainnya, yang tentunya juga memakan biaya yang lebih besar pula dalam pembuatan boiler.

Keunggulan Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomassa

Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomassa sebagai salah satu alternatif untuk mendapatkan energi listrik sekarang ini memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan penggunaan Sistem Pembangkit Listrik lainnya. Keunggulannya antara lain adalah:

a. Dibandingkan dengan sistem pembangkit lainnya Biomass merupakan sumber energi yang murah, karena untuk memperoleh bahan bakunya sangat mudah.
b. Timbunan sampah dapat menghasilkan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) berupa gas metana yang cukup besar yang dapat menyerap radiasi matahari di atmosfer sehingga menyebabkan suhu permukaan bumi menjadi panas, dengan pengembangkan sistem pembangkit energi biomassa ini maka jumlah sampah dapat diminimalisasikan, sehingga pengaruh GRK terhadap suhu permukaan bumi dapat dikurangi.
c. Biomassa dapat mengurangi jumlah sampah yang dapat mencermarkan lingkungan sekitar.
d. Mempunyai sumber yang selalu baru (merupakan jenis energi terbarukan).
e. Sumber energi mempunyai jumlah cadangan sangat besar.
f. Teknologi pengolahannya tidak terlalu rumit.

Perkembangan Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomasa

Gambar 8. 1 Kumpulan Sampah Organik dan Non Organik

(Sumber: www.google.com/Sampah)

Pada umumnya sampah dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, diantaranya sampah organik dan non organik. Sampah Organik adalah sampah yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, contohnya: daun-daunan, sampah dapur, sayur-sayuran, buah-buahan, dan lain-lain. Bila sampah organik dikumpulkan secara terpisah, sampah tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan biogas. Biogas dapat menghasilkan energi listrik (PLTG).

Sedangkan sampah Anorganik adalah sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Sampah Anorganik dapat berasal dari sumber daya alam tak terbaharui seperti mineral, minyak bumi, dan dapat pula berasal dari proses industri. Contoh sampah Anorganik yang ada dirumah tangga seperti botol, platik, kaleng dan lain-lain.

Sampah perkotaan yang organik pada dasarnya ialah biomassa (senyawa organik) yang dapat dikonversikan menjadi energi melalui sejumlah proses pengolahan. Energi yang dihasilkan dapat berbentuk energi listrik, gas, energi panas dan dingin yang banyak dibutuhkan untuk industriindustri sekarang ini, baik itu industri kecil maupun industri yang besar.

Sebagaimana diketahui biomassa, terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian, merupakan sumber daya energi yang tertua. Di negara-negara yang telah maju sekarang ini, dengan berkembangnya berbagai industri-industri maka peranan biomassa sebagai sumber energi akanmsemakin berkurang. Lain halnya di negara-negara berkembang, sekalipun banyak negara-negara berkembang yang bergerak menuju ke arah industrialisasi, secara umum dapat dikatakan bahwa di negara-negara tersebut biomassa masih merupakan komponen yang besar dalam pola pemakaian energi. Salah satu perkiraan mengatakan bahwa pemakaian energi yang berasal dari biomassa terutama pemanfaatan kayu bakar, limbah pertanian dan tinja hewan mencapai 60 % dari seluruh konsumsi energi.

Menurut studi kelayakan pembangunan pembangkit listrik serta konsultasi di bidang teknologi pembangkitan listrik, termasuk pengembangan energi biomassa. Banyak daerah di Indonesia yang tidak memiliki sumber bahan bakar fosil, namun dapat dipastikan seluruh provinsi di Indonesia memiliki sumber daya biomassa yang belum dikelola secara optimal dan dimanfaatkan dengan baik.

Perkembangan Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomassa di Indonesia

Pengelolaan sampah menjadi energi listrik bukanlah barang baru di negara-negara maju, Austria dan Inggris. Namun di Indonesia , pemanfaatan teknologi GALFAD (*Gassification, Landfill and Anaerobic Digestion*) belum banyak dilakukan.

Berikut ini akan dijelaskan mengenai pemanfaatan Teknologi GALFAD (*Gassification, Landfill and Anaerobic Digestion*).

1. Gassification

Gambar 8. 2 Reaktor Gasifier

(Sumber: www.google.com/Gasifier)

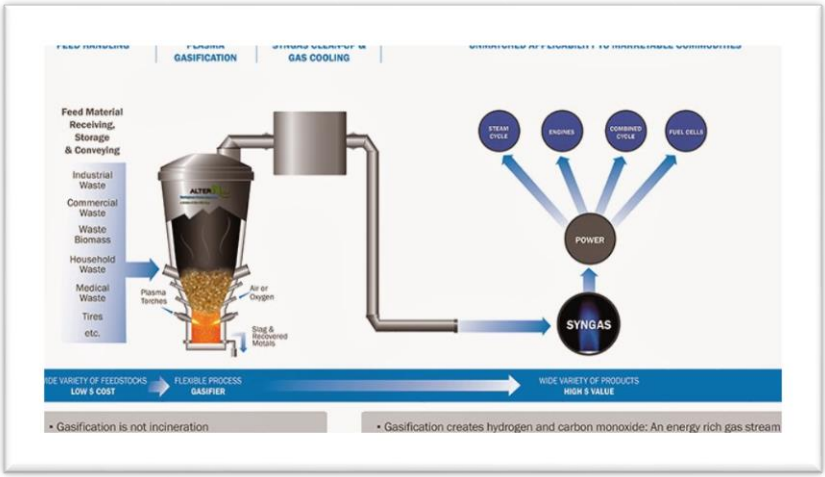
Pada proses Gassification maka sampah akan dimusnahkan melalui proses pembakaran, sehingga menghasilkan gas yang nantinya bisa digunakan sebagai penggerak Generator listrik.

Sebagai tahap awal, akan dipergunakan teknik pemisahan yang sesuai, sehingga berbagai jenis sampah dapat dipakai pada setiap jenis peralatan konversi energi. Dengan upaya ini, evisiensi konversi akan terjadi, sehingga bisa memaksimalkan seluruh persediaan sampah yang ada menjadi energi yang bernilai ekonomis. Pada tahap awal ketika sampah masuk ke TPA akan dilakukan pemisahan antara sampah basah dan kering dengan menggunakan floating tank dan metode lain. Bahkan untuk lebih memperketat pemilahan sampah ini, selain penggunaan teknologi juga akan dilibatkan SDM yang sudah memperoleh pengetahuan mengenai pemilahan sampah ini. Setelah sampah berhasil dipisah antara sampah basah dan sampah kering, kemudian untuk sampah basah akan dilakukan proses pencacahan sampah dengan menggunakan mesin pencacah (Shredder) dimana sampah akan dipecah menjadi lebih kecil dan memiliki ukuran yang sama besarnya. Setelah sampah dicacah, maka tahap

selanjutnya adalah melalui proses pengeringan sampah seperti sampah kayu, daun, kertas yang basah. Setelah menjadi kering maka untuk proses selanjutnya akan sama dengan pengolahan sampah kering. Dimana sebelumnya sampah kering tersebut telah dilakukan proses pemotongan dengan menggunakan mesin shredder. Sampah kering tersebut dimasukkan ke dalam gasifier yaitu sebuah reaktor tertutup yang

keluaran dari alat tersebut akan menghasilkan gas berupa synthetic gas (synergy) yang digunakan sebagai gas bahan bakar untuk menggerakkan motor gas yang selanjutnya bertugas memutar sebuah generator listrik.

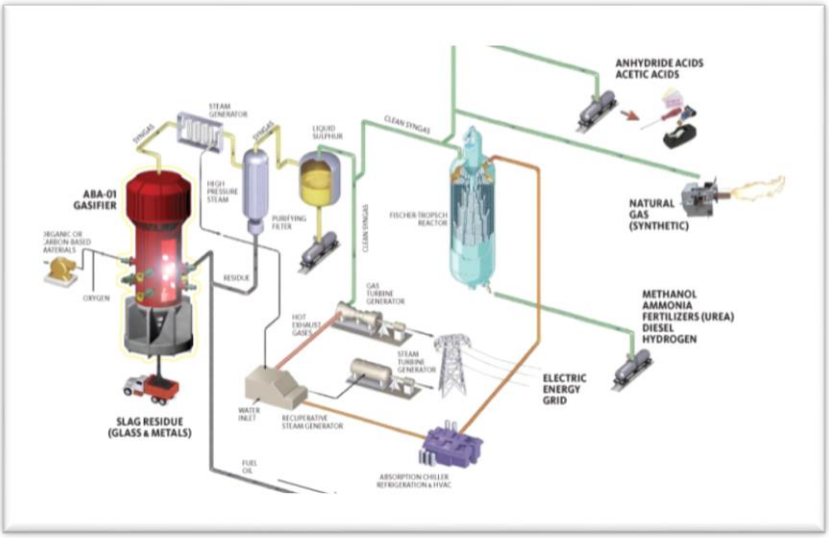
Gambar 8. 3 Bagan Proses Gassification



(Sumber: makasargreen.blogspot.com)

Pada gambar di bawah ini adalah gambar sebuah reaktor gasifier sebagai tempat pembakaran sampah sehingga menghasilkan gas penggerak mesin pembangkit listrik.

Gambar 8. 4 Proses Gassification



(Sumber : www.cleantick.com)

Prinsip kerja dari reaktor gasifier ini adalah melalui 4 proses, pertama sampah organik kering yang telah melalui proses shredder akan dimasukkan ke dalam suatu tangki reaktor gasifier dan kemudian akan melalui proses pengeringan dengan pembakaran sampah yang temperatur pembakarannya antara 100 – 200 oC, kemudian pada proses selanjutnya sampah berada pada daerah pirolisa dengan melakukan pembakaran dengan temperatur suhu antara 200-500oC, pada proses ini sudah dapat menghasilkan gas berupa CO2 (karbon dioksida), CO (karbon monoksida), CH4 (metana), dan gas H2 (hidrogen). Proses selanjutnya sampah akan melewati daerah oksidasi dimana gas yang dihasilkan berupa gas CO dan energi panas, temperatur suhu yang digunakan antara 1200-1400oC.

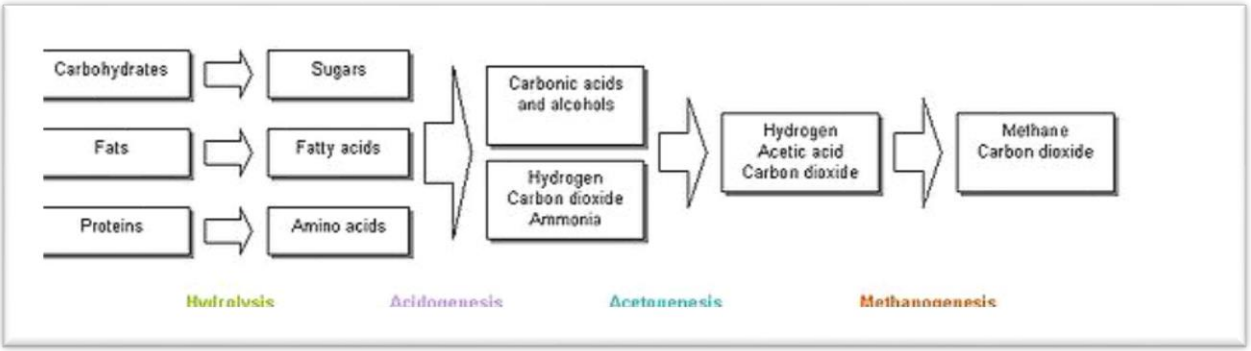
Proses terakhir adalah sampah berada pada daerah reduksi dimana pada tahap ini dibakar dengan temperatur suhu antara 500-1200oC dan dilakukan pencampuran gas udara, yang nantinya keluaran dari proses ini merupakan gas akhir berupa CO, H2, CH4, H2, CO2 dan gas lain yang tidak diperlukan, yang nantinya akan dipisahkan

melalui proses treatment gas. Limbah yang dihasilkan proses gasifier ini adalah berupa abu dimana abu ini dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos.

2. Anaerobic Digestion

Perlakuan berbeda diterapkan pada sampah organik basah seperti sampah buah-buahan dan sampah sayur-sayuran, pertama sampah akan direduksi menjadi partikel yang ukurannya kecil-keil, kemudian melalui proses anaerobic digestion maka sampah akan diolah menjadi gas dengan bantuan suatu bakteri, gas keluaran inilah yang nantinya digunakan untuk membangkitkan mesin pembangkit listrik. Gas buang yang dihasilkan dari proses ini akan disaring terlebih dahulu dengan menggunakan suatu filter untuk menghasilkan gas yang tidak membahayakan lingkungan.

Gambar 8. 5 Bagan Proses Anaerobic Digestion



(Sumber : cms.1-bio.com)

Proses kerja dari anaerobic digestion adalah, pertama sampah yang sudah di shredder sedemikian rupa sehingga menjadi sampah yang berukuran kecilkecil dimasuikan ke dalam sebuah tangki tertutup dan dibiarkan selama beberapa hari sampai terdapat mikroba pengurai. Mikroba-mikroba pengurai tersebut hidup dalam suasana tidak ada oksigen bebas, jadi pada tangki diharapkan tertutup rapat dan tidak ada celah udara keluar masuk tangki. Setelah sampah terurai oleh mikroba pengurai maka akan menghasilkan gas dan kemudian untuk proses selanjutnya gas tersebut diolah sehingga dapat digunakan.

3. Landfill

Gambar 8. 6 Bagan Proses Landfill

(Sumber: www.google.com/Landfill)

Khusus bagi sampah lama yang sudah bertumpuk bisa dipergunakan proses landfill gas. Penggunaan proses ini untuk menghindari gas metan yang sangat beracun lepas dari tumpukan sampah, dimana dalam banyak kasus telah ditumpuk jauh sebelum sistem Galfard ini diterapkan.

Prosesnya, pertama pada lahan dilakukan penggalian lahan dengan kedalaman tertentu kemudian pada dasar galian dilapisis dengan lapisan tanah liat yang padat, pada lapisan ini disebut ground linier. Selanjutnya tanah dilapisi kedua kalinya dengan bahan geo membran, lapisan mirip plastik berwarna dengan ketebalan 2,5 milimeter yang terbuat dari High Density Polyetilin, salah satu senyawa dari minyak bumi. Lapisan inilah yang nantinya akan menahan air kotor yang berbau yang berasal dari sampah sehingga tidak akan meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah di atas bumi. Di atas lapisan geo membran akan dilapisis dengan geo textile yang gunanya memfilter kotoran sehingga tidak bercampur dengan air kotoran tersebut.

Sebelum dipadatkan, sampah yang menumpuk di atas lapisan geo textile ini kemudia ditutup dengan menggunakan lapisan geo membran untuk mencegah menyebarnya gas metan akibat proses pembusukan sampah (yang dipadatkan) tanpa oksigen.

Satu jaringan pipa gas dimasukkan ke dalam tumpukan sampah, melalui pipa inilah gas disedot menuju ke sebuah *treatment* gas. Selanjutnya energi panas yang dihasilkan dari proses ini akan diolah menjadi listrik. Setelah masing-masing jenis sampah diolah, akan dihasilkan biogas yang dimasukkan dulu ke dalam fasilitas gas treatment sebelum menjadi gas bahan bakar bagi mesin pembangkit listrik.

Syarat minimal pembangunan IPST di Indonesia adalah :

a. Tersedianya lahan yang cukup luas sebagai tempat untuk beroperasinya mesin-mesin pengolahan sampah.
b. Menghasilkan energi listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik di daerah sekitar pembangunan.

Pemanfaatan Sumber Energi Alternatif Biomassa

Ada beberapa alternatif pemanfaatan sumber energi biomassa, diantaranya:

1. Kayu Sisa

Gambar 8. 7 Penyedotan Kayu Sisa ke mesin Pembakaran

(Sumber: www.google.com/Biomassa)

Pada produksi kayu untuk industri setiap tonnya akan menghasilkan limbah sebanyak satu ton juga. Maka limbah kayu yang dihasilkan setiap tahunnya adalah juga 25 juta ton/ Tahun. Bilamana limbah kayu ini memiliki nilai panas sebesar 4000 kilo kalori perton, seperti potensi energi yang terkandung dalam limbah kayu ini adalah sebesar 100.000.000.000 kilo kalori setahun atau 14,44 juta ton. Hasil tersebut setara dengan jumlah batu bara yang sangat besar yang pada saat ini terbuang sia-sia dan mencemari lingkungan. Apabila limbah kayu ini dapat diolah dengan baik akan merupakan suatu sumber energi yang sangat besar sekali yang dapat diharapkan menjadi salah satu sumber energi alternatif masa depan.

Selain dahan dan ranting-ranting yang terbuang dihutan pada saat penebangan. Pada saat pengolahan pun masih banyak material kayu yang terbuang, sehingga kayu yang menjadi sisa dapat kita kelompokkan pada:

a. Ranting, tangkai, dahan yang terbuang pada saat penebangan.

b. Serbuk penggergajian, sisa pengerutan, potongan-potongan dan sisa pemahatan pada saat pengolahan.

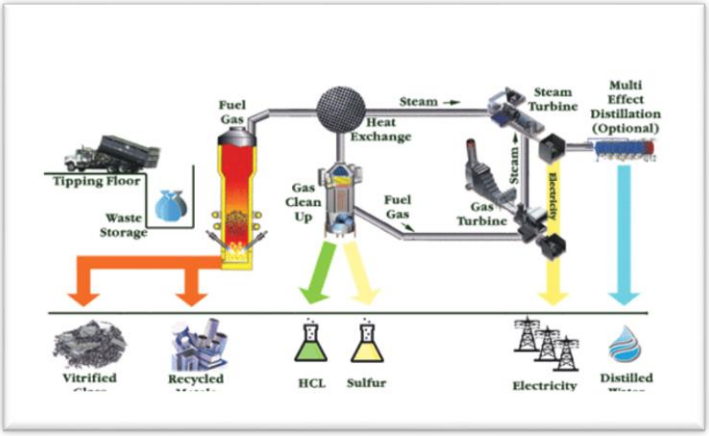
Ada hal yang perlu diperhatikan yaitu selama ini sisa-sisa kayu tersebut dianggap sampah kemudian dibakar, dihancurkan, energi yang tersimpan dibuang sia-sia.

Pada tahun 1978 di kota Den Haag Negeri Belanda menggunakan sumber energi dari pembakaran sampah kota, dimana tempat pembakaran sampah terdiri atas 4 buah tungku pembakaran masing-masing dengan kapasitas 300 ton per 24 jam. Dihubungkan dengan suatu sistem ketel uap dan dua set generator turbo dengan daya masing-masing 11,5 Mega Watt dengan tegangan 10 kilo volt.

Suhu pembakaran mencapai 800 – 10000 C yang gunanya untuk menghilangkan bau yang tidak sedap. Dan untuk menjaga agar abu pembakaran tidak terlalu lembut dan lembab yang dapat mengakibatkan pipa-pipa uap tersumbat.

Ruang sampah dapat memuat 16.000 m3 sampah yang secara teratur diisi oleh truk-truk khusus. Dalam tahun 1976 PLTU tenaga uap dengan sumber energi pembakaran limbah industri dan sampah kota tersebut telah menghasilkan 85.000.000 Kwh tenaga listrik.

Gambar 8. 8 Skema Proses Penggasan Sampah



(Sumber: www.eocommunity.com)

Gambar diatas memperlihatkan skema untuk proses gasifikasi sebuah pembangkit tenaga listrik tenaga diesel. Proses pengubahan menjadi gas bakar dapat kita lihat seperti berikut:

a. Kayu dimasukkan ke dalam generator gas.
b. Udara dimasukkan ke dalam generator gas melalui mesin pemanas.
c. Mesin pemanas dipanaskan oleh gas panas yang keluar dari generator gas menuju mesin pengering dan pembersih udara.
d. Kemudian gas bakar tersebut dibersihkan pada mesin penyaring.
e. Tekanan gas diperkuat atau dipertinggi dengan menggunakan sebuah kompresor.
f. Gas yang bertekanan tinggi yang sudah bersih tersaring dialirkan ke dalam mesin diesel (motor gas).

2. Sisa Pertanian

Sekam padi, merang dan batang padi, bonggol jagung, daun dan batang jagung, batok kelapa, pohon kacang dan umbi-umbian merupakan sumber energi alternatif masa depan dan merupakan jenis energi yang unggul, karena merupakan sumber energi alternatif yang dapat diperbarui.

Adapun kekurangan dari pemanfaatan limbah pertanian tersebut diantaranya :

a. Bentuknya yang tidak teratur sehingga menyulitkan saat penggunaan dan pengangkutan.
b. Dalam setiap meter kubiknya banyak celah-celah atau ruang kosong sekitar 30 %, maka jumlah kalorinya dalam setiap meter kubiknya menjadi berkurang.
c. Jarak antara sumber produksi bahan bakar dengan pusat pembangkit tenaga listriknya tidak selalu dekat.
d. Antara waktu puncak produksi (panen) dengan waktu penggunaan bahan bakar mempunyai rentang waktu yang panjang. Maka perlu suatu sistem penyimpanan sehingga bahan bakar itu tidak hancur percuma.
e. Kadar kandungan airnya yang harus dikurangi.

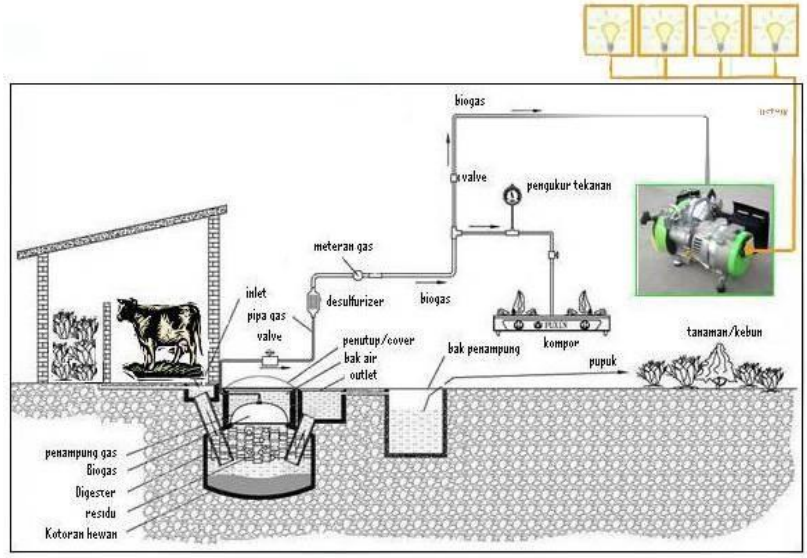
3. Kotoran Hewan

Energi Biomassa dari kotoran hewan lebih dikenal sebagai energi Biogas. Prinsip kimia yang berhubungan dengan pembentukan biogas adalah prinsip terjadinya fermentasi dari karbohidrat, lemak dan protein dan bakteri metan. Bila tidak dicampur dengan udara, satu gram bahan *selulosa* menghasilkan 825 cm3 gas bertekanan atmosferik yang terdiri dari 68 % CH_4 dan 32 % CO_2.

Secara sederhana, pembuatan biogas adalah sebagai berikut :

a. Tinja dimasukkan ke dalam tangki setelah dicampur air.
b. Tangki penampung gas akan menerima gas yang terjadi dan akan terdorong ke atas.
c. Bilamana banyak gas terbentuk, letak tangki gas akan semakin tinggi.
d. Gas dipakai melalui kran
e. Apabila gas berkurang tangki penampung gas akan turun.
f. Tangki akan naik kembali apabila gas kembali terbentuk.
g. Proses itu terjadi berulang-ulang
h. Posisi tangki penampung menunjukkan jumlah gas di dalam tangki.
i. Apabila tinja tidak mengeluarkan gas lagi, tangki penampung gas tidak akan bergerak.
j. Selanjutnya tinja harus diganti.

Gambar 8. 9 Instalasi Biogas

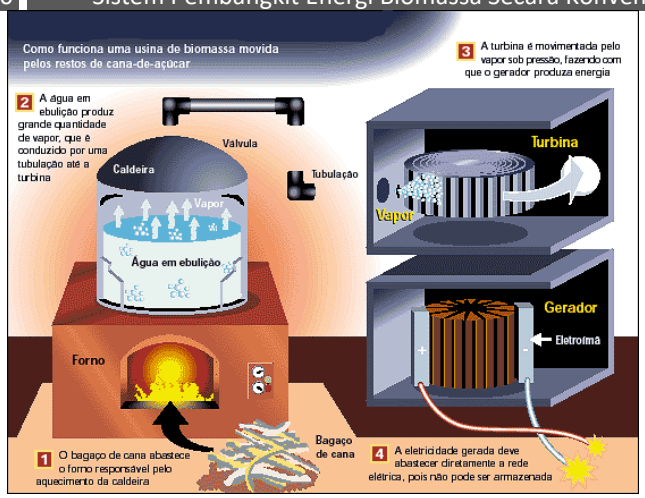


(Sumber: digesterbiogas.wordpress.com)

Prinsip Kerja Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomassa

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk bisa mengolah sampah menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari sistem pembangkit listrik energi biomassa pada umumnya.

Gambar 8. 10 Sistem Pembangkit Energi Biomassa Secara Konvensional



(Sumber: www.google.com/Energi Biomassa)

Prinsip kerja sistem pembangkit energi biomassa pada gambar di atas adalah, pertama pada sebuah tunggu yang menggunakan bahan bakar sampah kemudian digunakan

untuk memanaskan kompor aatu tungku yang diatasnya terdapat ketel sebagai tempat air, diaman pada bagian atas ketel tersebut terdapat saluran pipa sebagai keluaran dari proses pemanasan air berupa uap air, uap air yang keluar dari ketel tersebut akan mendorong dan memutar turbin kemudian akan memutar generator sebagai pembangkit listrik.

D. Aktifitas Pembelajaran

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-08**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran.

E. Rangkuman

Biomassa merupakan energi yang bersumber dari bahan-bahan alami seperti kayu, limbah pertanian, perkebunan, hutan, komponen organik dari industri dan rumah

tangga serta kotoran hewan dan manusia. Biomassa dikenal sebagai zero CO2 emission, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO2 di atmosfer.

Ethanol merupakan alkohol yang dibuat dengan fermentasi biomassa dengan kandungan hidrokarbon yang tinggi seperti jagung melalui proses yang sama untuk membuat bir. Ethanol paling sering digunakan sebagai additif bahan bakar untuk mengurangi emisi CO dan asap lainnya dari kendaraan. Biodiesel merupakan ester yang dibuat dengan menggunakan minyak tanaman, lemak binatang, ganggang, atau bahkan minyak goreng bekas. Biodiesel dapat digunakan sebagai additif diesel untuk mengurangi emisi kendaraan atau dalam bentuk murninya sebagai bahan bakar kendaraan.

Pada umumnya sampah dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, diantaranya sampah organik dan non organik. Sampah Organik adalah sampah yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, contohnya: daun-daunan, sampah dapur, sayur-sayuran, buah-buahan, dan lain-lain. Bila sampah organik dikumpulkan secara terpisah, sampah tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan biogas. Biogas dapat menghasilkan energi listrik (PLTG).

Proses kerja dari anaerobic digestion adalah, pertama sampah yang sudah di shredder sedemikian rupa sehingga menjadi sampah yang berukuran kecilkecil dimasuikan ke dalam sebuah tangki tertutup dan dibiarkan selama beberapa hari sampai terdapat mikroba pengurai.

F. Tes Formatif

1. Sebutkan keuntungan pembangkit listrik tenaga biomassa....
2. Jelaskan kekurangan pembangkit listrik tenaga biomassa....
3. Sebutkan keunggulan Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomassa....
4. Sebutkan syarat minimal pembangunan IPST di Indonesia adalah....

G. Kunci Jawaban

1. Keuntungan pembangkit listrik tenaga biomassa
    a. Biomassa merupakan energi terbarukan.
    b. Biomassa dikenal sebagai zero CO2 emission, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO2 di atmosfer.
    c. Biomassa merupakan energi yang ramah lingkungan.
2. Kekurangan pembangkit listrik tenaga biomassa
    a. Memerlukan tempat yang luas dalam pengoperasiannya, karena mengingat jumlah biomassa yang diperlukan dan juga tempat penyimpanannya.
    b. Memerlukan boiler yang lebih besar dibanding dengan tenaga lainnya, yang tentunya juga memakan biaya yang lebih besar pula dalam pembuatan boiler.
3. Keunggulan Sistem Pembangkit Listrik Energi Biomassa
    a. Dibandingkan dengan sistem pembangkit lainnya Biomass merupakan sumber energi yang murah, karena untuk memperoleh bahan bakunya sangat mudah.
    b. Timbunan sampah dapat menghasilkan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) berupa gas metana yang cukup besar yang dapat menyerap radiasi matahari di atmosfer sehingga menyebabkan suhu permukaan bumi menjadi panas, dengan pengembangkan sistem pembangkit energi biomassa ini maka jumlah sampah dapat diminimalisasikan, sehingga pengaruh GRK terhadap suhu permukaan bumi dapat dikurangi.
    c. Biomassa dapat mengurangi jumlah sampah yang dapat mencermarkan lingkungan sekitar.
    d. Mempunyai sumber yang selalu baru (merupakan jenis energi terbarukan).
    e. Sumber energi mempunyai jumlah cadangan sangat besar.
    f. Teknologi pengolahannya tidak terlalu rumit.
4. Syarat minimal pembangunan IPST di Indonesia adalah :
    a. Tersedianya lahan yang cukup luas sebagai tempat untuk beroperasinya mesin-mesin pengolahan sampah.

b. Menghasilkan energi listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik di daerah sekitar pembangunan.

LEMBAR KERJA KB-8

LK - 08

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   ..

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   ..

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

.....
.....
.....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
..

6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

BAB III

Penutup

Uji Kompetensi

Dalam melakukan uji kompetensi pada bahan ajar/modul Teknik Pemipaan ini, seluruh peserta harus menguasai 3 (tiga) ranah penilaian, yaitu pengetahuan, Sikap dan Keterampilan, adapun ketiga ranah tersebut dapat dilihat dengan rincian melalui penilaiansebagai berikut;

1. Penilaian Keterampilan dilakukan dengan lembaran observasi

No	Kriteria	Baik sekali (3,75- 4)	Baik (2,75-3,5)	Cukup (2-2,5)	Perlu bimbingan (1)
1	Kemampuan mengemukakan pendapat mengenai definisi,tujuan dan Pengetahuan sistem pemipaan				
2.	Kemampuan mengemukakan pendapat mengenai struktur dan prosedur dalam pemasangan sistem instalasi pipa untuk biomassa				
3	Kemampuan dalam pemasangan bahan dan sambungan pipa				
4	Kemampuan mengaplikasikan antara teori dan praktek dalam sambungan pipa dan				

	komponennya				

2. Penilaian Sikap

Catatan :

Widyaiswara/Fasilitator dapat menggunakan kata-kata berikut untuk menyatakan kualitas sikap :

- Belum terlihat
- Mulai terlihat
- Mulai berkembang
- Sudah terlihat/Membudaya

Setiap kegiatan pembelajaran Widyaiswara/Fasilitator menilai minimal 6 peserta diklat atau disesuaikan dengan jumlah peserta diklat dikelas

Alternatif penilaian Sikap

No	Sikap	Belum Terlihat	Mulai terlihat	Mulai berkembang	Membudaya	Keterangan
1	Kerjasama					
2	Teliti					
3	Menghargai					
4	Jujur					
5	Toleransi					
6	Santun berbahasa					
7	Bersyukur atas anugerah					

	Tuhan					

3. Penilaian Pengetahuan:

1) Memahami sistem pemipaan.
2) Merancang sisitem pemipaan.
3) Melaksanakan sistem pemipaan.
4) Mendeskripsikan pemipaan dengan tekanan tinggi untuk instalasi biomassa.
5) Mendeskripsikan pemipaan dengan tekanan rendah untuk instalasi biomassa.
6) Mengamati tentang Bahan dan Sambungan pipa untuk instalasi biomassa.
7) Menalar tentang sambungan pipa dan komponen instalasi pipa untuk instalasi biomassa.

Daftar Pustaka

1. Dennis Caprio, ***Appliance Repair***, Reston Pubs Coy Inc. A.Prentice Hall Coy, Roston Virginia, 1980.
2. ***,Gas Wasser und Saniter Teechnik***, Stuttgarrt 1990
3. Peter Burbery, ***Envinronment and Service***, London 1979
4. Robert Scharff, ***Mayor Appliance Servicing***, Loundry, Washing, Pumping and Waste Disposal Equipment, Mc Graw Hill Book Coy, New York, St Lowis, San Fransisco, 1976.
5. R.J. Puffet, L.J. Hossack, ***Plumbing Services***, Basic Skill- Water Supply Volume 1, Mc Graw Hill Book Coy, Sidney, 1986
6. Soufyan Moh.Noerbambang, Tokeu Morimura,***Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing,*** Bandung 1984
7. Sunu Tri Susatyo, ***Kamus Teknik,*** Citra Pindo, Bandung, 1995
8. Sunaryo, Drs, **Plambing 1**, IKIP Semarang Press 1986
9. Tjaman Sukirna, Abner S, Harsoadi, Hada R, Tata. S, Enus S, T. Taslimuharom, ***Sistem Plambing Pipa Tembaga***, PPPG Teknologi Bandung 1996
10. http://myhomey.blogspot.com/2009/08/kerusakan-rumah,html
11. **http://www.drinkingfountaindoctor.com/images/thumbs/product/175x150/9/4/94111_4.jpg**

Glosarium

Barel Union : alat sambung pipa yang digunakan untukmenyambung pipa yang dilakukan pada akhir sambungan. Alat ini berfungsi ,jika ada suatu instalasi rusak, maka tidak membongkar semua instalasi, hanya pada instalasi rusak yang dibatasi oleh barel union.

Ball valve, untuk mengatur jumlah aliran air didalam pipa.

Butterfly Valve, untuk mengatur buka / tutup aliran air didalam pipa

Check valve, untuk menahan aliran balik air didalam instalasi pipa

Dop (Cap), Fiting penutup suatu instalasi (sistem) tertentu agar tidak bocor.

Elbow : alat sambung pipa yang berbentuk siku

Floating valve, untuk membuka & menutup aliran air ke tanki.

Foot Valve, untuk menahan air balik

Flexible joint, untuk menahan getaran/gerakan.

Flow switch, berfungsi sebagai alat kontak hubung/putus akibat aliran.

Gate Valve, untuk mengatur buka / tutup aliran air didalam pipa.

Pressure gauge, berfugsi untuk pembacaan tekanan.

Pressure switch, berfungsi sebagai alat kontak hubung/putus akibat tekanan.

Reducing socket : alat sambung pipa bentuk lurus yang diameter lubangnya menyempit, misalnya dari ¾ " ke ½ "

Socket : alat sambung pipa bentuk lurus diameternya lubangnya sama

Seal tape : Lapisan yang berbentuk seperti selotip, digunakan untuk melapisi drat agar air tidak bocor

Seal gasket, Bahan perapat air terbuat dari bahan karet dan asbes atau campuran keduanya.

Stainless Steel 150 Micron, Bahan saringan atau ayakan berlubang sangat halus (micron) dari bahan kawat baja tahan karat.

Strainer, berfungsi untuk menyaring.

Tail stock barrel, ialah spindle yang merupakan bagian dari tail stock yang dapat bergerak secara linear melalui pemutaran pada roda pemutar dari tail stock tersebut.

Tee : alat sambung pipa yang berbentuk huruf T

Tee socket : alat sambung pipa yang berbentuk huruf T, namun diameter lubang permukaannya berbeda, misalnya ¾ " dengan ½ ".

Tee slot, ialah alur yang berbentuk "T" biasanya terdapat pada meja mesin frais, bor atau skrap yang berfungsi sebagai kedudukan baut pemegang benda kerja.

Test bar, ialah batang/poros yang memiliki kelurusan dan kesesumbuan yang baik (standar), digunakan sebagai alat mengukur/memeriksa kelurusan spindle mesin sehingga biasanya test bar memiliki ujung yang berbentuk tirus dengan standar morse

Tool, ialah perkakas kelengkapan mesin perkakas biasanya berupa alat potong seperti pahat bubut, pisau frais, mata bor dan lain-lain.

Toleransi, ialah penyimpangan yang dibolehkan dari suatu dimensi yang seharusnya

Waterpass, ialah perata air biasanya digunakan dalam pekerjaan bangunan atau pengukur kedataran untuk objek-objek yang mempersyaratkan kedataran.

Water meter, Berfungsi untuk mengukur debit air.