

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

KONVERSI ENERGI BIOMASSA

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI BIOMASSA

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan

KELOMPOK
KOMPETENSI

2



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015

KONVERSI ENERGI BIOMASSA

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI BIOMASSA

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

Penyusun:

Tim PPPPTK

Bidang Mesin dan Teknik Industri



**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 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 diindikasikan 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 jajarannya 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	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN.....	5
Kegiatan Pembelajaran 1 Pendekatan Sainifik	5
A. Tujuan	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran	31
E. Rangkuman	41
F. Tes Formatif	43
G. Kunci Jawaban	45
Kegiatan Pembelajaran 2 Konversi Energi Biomassa	47
A. Tujuan	47
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	47
C. Uraian Materi	47

D. Aktifitas Pembelajaran	66
E. Rangkuman	67
F. Tes Formatif	68
G. Kunci Jawaban	70
Kegiatan Pembelajaran 3 Konversi Biomass Skala Laboratorium.....	75
A. Tujuan	75
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	75
C. Uraian Materi	75
D. Aktifitas Pembelajaran	101
E. Rangkuman	101
F. Tes Formatif	103
G. Kunci Jawaban	106
Kegiatan Pembelajaran 4 Konservasi dan Efisiensi Energi.....	109
A. Tujuan	109
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	109
C. Uraian Materi	109
D. Aktifitas Pembelajaran	150
E. Rangkuman	150
F. Tes Formatif	152
G. Kunci Jawaban	155
Kegiatan Pembelajaran 5 Audit Energi di Sekolah.....	158
A. Tujuan	158
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	158
C. Uraian Materi	158

D. Aktifitas Pembelajaran	194
E. Rangkuman	195
F. Tes Formatif	196
G. Kunci Jawaban	199
PENUTUP	207
DAFTAR PUSTAKA	209
GLOSARIUM	211

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Gasifikasi.....	50
Gambar 2.2. Biogas di Kota Birmingham tahun 1920.....	52
Gambar 2.3. Biobriket.....	56
Gambar 2.4. Jarak Pagar	60
Gambar 2.5. Singkong untuk bahan bioetanol	63
Gambar 2.6. kelapa Sawit	65
Gambar 3.1. Batubara (Sumber: Energitoday.com)	76
Gambar 3.2. Penyerapan CO ₂ oleh tumbuhan (Sumberlist.wordpress.com).....	77
Gambar 3.3. Reboisasi	77
Gambar 3. 4. Kompor biobriket	81
Gambar 3. 5.Perangkat Gasifikasi	82
Gambar 3. 6. Instalasi Pirolisis	86
Gambar 3. 7. Instalasi bioetanol	92
Gambar 3. 8. Instalasi biofuel	95
Gambar 3. 9. Gambar konstruksi biogas.....	100
Gambar 4. 1. Penghijauan dengan tanaman bakau.....	110
Gambar 4. 2. Vegetasi pendukung potensi energi.....	113
Gambar 4. 3. Penghematan BBM dengan energi surya.....	115
Gambar 4. 4. Biomassa untuk energi.....	116
Gambar 4. 5. Grafik pertumbuhan konsumsi listrik pelanggan PLN.....	117
Gambar 4. 6. Grafik proyeksi kebutuhan energi Indonesia 2030	118
Gambar 4. 7. Grafik subsidi energi.....	119
Gambar 4. 8. Diagram bauran nergi primer nasional 2011	120
Gambar 4. 9. Grafik intensitas energi Nasional tahun 2000-2011.....	123
Gambar 4. 10. Emisi gas rumah kaca	124
Gambar 4. 11. Penghematan BBM dengan transportasi sepeda	127
Gambar 4. 12. Desain rumah hemat energi.....	129
Gambar 4. 13. Kapasitor bank.....	131

Gambar 4. 14. Pengendalian peralatan hemat energi melalui labelisasi	135
Gambar 4. 15. Energy management cycle	135
Gambar 4. 16. Salah satu langkah pengendalian BBM	137
Gambar 4. 17. Bangunan dengan bidang pencahayaan yang luas	141
Gambar 4. 18. Menara Pendingin	143
Gambar 4. 19. Perawatan boiler	146
Gambar 4. 20. Limbah boiler	147
Gambar 4. 21. Teknologi kogenerasi	148
Gambar 4. 22. Heat exchanger	149
Gambar 5. 1. Pemanfaatan ventilasi.....	159
Gambar 5. 2. Layar LEAP	176
Gambar 5. 3. Tutorial dan help	178
Gambar 5. 4. View bar	179
Gambar 5. 5. Tree dan branch	182
Gambar 5. 6. Pilihan ekspresi.....	183
Gambar 5. 7. Time series wizard step 1	184
Gambar 5. 8. Time series wizard step 2	185
Gambar 5. 9. Time series wizard step 3	185
Gambar 5. 10. Expression builder	186
Gambar 5. 11. View result	187
Gambar 5. 12. View diagram	188
Gambar 5. 13. View energy balance	189
Gambar 5. 14. View summaries	190
Gambar 5. 15. View overviews	191
Gambar 5. 16. Database teknologi dan lingkungan	192
Gambar 5. 17. Dokumentasi model	193
Gambar 5. 18. Registrasi LEAP	194

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar mutu biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006)	62
Tabel 3. 1. Konversi bahan baku tanaman yang mengandung pati	88
Tabel 4. 1. Sumber daya energi	121
Tabel 4. 2. Cadangan energi.....	122
Tabel 4. 3. Intensitas energi Nasional tahun 2000-2011	123
Tabel 4. 4. Potensi penghematan energi	125
Tabel 5. 1. iKE bangunan gedung tidak ber-AC.....	160
Tabel 5. 2. Kriteria IKE bangunan gedung ber-AC.....	161
Tabel 5. 3. Format Karakteristik pemakaian energi.....	162
Tabel 5. 4. Format perhitungan IKE untuk ruang ber-AC.....	163
Tabel 5. 5. Format perhitungan IKE untuk ruang non-AC.....	163

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.

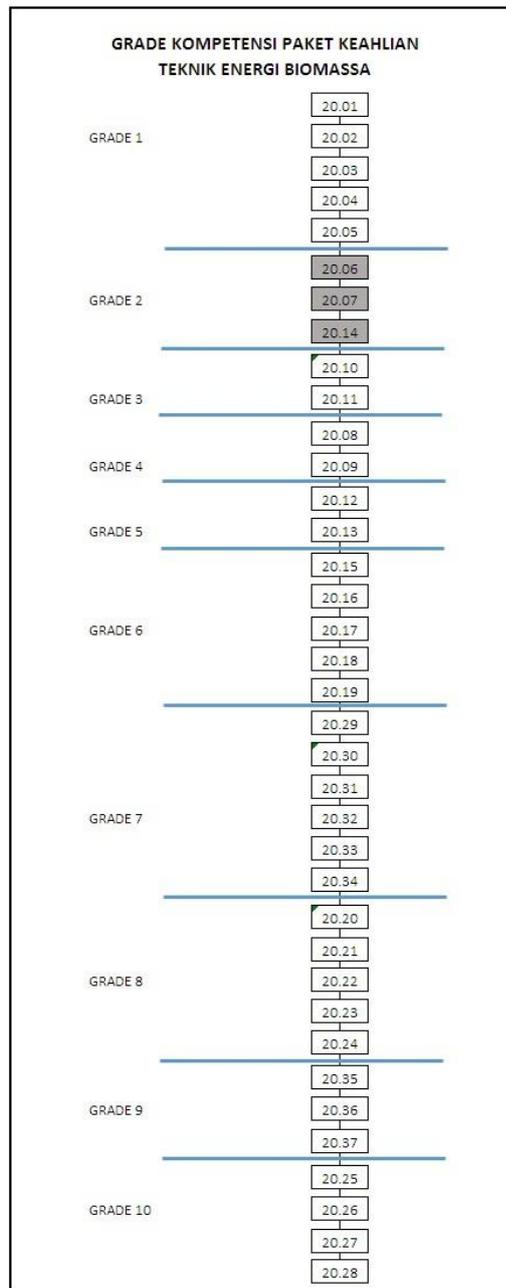
Modul ini dirancang agar guru mampu memahami teknik konversi energi yang bersumber pada sumber daya alam yang dapat diperbaharui yang ramah lingkungan, serta mampu mengenali langkah-langkah penghematan energi pada berbagai peralatan dan fasilitas.

Uraian dalam modul ini selain menekankan pada aspek produksi energi juga mempelajari konservasi energi dan lingkungan. Perlunya konservasi energi dan lingkungan berkaitan dengan: teknik penghematan energi, 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 mempelajari buku ini, guru diharapkan dapat mengerti, memahami dan menguasai teknik konversi energi biomassa melalui pemanfaatan energi alternatif dan mampu melakukan teknik penghematan energi.

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

Modul ini berisi pengetahuan tentang: konversi energi biomass ke energi panas, konversi energi biomass ke listrik, konversi energi biomass ke bahan bakar, konversi biomass dalam skala laboratorium, konversi dan efisiensi energi, dan audit energi di sekolah.

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 Pendekatan Sainifik

A. Tujuan

Guru mampu menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pendekatan pembelajaran *teacher center* dan *student center* dianalisis dengan tepat.
2. Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan.
3. Berbagai strategi/model pembelajaran (*Problem Based Learning, Project Based Learning, Discovery Learning* dan *Inquiry Learning*) diterapkan sesuai dengan karakteristik materi pelajaran.
4. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 :

Pendekatan saintifik adalah sebuah pendekatan pembelajaran yang didasarkan atas pengalaman-pengalaman belajar yang diperoleh siswa secara sistematis dengan tahapan-tahapan tertentu berdasarkan teori ilmu pendidikan yang terbukti mampu menghasilkan siswa yang inovatif dan kreatif. Dengan demikian dapat diketahui bahwa basis dari pendekatan ilmiah ini adalah teori-teori belajar maupun teori pendidikan yang berdasarkan ilmu perilaku pendidikan. Oleh karena itu perlu dipahami lebih dahulu teori belajar dan kependidikan yang mendasari pendekatan saintifik tersebut.

a. Belajar dan Perilaku Belajar

Belajar merupakan aktifitas psikologis maupun fisik, untuk menguasai suatu kemampuan tertentu. Aktivitas belajar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dan berperan penting dalam pembentukan pribadi dan perilaku individu. Nana Syaodih Sukmadinata (2005) menyebutkan bahwa sebagian terbesar perkembangan individu berlangsung melalui kegiatan belajar. Di bawah ini disajikan beberapa pengertian “belajar”:

- Gage & Berliner : “belajar adalah suatu proses perubahan perilaku yang muncul karena pengalaman”.
- Witherington (1952) : “belajar merupakan perubahan dalam kepribadian yang dimanifestasikan sebagai pola-pola respons yang baru berbentuk keterampilan, sikap, kebiasaan, pengetahuan dan kecakapan”.
- Crow & Crow dan (1958) : “ belajar adalah diperolehnya kebiasaan-kebiasaan, pengetahuan dan sikap baru”.
- Hilgard (1962) : “belajar adalah proses dimana suatu perilaku muncul atau berubah karena adanya respons terhadap sesuatu situasi”
- Di Vesta dan Thompson (1970) : “ belajar adalah perubahan perilaku yang relatif menetap sebagai hasil dari pengalaman”.
- Moh. Surya (1997) : “belajar dapat diartikan sebagai suatu proses yang dilakukan oleh individu untuk memperoleh perubahan perilaku baru secara keseluruhan, sebagai hasil dari pengalaman individu itu sendiri dalam berinteraksi dengan lingkungannya”.

Berdasarkan beberapa pengertian belajar di atas, dapat dilihat bahwa pada dasarnya belajar adalah perubahan perilaku. Dalam hal ini, Moh Surya (1997) mengemukakan ciri-ciri dari perubahan perilaku, yaitu :

b. Perubahan yang disadari dan disengaja (intensional).

Perubahan perilaku yang terjadi merupakan usaha sadar dan disengaja dari individu yang bersangkutan. Begitu juga dengan hasil-hasilnya, individu yang bersangkutan menyadari bahwa dalam dirinya telah terjadi perubahan,

misalnya pengetahuannya semakin bertambah atau keterampilannya semakin meningkat, dibandingkan sebelum dia mengikuti suatu proses belajar. Misalnya, seorang mahasiswa sedang belajar tentang psikologi pendidikan. Dia menyadari bahwa dia sedang berusaha mempelajari tentang Psikologi Pendidikan. Begitu juga, setelah belajar Psikologi Pendidikan dia menyadari bahwa dalam dirinya telah terjadi perubahan perilaku, dengan memperoleh sejumlah pengetahuan, sikap dan keterampilan yang berhubungan dengan Psikologi Pendidikan.

c. Perubahan yang berkesinambungan (kontinyu).

Bertambahnya pengetahuan atau keterampilan yang dimiliki pada dasarnya merupakan kelanjutan dari pengetahuan dan keterampilan yang telah diperoleh sebelumnya. Begitu juga, pengetahuan, sikap dan keterampilan yang telah diperoleh itu, akan menjadi dasar bagi pengembangan pengetahuan, sikap dan keterampilan berikutnya. Misalnya, seorang mahasiswa telah belajar Psikologi Pendidikan tentang “Hakekat Belajar”. Ketika dia mengikuti pendidikan dan pelatihan “Strategi Belajar Mengajar”, maka pengetahuan, sikap dan keterampilannya tentang “Hakekat Belajar” akan dilanjutkan dan dapat dimanfaatkan dalam mengikuti pendidikan dan pelatihan “Strategi Belajar Mengajar”.

d. Perubahan yang fungsional.

Setiap perubahan perilaku yang terjadi dapat dimanfaatkan untuk kepentingan hidup individu yang bersangkutan, baik untuk kepentingan masa sekarang maupun masa mendatang. Contoh : seorang mahasiswa belajar tentang psikologi pendidikan, maka pengetahuan dan keterampilannya dalam psikologi pendidikan dapat dimanfaatkan untuk mempelajari dan mengembangkan perilaku dirinya sendiri maupun mempelajari dan mengembangkan perilaku para peserta didiknya kelak ketika dia menjadi guru.

e. Perubahan yang bersifat positif.

Perubahan perilaku yang terjadi bersifat normatif dan menunjukkan ke arah kemajuan. Misalnya, seorang mahasiswa sebelum belajar tentang Psikologi Pendidikan menganggap bahwa dalam dalam Prose Belajar Mengajar tidak

perlu mempertimbangkan perbedaan-perbedaan individual atau perkembangan perilaku dan pribadi peserta didiknya, namun setelah mengikuti pembelajaran Psikologi Pendidikan, dia memahami dan berkeinginan untuk menerapkan prinsip – prinsip perbedaan individual maupun prinsip-prinsip perkembangan individu jika dia kelak menjadi guru.

f. Perubahan yang bersifat aktif.

Untuk memperoleh perilaku baru, individu yang bersangkutan aktif berupaya melakukan perubahan. Misalnya, mahasiswa ingin memperoleh pengetahuan baru tentang psikologi pendidikan, maka mahasiswa tersebut aktif melakukan kegiatan membaca dan mengkaji buku-buku psikologi pendidikan, berdiskusi dengan teman tentang psikologi pendidikan dan sebagainya.

g. Perubahan yang bersifat permanen.

Perubahan perilaku yang diperoleh dari proses belajar cenderung menetap dan menjadi bagian yang melekat dalam dirinya. Misalnya, mahasiswa belajar mengoperasikan komputer, maka penguasaan keterampilan mengoperasikan komputer tersebut akan menetap dan melekat dalam diri mahasiswa tersebut.

h. Perubahan yang bertujuan dan terarah.

Individu melakukan kegiatan belajar pasti ada tujuan yang ingin dicapai, baik tujuan jangka pendek, jangka menengah maupun jangka panjang. Misalnya, seorang mahasiswa belajar psikologi pendidikan, tujuan yang ingin dicapai dalam panjang pendek mungkin dia ingin memperoleh pengetahuan, sikap dan keterampilan tentang psikologi pendidikan yang diwujudkan dalam bentuk kelulusan dengan memperoleh nilai A. Sedangkan tujuan jangka panjangnya dia ingin menjadi guru yang efektif dengan memiliki kompetensi yang memadai tentang Psikologi Pendidikan. Berbagai aktivitas dilakukan dan diarahkan untuk mencapai tujuan-tujuan tersebut.

i. Perubahan perilaku secara keseluruhan.

Perubahan perilaku belajar bukan hanya sekedar memperoleh pengetahuan semata, tetapi termasuk memperoleh pula perubahan dalam sikap dan keterampilannya. Misalnya, mahasiswa belajar tentang “Teori-Teori Belajar”,

disamping memperoleh informasi atau pengetahuan tentang “Teori-Teori Belajar”, dia juga memperoleh sikap tentang pentingnya seorang guru menguasai “Teori-Teori Belajar”. Begitu juga, dia memperoleh keterampilan dalam menerapkan “Teori-Teori Belajar”.

Menurut Gagne (Abin Syamsuddin Makmun, 2003), perubahan perilaku yang merupakan hasil belajar dapat berbentuk :

- a. Informasi verbal; yaitu penguasaan informasi dalam bentuk verbal, baik secara tertulis maupun tulisan, misalnya pemberian nama-nama terhadap suatu benda, definisi, dan sebagainya.
- b. Kecakapan intelektual; yaitu keterampilan individu dalam melakukan interaksi dengan lingkungannya dengan menggunakan simbol-simbol, misalnya: penggunaan simbol matematika. Termasuk dalam keterampilan intelektual adalah kecakapan dalam membedakan (discrimination), memahami konsep konkrit, konsep abstrak, aturan dan hukum. Keterampilan ini sangat dibutuhkan dalam menghadapi pemecahan masalah.
- c. Strategi kognitif; kecakapan individu untuk melakukan pengendalian dan pengelolaan keseluruhan aktivitasnya. Dalam konteks proses pembelajaran, strategi kognitif yaitu kemampuan mengendalikan ingatan dan cara – cara berfikir agar terjadi aktivitas yang efektif. Kecakapan intelektual menitikberatkan pada hasil pembelajaran, sedangkan strategi kognitif lebih menekankan pada pada proses pemikiran.
- d. Sikap; yaitu hasil pembelajaran yang berupa kecakapan individu untuk memilih macam tindakan yang akan dilakukan. Dengan kata lain. Sikap adalah keadaan dalam diri individu yang akan memberikan kecenderungan bertindak dalam menghadapi suatu obyek atau peristiwa, didalamnya terdapat unsur pemikiran, perasaan yang menyertai pemikiran dan kesiapan untuk bertindak.

- e. Kecakapan motorik; ialah hasil belajar yang berupa kecakapan pergerakan yang dikontrol oleh otot dan fisik.

Sementara itu, Moh. Surya (1997) mengemukakan bahwa hasil belajar akan tampak dalam :

- a. Kebiasaan; seperti : peserta didik belajar bahasa berkali-kali menghindari kecenderungan penggunaan kata atau struktur yang keliru, sehingga akhirnya ia terbiasa dengan penggunaan bahasa secara baik dan benar.
- b. Keterampilan; seperti : menulis dan berolah raga yang meskipun sifatnya motorik, keterampilan-keterampilan itu memerlukan koordinasi gerak yang teliti dan kesadaran yang tinggi.
- c. Pengamatan; yakni proses menerima, menafsirkan, dan memberi arti rangsangan yang masuk melalui indera-indera secara obyektif sehingga peserta didik mampu mencapai pengertian yang benar.
- d. Berfikir asosiatif; yakni berfikir dengan cara mengasosiasikan sesuatu dengan lainnya dengan menggunakan daya ingat.
- e. Berfikir rasional dan kritis yakni menggunakan prinsip-prinsip dan dasar-dasar pengertian dalam menjawab pertanyaan kritis seperti “bagaimana” (*how*) dan “mengapa” (*why*).
- f. Sikap yakni kecenderungan yang relatif menetap untuk bereaksi dengan cara baik atau buruk terhadap orang atau barang tertentu sesuai dengan pengetahuan dan keyakinan.
- g. Inhibisi (menghindari hal yang mubazir).
- h. Apresiasi (menghargai karya-karya bermutu).

Perilaku afektif yakni perilaku yang bersangkutan dengan perasaan takut, marah, sedih, gembira, kecewa, senang, benci, was-was dan sebagainya.

Sedangkan menurut Bloom, perubahan perilaku yang terjadi sebagai hasil belajar meliputi perubahan dalam kawasan (domain) kognitif, afektif dan psikomotor, beserta tingkatan aspek-aspeknya.

j. Taksonomi Perilaku Individu-Bloom

Kalau perilaku individu mencakup segala pernyataan hidup, betapa banyak kata yang harus dipergunakan untuk mendeskripsikannya. Untuk keperluan studi tentang perilaku kiranya perlu ada sistematika pengelompokan berdasarkan kerangka berfikir tertentu (taksonomi). Dalam konteks pendidikan, Bloom mengungkapkan tiga kawasan (*domain*) perilaku individu beserta sub kawasan dari masing-masing kawasan, yakni : (1) kawasan kognitif; (2) kawasan afektif; dan (3) kawasan psikomotor. Taksonomi perilaku di atas menjadi rujukan penting dalam proses pendidikan, terutama kaitannya dengan usaha dan hasil pendidikan. Segenap usaha pendidikan seyogyanya diarahkan untuk terjadinya perubahan perilaku peserta didik secara menyeluruh, dengan mencakup semua kawasan perilaku. Dengan merujuk pada tulisan Gulo (2005), di bawah ini akan diuraikan ketiga kawasan tersebut beserta sub-kawasannya.

a. Kawasan Kognitif

Kawasan kognitif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek intelektual atau berfikir/nalar terdiri dari :

1) Pengetahuan (*knowledge*)

Pengetahuan merupakan aspek kognitif yang paling rendah tetapi paling mendasar. Dengan pengetahuan individu dapat mengenal dan mengingat kembali suatu objek, ide prosedur, konsep, definisi, nama, peristiwa, tahun, daftar, rumus, teori, atau kesimpulan.

Dilihat dari objek yang diketahui (*isi*) pengetahuan dapat digolongkan sebagai berikut :

a) Mengetahui sesuatu secara khusus :

- Mengetahui terminologi yaitu berhubungan dengan mengenal atau mengingat kembali istilah atau konsep tertentu yang dinyatakan dalam bentuk simbol, baik berbentuk verbal maupun non verbal.
 - Mengetahui fakta tertentu yaitu mengenal atau mengingat kembali tanggal, peristiwa, orang tempat, sumber informasi, kejadian masa lalu, kebudayaan masyarakat tertentu, dan ciri-ciri yang tampak dari keadaan alam tertentu.
- b) Mengetahui tentang cara untuk memproses atau melakukan sesuatu :
- Mengetahui kebiasaan atau cara mengetengahkan ide atau pengalaman
 - Mengetahui urutan dan kecenderungan yaitu proses, arah dan gerakan suatu gejala atau fenomena pada waktu yang berkaitan.
 - Mengetahui penggolongan atau pengkategorisasian. Mengetahui kelas, kelompok, perangkat atau susunan yang digunakan di dalam bidang tertentu, atau memproses sesuatu.
 - Mengetahui kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi fakta, prinsip, pendapat atau perlakuan.
 - Mengetahui metodologi, yaitu perangkat cara yang digunakan untuk mencari, menemukan atau menyelesaikan masalah.
 - Mengetahui hal-hal yang universal dan abstrak dalam bidang tertentu, yaitu ide, bagan dan pola yang digunakan untuk mengorganisasi suatu fenomena atau pikiran.
 - Mengetahui prinsip dan generalisasi
 - Mengetahui teori dan struktur.

2) Pemahaman (*comprehension*)

Pemahaman atau dapat dijuga disebut dengan istilah mengerti merupakan kegiatan mental intelektual yang mengorganisasikan materi yang telah diketahui. Temuan-temuan yang didapat dari mengetahui seperti definisi, informasi, peristiwa, fakta disusun kembali dalam struktur kognitif yang ada. Temuan-temuan ini diakomodasikan dan kemudian berasimilasi

dengan struktur kognitif yang ada, sehingga membentuk struktur kognitif baru. Tingkatan dalam pemahaman ini meliputi :

- *translasi* yaitu mengubah simbol tertentu menjadi simbol lain tanpa perubahan makna. Misalkan simbol dalam bentuk kata-kata diubah menjadi gambar, bagan atau grafik;
- *interpretasi* yaitu menjelaskan makna yang terdapat dalam simbol, baik dalam bentuk simbol verbal maupun non verbal. Seseorang dapat dikatakan telah dapat menginterpretasikan tentang suatu konsep atau prinsip tertentu jika dia telah mampu membedakan, memperbandingkan atau mempertentangkannya dengan sesuatu yang lain. Contoh seseorang dapat dikatakan telah mengerti konsep tentang “motivasi kerja” dan dia telah dapat membedakannya dengan konsep tentang “motivasi belajar”; dan
- *Ekstrapolasi*; yaitu melihat kecenderungan, arah atau kelanjutan dari suatu temuan. Misalnya, kepada siswa dihadapkan rangkaian bilangan 2, 3, 5, 7, 11, dengan kemampuan ekstrapolasinya tentu dia akan mengatakan bilangan ke-6 adalah 13 dan ke-7 adalah 19. Untuk bisa seperti itu, terlebih dahulu dicari prinsip apa yang bekerja diantara kelima bilangan itu. Jika ditemukan bahwa kelima bilangan tersebut adalah urutan bilangan prima, maka kelanjutannya dapat dinyatakan berdasarkan prinsip tersebut.

3) Penerapan (application)

Menggunakan pengetahuan untuk memecahkan masalah atau menerapkan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari. Seseorang dikatakan menguasai kemampuan ini jika ia dapat memberi contoh, menggunakan, mengklasifikasikan, memanfaatkan, menyelesaikan dan mengidentifikasi hal-hal yang sama. Contoh, dulu ketika pertama kali diperkenalkan kereta api kepada petani di Amerika, mereka berusaha untuk memberi nama yang cocok bagi alat angkutan tersebut. Satu-satunya alat transportasi yang sudah dikenal pada waktu itu adalah kuda. Bagi mereka, ingat kuda ingat

transportasi. Dengan pemahaman demikian, maka mereka memberi nama pada kereta api tersebut dengan iron horse (kuda besi). Hal ini menunjukkan bagaimana mereka menerapkan konsep terhadap sebuah temuan baru.

4) Penguraian (*analysis*)

Menentukan bagian-bagian dari suatu masalah dan menunjukkan hubungan antar-bagian tersebut, melihat penyebab-penyebab dari suatu peristiwa atau memberi argumen-argumen yang menyokong suatu pernyataan.

Secara rinci Bloom mengemukakan tiga jenis kemampuan analisis, yaitu :

a) Menganalisis unsur :

- Kemampuan melihat asumsi-asumsi yang tidak dinyatakan secara eksplisit pada suatu pernyataan
- Kemampuan untuk membedakan fakta dengan hipotesa.
- Kemampuan untuk membedakan pernyataan faktual dengan pernyataan normatif.
- Kemampuan untuk mengidentifikasi motif-motif dan membedakan mekanisme perilaku antara individu dan kelompok.
- Kemampuan untuk memisahkan kesimpulan dari pernyataan-pernyataan yang mendukungnya.

b) Menganalisis hubungan

- Kemampuan untuk melihat secara komprehensif interrelasi antar ide dengan ide.
- Kemampuan untuk mengenal unsur-unsur khusus yang membenarkan suatu pernyataan.
- Kemampuan untuk mengenal fakta atau asumsi yang esensial yang mendasari suatu pendapat atau tesis atau argumen-argumen yang mendukungnya.
- Kemampuan untuk memastikan konsistensinya hipotesis dengan informasi atau asumsi yang ada.

- Kemampuan untuk menganalisis hubungan di antara pernyataan dan argumen guna membedakan mana pernyataan yang relevan mana yang tidak.
- Kemampuan untuk mendeteksi hal-hal yang tidak logis di dalam suatu argumen.
- Kemampuan untuk mengenal hubungan kausal dan unsur-unsur yang penting dan yang tidak penting di dalam perhitungan historis.

c) Menganalisis prinsip-prinsip organisasi

- Kemampuan untuk menguraikan antara bahan dan alat
- Kemampuan untuk mengenal bentuk dan pola karya seni dalam rangka memahami maknanya.
- Kemampuan untuk mengetahui maksud dari pengarang suatu karya tulis, sudut pandang atau ciri berfikirnya dan perasaan yang dapat diperoleh dalam karyanya.
- Kemampuan untuk melihat teknik yang digunakan dalam menyusun suatu materi yang bersifat persuasif seperti advertensi dan propaganda.

5) Memadukan (*synthesis*)

Menggabungkan, meramu, atau merangkai berbagai informasi menjadi satu kesimpulan atau menjadi suatu hal yang baru. Kemampuan berfikir induktif dan konvergen merupakan ciri kemampuan ini. Contoh: memilih nada dan irama dan kemudian menggabungkannya sehingga menjadi gubahan musik yang baru, memberi nama yang sesuai bagi suatu temuan baru, menciptakan logo organisasi.

6) Penilaian (*evaluation*)

Mempertimbangkan, menilai dan mengambil keputusan benar-salah, baik-buruk, atau bermanfaat – tak bermanfaat berdasarkan kriteria-kriteria tertentu baik kualitatif maupun kuantitatif. Terdapat dua kriteria pembenaran yang digunakan, yaitu :

- Pembeneran berdasarkan kriteria internal; yang dilakukan dengan memperhatikan konsistensi atau kecermatan susunan secara logis unsur-unsur yang ada di dalam objek yang diamati.
- Pembeneran berdasarkan kriteria eksternal; yang dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria yang bersumber di luar objek yang diamati., misalnya kesesuaiannya dengan aspirasi umum atau kecocokannya dengan kebutuhan pemakai.

b. Kawasan Afektif

Kawasan afektif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek emosional, seperti perasaan, minat, sikap, kepatuhan terhadap moral dan sebagainya, terdiri dari :

1) Penerimaan (*receiving/attending*)

Kawasan penerimaan diperinci ke dalam tiga tahap, yaitu :

- Kesiapan untuk menerima (*awareness*), yaitu adanya kesiapan untuk berinteraksi dengan stimulus (fenomena atau objek yang akan dipelajari), yang ditandai dengan kehadiran dan usaha untuk memberi perhatian pada stimulus yang bersangkutan.
- Kemauan untuk menerima (*willingness to receive*), yaitu usaha untuk mengalokasikan perhatian pada stimulus yang bersangkutan.
- Mengkhususkan perhatian (*controlled or selected attention*). Mungkin perhatian itu hanya tertuju pada warna, suara atau kata-kata tertentu saja.

2) Sambutan (*responding*)

Mengadakan aksi terhadap stimulus, yang meliputi proses sebagai berikut :

- Kesiapan menanggapi (*acquiescence of responding*). Contoh : mengajukan pertanyaan, menempelkan gambar dari tokoh yang disenangi pada tembok kamar yang bersangkutan, atau mentaati peraturan lalu lintas.

- Kemauan menanggapi (*willingness to respond*), yaitu usaha untuk melihat hal-hal khusus di dalam bagian yang diperhatikan. Misalnya pada desain atau warna saja.
- Kepuasan menanggapi (*satisfaction in response*), yaitu adanya aksi atau kegiatan yang berhubungan dengan usaha untuk memuaskan keinginan mengetahui. Contoh kegiatan yang tampak dari kepuasan menanggapi ini adalah bertanya, membuat coretan atau gambar, memotret dari objek yang menjadi pusat perhatiannya, dan sebagainya.

3) Penilaian (*valuing*)

Pada tahap ini sudah mulai timbul proses internalisasi untuk memiliki dan menghayati nilai dari stimulus yang dihadapi. Penilaian terbagi atas empat tahap sebagai berikut :

- Menerima nilai (*acceptance of value*), yaitu kelanjutan dari usaha memuaskan diri untuk menanggapi secara lebih intensif.
- Menyeleksi nilai yang lebih disenangi (*preference for a value*) yang dinyatakan dalam usaha untuk mencari contoh yang dapat memuaskan perilaku menikmati, misalnya lukisan yang memiliki yang memuaskan.
- Komitmen yaitu kesetujuan terhadap suatu nilai dengan alasan-alasan tertentu yang muncul dari rangkaian pengalaman.
- Komitmen ini dinyatakan dengan rasa senang, kagum, terpesona. Kagum atas keberanian seseorang, menunjukkan komitmen terhadap nilai keberanian yang dihargainya.

4) Pengorganisasian (*organization*)

Pada tahap ini yang bersangkutan tidak hanya menginternalisasi satu nilai tertentu seperti pada tahap komitmen, tetapi mulai melihat beberapa nilai yang relevan untuk disusun menjadi satu sistem nilai. Proses ini terjadi dalam dua tahapan, yakni :

- Konseptualisasi nilai, yaitu keinginan untuk menilai hasil karya orang lain, atau menemukan asumsi-asumsi yang mendasari suatu moral atau kebiasaan.

- Pengorganisasian sistem nilai, yaitu menyusun perangkat nilai dalam suatu sistem berdasarkan tingkat preferensinya. Dalam sistem nilai ini yang bersangkutan menempatkan nilai yang paling disukai pada tingkat yang amat penting, menyusul kemudian nilai yang dirasakan agak penting, dan seterusnya menurut urutan kepentingan. atau kesenangan dari diri yang bersangkutan.

5) Karakterisasi (*characterization*)

Karakterisasi yaitu kemampuan untuk menghayati atau mempribadikan sistem nilai. Kalau pada tahap pengorganisasian di atas sistem nilai sudah dapat disusun, maka susunan itu belum konsisten di dalam diri yang bersangkutan. Artinya mudah berubah-ubah sesuai situasi yang dihadapi. Pada tahap karakterisasi, sistem itu selalu konsisten. Proses ini terdiri atas dua tahap, yaitu :

- Generalisasi, yaitu kemampuan untuk melihat suatu masalah dari suatu sudut pandang tertentu.
- Karakterisasi, yaitu mengembangkan pandangan hidup tertentu yang memberi corak tersendiri pada kepribadian diri yang bersangkutan.

c. Kawasan Psikomotor

Kawasan psikomotor yaitu kawasan yang berkaitan dengan aspek-aspek keterampilan yang melibatkan fungsi sistem syaraf dan otot (*neuronmuscular system*) dan fungsi psikis. Kawasan ini terdiri dari : (a) kesiapan (*set*); (b) peniruan (*imitation*); (c) membiasakan (*habitual*); (d) menyesuaikan (*adaptation*) dan (e) menciptakan (*origination*).

- Kesiapan yaitu berhubungan dengan kesediaan untuk melatih diri tentang keterampilan tertentu yang dinyatakan dengan usaha untuk melaporkan kehadirannya, mempersiapkan alat, menyesuaikan diri dengan situasi, menjawab pertanyaan.
- Meniru adalah kemampuan untuk melakukan sesuai dengan contoh yang diamatinya walaupun belum mengerti hakikat atau makna dari

keterampilan itu. Seperti anak yang baru belajar bahasa meniru kata-kata orang tanpa mengerti artinya.

- Membiasakan yaitu seseorang dapat melakukan suatu keterampilan tanpa harus melihat contoh, sekalipun ia belum dapat mengubah polanya.
- Adaptasi yaitu seseorang sudah mampu melakukan modifikasi untuk disesuaikan dengan kebutuhan atau situasi tempat keterampilan itu dilaksanakan.
- Menciptakan (*origination*) di mana seseorang sudah mampu menciptakan sendiri suatu karya.

Sementara itu, Abin Syamsuddin Makmun (2003) memerinci sub kawasan ini dengan tahapan yang berbeda, yaitu :

- Gerakan refleks (*reflex movements*). Basis semua perilaku bergerak atau respons terhadap stimulus tanpa sadar, misalnya : melompat, menunduk, berjalan, dan sebagainya.
- Gerakan dasar biasa (*Basic fundamental movements*) yaitu gerakan yang muncul tanpa latihan tapi dapat diperhalus melalui praktik, yang terpolakan dan dapat ditebak.
- Gerakan Persepsi (*Perceptual abilities*) yaitu gerakan sudah lebih meningkat karena dibantu kemampuan perseptual.
- Gerakan fisik (*Physical Abilities*) yaitu gerakan yang menunjukkan daya tahan (*endurance*), kekuatan (*strength*), kelenturan (*flexibility*) dan kegesitan.
- Gerakan terampil (*skilled movements*) yaitu dapat mengontrol berbagai tingkatan gerak secara terampil, tangkas, dan cekatan dalam melakukan gerakan yang sulit dan rumit (kompleks).
- Gerakan indah dan kreatif (*Non-discursive communication*) yaitu mengkomunikasikan perasaan melalui gerakan, baik dalam bentuk gerak estetik: gerakan-gerakan terampil yang efisien dan indah maupun gerak

kreatif: gerakan-gerakan pada tingkat tertinggi untuk mengkomunikasikan peran.

k. Teori Konstruktivisme

Pendekatan saintifik penekanannya pada aktifitas siswa untuk membentuk konstruk berpikir, konstruk sikap maupun konstruk perbuatan. Untuk itu perlu dipahami tentang teori konstruktivisme.

Teori konstruktivisme didasari oleh ide-ide Piaget, Bruner, Vygotsky dan lain-lain. Piaget berpendapat bahwa pada dasarnya setiap individu sejak kecil sudah memiliki kemampuan untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri. Pengetahuan yang dikonstruksi oleh anak sebagai subjek, maka akan menjadi pengetahuan yang bermakna; sedangkan pengetahuan yang hanya diperoleh melalui proses pemberitahuan tidak akan menjadi pengetahuan yang bermakna, pengetahuan tersebut hanya untuk diingat sementara setelah itu dilupakan. Dalam kelas konstruktivis seorang guru tidak mengajarkan kepada anak bagaimana menyelesaikan persoalan, namun mempresentasikan masalah dan mendorong siswa untuk menemukan cara mereka sendiri dalam menyelesaikan permasalahan. Hal ini berarti siswa mengkonstruksi pengetahuannya melalui interaksi dengan objek, fenomena, pengalaman dan lingkungan mereka.

Hal yang sama juga diungkapkan Wood dan Coob, para ahli konstruktivisme mengatakan bahwa ketika siswa mencoba menyelesaikan tugas-tugas di kelas, maka pengetahuan matematika dikonstruksi secara aktif, dan mereka setuju bahwa belajar matematika melibatkan manipulasi aktif dari pemaknaan bukan hanya bilangan dan rumus-rumus saja. Mereka menolak paham bahwa matematika dipelajari dalam satu koleksi yang berpola linear. Setiap tahap dari pembelajaran melibatkan suatu proses penelitian terhadap makna dan penyampaian keterampilan hafalan dengan cara yang tidak ada jaminan bahwa siswa akan menggunakan keterampilan inteligennya dalam *setting* matematika.

Beberapa prinsip pembelajaran dengan konstruktivisme diantaranya dikemukakan oleh Steffe dan Kieren yaitu observasi dan mendengar aktifitas dan pembicaraan

matematika siswa adalah sumber yang kuat dan petunjuk untuk mengajar. Lebih jauh dikatakan bahwa dalam konstruktivisme aktivitas matematika mungkin diwujudkan melalui tantangan masalah, kerja dalam kelompok kecil dan diskusi kelas. Disebutkan pula bahwa dalam konstruktivisme proses pembelajaran senantiasa "*problem centered approach*", dimana guru dan siswa terikat dalam pembicaraan yang memiliki makna matematika.

Dari prinsip di atas terlihat bahwa ide pokok dari teori konstruktivisme adalah siswa aktif membangun pengetahuannya sendiri. Dalam hal ini guru berfungsi sebagai fasilitator. Belajar menurut paham konstruktivisme adalah mengkonstruksi pengetahuan yang dilakukan baik secara individu maupun secara sosial. Sedangkan mengajar bukanlah memindahkan pengetahuan guru kepada siswa, melainkan suatu kegiatan yang memungkinkan siswa membangun sendiri pengetahuan, dengan menginkuiri suatu permasalahan dan kemudian memecahkan permasalahan.

Pembelajaran dengan pendekatan inkuiri merupakan salah satu pendekatan konstruktivisme dapat diterapkan antara lain dalam pembelajaran kooperatif, dimana siswa diberi kesempatan untuk berinteraksi secara sosial dan berkomunikasi dengan sesamanya untuk mencapai tujuan pembelajaran dan guru bertindak sebagai fasilitator dan motivator.

I. Pendekatan Pembelajaran Teacher Centered Dan Student Centered

Pendekatan saintifik mengacu pada pembelajaran berpusat pada siswa. Namun bukan berarti *teacher centered* itu hal yang kurang baik, tapi hanya porsi yang dikurangi sehingga yang aktif adalah siswa.

Perbedaan mendasar antara *student centered learning* dengan *teacher centered* terlihat jelas pada orientasinya. Orientasi strategi *student centered learning* lebih menekankan pada terjadinya kegiatan belajar oleh siswa, atau berorientasi pada pembelajaran (*learning oriented*), sedangkan strategi *teacher centered* lebih berorientasi pada konten (*content oriented*). Dengan kata lain, pada *student centered learning*, mengajar tidak lagi difahami sebagai proses untuk mentransfer informasi, akan tetapi sebagai wahana untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran.

Paradigma pembelajaran (SCL), guru hanya sebagai fasilitator dan motivator dengan menyediakan beberapa strategi belajar yang memungkinkan siswa (bersama guru) memilih, menemukan dan menyusun pengetahuan serta cara mengembangkan ketrampilannya (*method of inquiry and discovery*). Pada SCL, ilmu pengetahuan tidak lagi dianggap statik tetapi dinamis dimana peserta didik secara aktif mengembangkan ketrampilan dan pengetahuannya artinya siswa secara aktif menerima pengetahuan tidak lagi pasif. Dengan demikian sangat mungkin nantinya siswa didik menjadi lebih pintar dari gurunya (tidak seperti film silat jaman dahulu dimana murid selalu kalah dari gurunya) apabila sang guru tidak aktif mengembangkan pengetahuannya. SCL tidak melupakan peran guru, dalam SCL guru masih memiliki peran seperti berikut : 1. Bertindak sebagai fasilitator dan motivator dalam proses pembelajaran. 2. Mengkaji kompetensi mata pelajaran yang perlu dikuasai siswa di akhir pembelajaran 3. Merancang strategi dan lingkungan pembelajaran dengan menyediakan berbagai pengalaman belajar yang diperlukan siswa dalam rangka mencapai kompetensi yang dibebankan pada mata pelajaran yang diampu. 4. Membantu siswa mengakses informasi, menata dan memprosesnya untuk dimanfaatkan dalam memecahkan permasalahan nyata. 5. Mengidentifikasi dan menentukan pola penilaian hasil belajar siswa yang relevan dengan kompetensinya. Sementara itu, peran yang harus dilakukan siswa dalam pembelajaran SCL adalah: 1) Mengkaji kompetensi mata pelajaran yang dipaparkan guru 2) Mengkaji strategi pembelajaran yang ditawarkan guru 3) Membuat rencana pembelajaran untuk mata pelajaran yang diikutinya 4) Belajar secara aktif (dengan cara mendengar, membaca, menulis, diskusi, dan terlibat dalam pemecahan masalah serta lebih penting lagi terlibat dalam kegiatan berfikir. 5) tingkat tinggi seperti analisis, sintesis dan evaluasi), baik secara individu maupun berkelompok. 6) Mengoptimalkan kemampuan dirinya. Sedangkan Pada TCL, peran siswa untuk aktif dalam pembelajaran menjadi terbatas. Perbaikan dari metode ini biasa ya berupa diskusi tanya jawab tetapi dengan tetap mengedepankan peran guru dalam pendidikan dan pelatihan. Dalam bahasa lain, ilmu pengetahuan dianggap sudah jadi dan guru disini dikatakan melakukan *transfer of knowledge*.

m. Teacher Centered Learning (TCL)

Menurut Smith dalam Sanjaya yang dikutip ulang oleh Parwati bahwa *Teacher Centered Teaching (TCL)* adalah suatu pendekatan belajar yang berdasar pada pandangan bahwa mengajar adalah menanamkan pengetahuan dan keterampilan. Selanjutnya Parwati menegaskan Cara pandang ini memiliki beberapa ciri sebagai berikut:

- a. Memakai pendekatan berpusat pada guru, yakni gurulah yang harus menjadi pusat dalam pembelajaran.
- b. Siswa ditempatkan sebagai objek belajar. Siswa dianggap sebagai organisme yang pasif, sebagai penerima informasi yang diberikan guru.
- c. Kegiatan pembelajaran terjadi pada tempat dan waktu tertentu. Siswa hanya belajar manakala ada kelas yang telah didesain sedemikian rupa sebagai tempat belajar.

Tujuan utama pembelajaran adalah penguasaan materi pelajaran. Keberhasilan suatu proses pengajaran diukur dari sejauh mana siswa dapat menguasai materi pelajaran yang disampaikan guru. Di Indonesia sistem pembelajaran pada hampir semua sekolah masih bersifat satu arah, karena yang ingin dicapai adalah bagaimana guru bisa mengajar dengan baik sehingga yang terjadi adalah hanya transfer pengetahuan. Modifikasi model pembelajaran *TCL* telah banyak dilakukan, antara lain mengkombinasikan *lecturing* (ceramah) dengan Tanya jawab dan pemberian tugas namun hasil yang dihasilkan masih dianggap belum optimal.

Dampak dari sistem pembelajaran *TCL* adalah guru kurang mengembangkan bahan pembelajaran dan cenderung seadanya (monoton). Guru mulai tampak tergerak untuk mengembangkan bahan pembelajaran dengan banyak membaca jurnal atau *download* artikel hasil-hasil penelitian terbaru dari internet, jika siswanya mempunyai kreativitas tinggi, banyak bertanya, atau sering mengajak diskusi.

n. Student Centered Learning (SCL)

Menurut Harsono, *Student Centered Learning* merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang memfasilitasi pembelajar untuk terlibat dalam proses *Experiential*

Learning (pengalaman belajar). Model pembelajaran *SCL* pada saat ini diusulkan menjadi model pembelajaran yang sebaiknya digunakan karena memiliki beberapa keunggulan:

- a. Peserta didik dapat merasakan bahwa pembelajaran menjadi miliknya sendiri, karena diberi kesempatan yang luas untuk berpartisipasi.
- b. Peserta didik memiliki motivasi yang kuat untuk mengikuti kegiatan pembelajaran.
- c. Tumbuhnya suasana demokratis dalam pembelajaran, sehingga terjadi dialog dan diskusi untuk saling belajar membelajarkan di antara siswa.
- d. Menambah wawasan pikiran dan pengetahuan bagi guru karena sesuatu yang dialami dan disampaikan belum diketahui sebelumnya oleh guru.

Keunggulan-keunggulan yang dimiliki model pembelajaran *SCL* tersebut akan mampu mendukung upaya ke arah pembelajaran yang efektif dan efisien. Pada sistem pembelajaran *SCL* siswa dituntut aktif mengerjakan tugas dan mendiskusikannya dengan guru sebagai fasilitator. Dengan aktifnya siswa, maka kreatifitas siswa akan terpupuk. Kondisi tersebut akan mendorong guru untuk selalu mengembangkan dan menyesuaikan materi pembelajarannya dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Dengan demikian guru bukan lagi sebagai sumber belajar utama, melainkan sebagai “mitra belajar”.

o. Penerapan SCL pada Pembelajaran

Penerapan *SCL* dapat diartikan sebagai kegiatan yang terprogram dalam desain *FEE* (*Facilitating, Empowering, Enabling*), untuk siswa belajar secara aktif yang menekankan pada sumber belajar. Dengan demikian, pembelajaran merupakan proses pengembangan kreativitas berpikir yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa, serta dapat meningkatkan dan mengkonstruksi pengetahuan baru sebagai upaya meningkatkan penguasaan dan pengembangan yang baik terhadap materi. *SCL* adalah pembelajaran yang berpusat pada aktivitas belajar siswa, bukan hanya pada aktivitas guru mengajar. Hal ini sesuai dengan model

pembelajaran yang terprogram dalam desain *FEE*. Situasi pembelajaran dalam *SCL* diantaranya memiliki ciri-ciri:

- a. Siswa belajar baik secara individu maupun berkelompok untuk membangun pengetahuan.
- b. Guru lebih berperan sebagai *FEE* dan *guides on the sides* daripada sebagai *mentor in the centered*.
- c. Siswa tidak sekedar kompeten dalam bidang ilmu, akan tetapi kompeten dalam belajar.
- d. Belajar menjadi kegiatan komunitas yang difasilitasi oleh guru, yang mampu mengelola pembelajarannya menjadi berorientasi pada siswa.
- e. Belajar lebih dimaknai sebagai belajar sepanjang hayat (*life long learning*), suatu keterampilan yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.
- f. Belajar termasuk memanfaatkan teknologi yang tersedia.

Selanjutnya Hadi mengatakan bahwa Sebuah sekolah yang menerapkan metode pembelajaran dengan model *SCL* mempunyai beberapa karakteristik yang dapat dijumpai, antara lain: (a) Adanya berbagai aktivitas dan tempat belajar, (b) Display hasil karya siswa, (c) Tersedia banyak materi dan fasilitas belajar, (d) Tersedia banyak tempat yang nyaman untuk berdiskusi, (e) Terjadi kelompok-kelompok dan interaksi multiangkatan atau kelas, (f) Ada keterlibatan masyarakat, (g) Jam buka perpustakaan fleksibel.

Menurut Ramdhani yang dikutip oleh Kurdi, dalam proses pembelajaran model *SCL* guru memiliki peran yang penting dalam pelaksanaan model ini yang meliputi bertindak sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran, mengkaji kompetensi mata pelajaran yang perlu dikuasai oleh siswa di akhir pembelajaran, dan lain lain.

p. Perlunya Memiliki High Order Thinking Skill

Berpikir adalah aktifitas mencurahkan daya pikir untuk maksud tertentu. Berpikir adalah identitas yang memisahkan status kemanusiaan manusia dengan lainnya.

Karenanya sejauhmana manusia pantas disebut manusia dapat dibedakan dengan sejauhmana pula ia menggunakan pikirannya. *Al-Insan huwa al-Hayawanun Nathiq*. Dalam dunia pendidikan berpikir merupakan bagian dari ranah kognitif, dimana dalam hirarki Bloom terdiri dari tingkatan-tingkatan. Bloom mengkategorikan ranah kognitif ke dalam enam tingkatan: (1) pengetahuan (*knowledge*); (2) pemahaman (*comprehension*); (3) penerapan (*application*); (4) menganalisis (*analysis*); (5) mensintesis (*synthesis*); dan (6) menilai (*evaluation*). Keenam tingkatan ini merupakan rangkaian tingkatan berpikir manusia. Berdasarkan tingkatan tersebut, maka dapat diketahui bahwa berpikir untuk mengetahui merupakan tingkatan berpikir yang paling bawah (*lower*) sedangkan tingkatan berpikir paling tertinggi (*higher*) adalah menilai.

Merujuk definisi dalam Wikipedia Indonesia, berpikir tingkat tinggi adalah: *a concept of Education reform based on learning taxonomies such as Bloom's Taxonomy. The idea is that some types of learning require more cognitive processing than others, but also have more generalized benefits. In Bloom's taxonomy, for example, skills involving analysis, evaluation and synthesis (creation of new knowledge) are thought to be of a higher order, requiring different learning and teaching methods, than the learning of facts and concepts. Higher order thinking involves the learning of complex judgmental skills such as critical thinking and problem solving. Higher order thinking is more difficult to learn or teach but also more valuable because such skills are more likely to be usable in novel situations (i.e., situations other than those in which the skill was learned).*

Dari definisi tersebut maka dapat diketahui bahwa berpikir tingkat tinggi membutuhkan berbagai langkah-langkah pembelajaran dan pengajaran yang berbeda dengan hanya sekedar mempelajari fakta dan konsep semata. Dalam berpikir tingkat tinggi meliputi aktivitas pembelajaran terhadap keterampilan dalam memutuskan hal-hal yang bersifat kompleks semisal berpikir kritis dan berpikir dalam memecahkan masalah. Meski memang berpikir tingkat tinggi sulit untuk dipelajari dan diajarkan, namun kegunaannya sudah tidak diragukan lagi.

Alice Thomas dan Glenda menyatakan bahwa berpikir tingkat tinggi adalah berpikir pada tingkat lebih tinggi daripada sekedar menghafalkan fakta atau mengatakan sesuatu kepada seseorang persis seperti sesuatu itu diceritakan kepada kita. Pada saat seseorang menghafalkan dan menyampaikan kembali informasi tersebut tanpa harus memikirkannya, disebut memori hafalan (*rote memory*). Orang tersebut tak berbeda dengan robot, bahkan ia melakukan apapun yang diprogram dilakukannya, sehingga ia juga tidak dapat berpikir untuk dirinya sendiri. Berpikir tingkat tinggi secara singkat dapat dikatakan sebagai pencapaian berpikir kepada pemikiran tingkat tinggi dari sekedar pengulangan fakta-fakta. Berpikir tingkat tinggi mengharuskan kita melakukan sesuatu atas fakta-fakta. Kita harus memahaminya, menghubungkan satu sama lainnya, mengkategorikan, memanipulasi, menempatkannya bersama-sama dengan cara-cara baru, dan menerapkannya dalam mencari solusi baru terhadap persoalan-persoalan baru.

Bagi sebagian orang berpikir tingkat tinggi dapat dilakukan dengan mudahnya, tetapi bagi orang lain belum tentu dapat dilakukan. Meski demikian bukan berarti berpikir tingkat tinggi tidak dapat dipelajari. Alison menyatakan bahwa seperti halnya keterampilan pada umumnya, berpikir tingkat tinggi dapat dipelajari oleh setiap orang. Lebih lanjut ia menyatakan bahwa berpikir tingkat tinggi dalam praktiknya bahwa keterampilan berpikir tingkat tinggi baik pada anak-anak maupun orang dewasa dapat berkembang. Langkah paling awal yang dapat dilakukan adalah dengan mengenal dan mempelajari apa “berpikir tingkat tinggi itu?”

Berkenaan dengan berpikir tingkat tinggi, ada beberapa fakta singkat yang perlu ketahui sebagai berikut.

1. Tidak ada seorang di dunia ini yang mampu berpikir sempurna sama seperti halnya tak ada seorangpun yang memiliki kekuatan berpikir yang buruk sepanjang waktunya.
2. Keterampilan seseorang dalam menggunakan daya pikir sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor dan kondisi. Dengan demikian orang yang dipandang pandai dan pintar mungkin saja dapat berpikir lebih buruk daripada orang yang paling bodoh tetapi berada pada tempat yang cocok.

Fakta ini juga menunjukkan bahwa di dunia ini tidak ada orang yang benar-benar paling pintar dan tidak ada orang yang bodoh sama sekali. Menghafal sesuatu tidak sama dengan memikirkan sesuatu. Menghapalkan merupakan aktifitas dalam merekam sesuatu apa adanya, tak kurang dan tak lebih. Sedangkan memikirkan sesuatu berarti mempergunakan daya pikirnya dalam rangka mengetahui, memahami, membandingkan, menerapkan dan menilai sesuatu tersebut. Dalam menghafal aktivitas pikir bersifat lebih sederhana dibandingkan dengan memikirkan. Mengingat pacar tentu berbeda dengan memikirkan pacar! Kita dapat mengingat sesuatu dengan tanpa memahaminya. Salah satu kelebihan manusia adalah kemampuan manusia dalam merekam apapun yang didengar, dilihat dan dirasakannya apalagi pada saat proses perekaman tersebut terdapat kesan yang memperkuat, meski kadang apa yang kita dengar, kita lihat dan kita rasakan itu tidak pernah kita mengerti. Misalnya ketika anak TK diwajibkan menghapalkan satu persatu butir-butir Pancasila, mereka mampu menghapalnya dengan fasih meski kadang tidak tahu artinya. Seperti mimpi, kita merasakan apa yang terjadi dalam mimpi seolah-olah nyata meski kadang kita sendiri tiak pernah dapat memahaminya. Berpikir dilakukan dalam dua bentuk: kata dan gambar. Kata maupun gambar adalah simbol-simbol yang mendorong otak manusia untuk mengingat dan menyelami maknanya dalam kegiatan berpikir. Kata merupakan simbol dari apa yang kita dengar dan kita baca, sedangkan gambar merepresentasikan dari apa yang kita lihat dan kita bayangkan. Ada tiga jenis utama intelijen dan kemampuan berpikir: analitis, kreatif dan praktis. Berpikir analisis disebut juga berpikir kritis. Ciri khusus berpikir analisis adalah melibatkan proses berpikir logis dan penalaran termasuk keterampilan seperti perbandingan, klasifikasi, pengurutan, penyebab/efek, pola, anyaman, analogi, penalaran deduktif dan induktif, peramalan, perencanaan, hyphothesizing, dan critiquing. Berpikir kreatif adalah proses berpikir yang melibatkan menciptakan sesuatu yang baru atau asli. Ini melibatkan keterampilan fleksibilitas, orisinalitas, kefasihan, elaborasi, brainstorming, modifikasi, citra, pemikiran asosiatif, atribut daftar, berpikir metaforis, membuat hubungan. Tujuan

dari berpikir kreatif adalah merangsang rasa ingin tahu dan menampakkan perbedaan. Inti dari berpikir praktis, sebagaimana dikemukakan Edward De Bono adalah bagaimana pikiran itu bekerja, bukan bagaimana seorang filosof berpikir bahwa sesuatu itu dapat bekerja. Ketiga kecerdasan dan cara berpikir (analitis, kreatif dan praktis) berguna dalam kehidupan sehari-hari. Dalam kenyataannya kita terpecah terhadap salah satu cara berpikir saja. Dalam kondisi dan keadaan tertentu, kita lebih banyak menggunakan cara berpikir analitis ketimbang lainnya. Dalam kondisi lainnya berpikir kreatif lebih dituntut oleh kita, sedangkan dalam kondisi tertentu pula kita lebih memilih untuk berpikir secara praktis. Kita dapat meningkatkan kemampuan berpikir dengan cara memahami proses-proses yang melibatkan kegiatan berpikir. Dengan membiasakan diri dalam kegiatan-kegiatan yang membutuhkan aktivitas berpikir, otak kita akan terdidik dan terbiasa untuk berpikir. Dengan kebiasaan ini, maka akan menghasilkan peningkatan kemampuan kita dalam berpikir. Orang yang lebih cenderung menggunakan otak ketimbang otak, tentu peningkatan kemampuan berpikirnya akan lambat disbanding mereka yang kehidupan sehari-harinya selalu membutuhkan proses berpikir. Berpikir metakognisi merupakan bagian dari berpikir tingkat tinggi. Metakognisi didefinisikan "*cognition about cognition*" atau "*knowing about knowing*". Dalam kata lain, meta cognition dapat diartikan "*learning about learning*" (belajar tentang belajar). Metakognisi dapat terdiri dari banyak bentuk, tetapi juga mencakup pengetahuan tentang kapan dan bagaimana menggunakan strategi-strategi khusus untuk belajar atau untuk pemecahan masalah. Selain metakognisi terdapat istilah lain yang hampir sama, yaitu metamemory yang didefinisikan sebagai "*knowing about memory*" dan "*memoric strategy*", ia merupakan bentuk penting dari metakognisi.

Bahan Bacaan 2 :

a. Pengertian Pendekatan Saintifik

Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian. Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik dan antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah pembelajaran yang terdiri atas kegiatan mengamati (untuk mengidentifikasi hal-hal yang ingin diketahui), merumuskan pertanyaan (dan



merumuskan hipotesis), mencoba/mengumpulkan data (informasi) dengan berbagai teknik, mengasosiasi/ menganalisis/mengolah data (informasi) dan menarik kesimpulan serta mengkomunikasikan hasil yang terdiri dari kesimpulan untuk memperoleh pengetahuan, keterampilan dan sikap. Langkah-langkah tersebut dapat dilanjutkan dengan kegiatan mencipta.

Kurikulum 2013 mengembangkan sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan peserta didik. (Permendikbud Nomor 54/2013) Bagaimana Kurikulum

2013 memfasilitasi peserta didik memperoleh nilai-nilai, pengetahuan, dan keterampilan secara berimbang?, bagaimana proses pembelajaran dilaksanakan?

Proses pembelajaran mengacu pada prinsip-prinsip sebagai berikut:

- Dari peserta didik diberi tahu menuju peserta didik mencari tahu;
- Dari guru sebagai satu-satunya sumber belajar menjadi belajar berbasis aneka sumber belajar;
- Dari pendekatan tekstual menuju proses sebagai penguatan penggunaan pendekatan ilmiah;
- Dari pembelajaran berbasis konten menuju pembelajaran berbasis kompetensi;
- Dari pembelajaran yang menekankan jawaban tunggal menuju pembelajaran dengan jawaban yang kebenarannya multi dimensi;
- Dari pembelajaran verbalisme menuju keterampilan aplikatif;
- Peningkatan dan keseimbangan antara keterampilan fisikal (*hardskills*) dan keterampilan mental (*softskills*);
- Pembelajaran yang mengutamakan pembudayaan dan pemberdayaan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat;
- Pembelajaran yang menerapkan nilai-nilai dengan memberi keteladanan (ing ngarso sung tulodo), membangun kemauan (ing madyo mangun karso), dan mengembangkan kreativitas peserta didik dalam proses pembelajaran (tut wuri handayani);
- Pembelajaran yang berlangsung di rumah, di sekolah, dan di masyarakat;
- Pembelajaran yang menerapkan prinsip bahwa siapa saja adalah guru, siapa saja adalah siswa, dan di mana saja adalah kelas.
- Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran; dan
- Pengakuan atas perbedaan individual dan latar belakang budaya peserta didik.
- peserta didik difasilitasi untuk mencari tahu;
- peserta didik belajar dari berbagai sumber belajar;
- proses pembelajaran menggunakan pendekatan ilmiah;
- pembelajaran berbasis kompetensi;

- pembelajaran terpadu;
- pembelajaran yang menekankan pada jawaban divergen yang memiliki kebenaran multi dimensi;
- pembelajaran berbasis keterampilan aplikatif;
- peningkatan keseimbangan, kesinambungan, dan keterkaitan antara *hard-skills* dan *soft-skills*;
- pembelajaran yang mengutamakan pembudayaan dan pemberdayaan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat;
- pembelajaran yang menerapkan nilai-nilai dengan memberi keteladanan (Ing Ngarso Sung Tulodo), membangun kemauan (Ing Madyo Mangun Karso), dan mengembangkan kreativitas peserta didik dalam proses pembelajaran (Tut Wuri Handayani);
- pembelajaran yang berlangsung di rumah, di sekolah, dan di masyarakat;
- pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran;
- pengakuan atas perbedaan individual dan latar belakang budaya peserta didik; dan
- suasana belajar menyenangkan dan menantang.

Berikut contoh kegiatan belajar dan deskripsi langkah-langkah pendekatan saintifik pada pembelajaran kurikulum 2013 adalah:

- 1) Mengamati: membaca, mendengar, menyimak, melihat (tanpa atau dengan alat) untuk mengidentifikasi hal-hal yang ingin diketahui - Mengamati dengan indra (membaca, mendengar, menyimak, melihat, menonton, dan sebagainya) dengan atau tanpa alat.
- 2) Menanya: mengajukan pertanyaan tentang hal-hal yang tidak dipahami dari apa yang diamati atau pertanyaan untuk mendapatkan informasi tambahan tentang apa yang diamati - Membuat dan mengajukan pertanyaan, tanya jawab, berdiskusi tentang informasi yang belum dipahami, informasi tambahan yang ingin diketahui, atau sebagai klarifikasi.

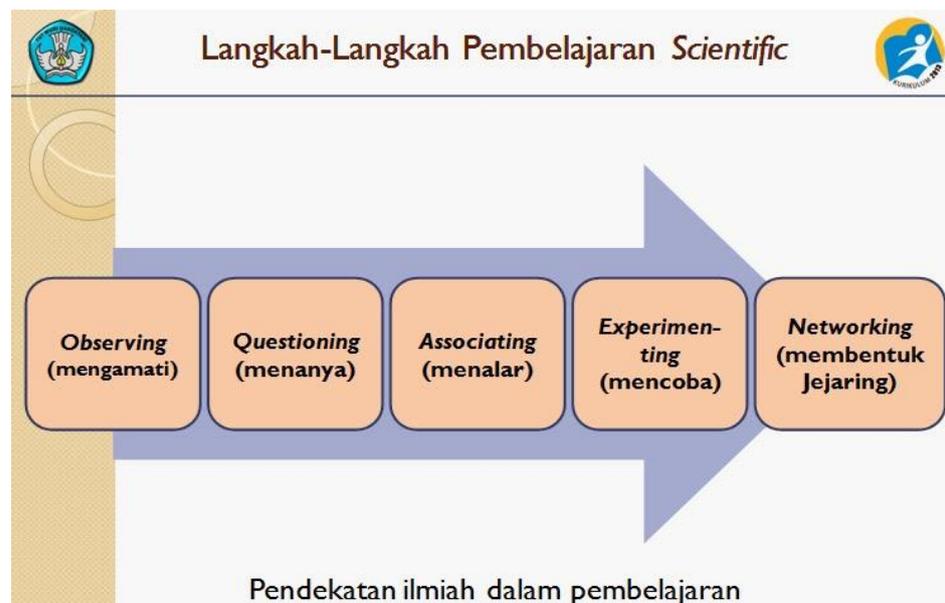
- 3) Mencoba/mengumpulkan data (informasi): melakukan eksperimen, membaca sumber lain dan buku teks, mengamati objek/kejadian/aktivitas, wawancara dengan narasumber - Mengeksplorasi, mencoba, berdiskusi, mendemonstrasikan, meniru bentuk/gerak, melakukan eksperimen, membaca sumber lain selain buku teks, mengumpulkan data dari nara sumber melalui angket, wawancara, dan memodifikasi/ menambahi/mengembangkan.
- 4) Mengasosiasikan/mengolah informasi: siswa mengolah informasi yang sudah dikumpulkan baik terbatas dari hasil kegiatan mengumpulkan/eksperimen maupun hasil dari kegiatan mengamati dan kegiatan mengumpulkan informasi - mengolah informasi yang sudah dikumpulkan, menganalisis data dalam bentuk membuat kategori, mengasosiasi atau menghubungkan fenomena/informasi yang terkait dalam rangka menemukan suatu pola, dan menyimpulkan.
- 5) Mengkomunikasikan: siswa menyampaikan hasil pengamatan, kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis, atau media lainnya - menyajikan laporan dalam bentuk bagan, diagram, atau grafik; menyusun laporan tertulis; dan menyajikan laporan meliputi proses, hasil, dan kesimpulan secara lisan.
- 6) (Dapat dilanjutkan dengan) Mencipta: siswa menginovasi, mencipta, mendisain model, rancangan, produk (karya) berdasarkan pengetahuan yang dipelajari.

b. Langkah-langkah Pendekatan Pembelajaran Saintifik

Implementasi kurikulum 2013 menuntut penerapan pembelajaran berbasis kreatifitas. Pendekatan pembelajaran berbasis kreatifitas dapat dicapai melalui pendekatan pembelajaran saintifik (5M) secara konsisten. Proses pembelajaran yang mengacu pada pembelajaran berpendekatan saintifik, meliputi lima langkah sebagai berikut:

- a. **Mengamati**, yaitu kegiatan siswa untuk mengidentifikasi melalui indera penglihat (membaca, menyimak), pembau, pendengar, pengecap dan peraba pada waktu mengamati suatu objek dengan ataupun tanpa alat bantu. Alternatif kegiatan mengamati antara lain observasi lingkungan, mengamati gambar, video, tabel dan grafik data, menganalisis peta, membaca berbagai informasi

yang tersedia di media masa dan internet maupun sumber lain. Bentuk hasil belajar dari kegiatan mengamati adalah **siswa dapat mengidentifikasi masalah.**



- b. **Menanya**, yaitu kegiatan siswa untuk mengungkapkan apa yang ingin diketahuinya baik yang berkenaan dengan suatu **objek**, peristiwa, suatu proses tertentu. Dalam kegiatan menanya, siswa membuat pertanyaan secara individu atau kelompok tentang apa yang belum diketahuinya. Siswa dapat mengajukan pertanyaan kepada guru, nara sumber, siswa lainnya dan atau kepada diri sendiri dengan bimbingan guru hingga siswa dapat mandiri dan menjadi kebiasaan. Pertanyaan dapat diajukan secara lisan dan tulisan serta harus dapat membangkitkan motivasi siswa untuk tetap aktif dan gembira. Bentuknya dapat berupa kalimat pertanyaan dan kalimat hipotesis. Hasil belajar dari kegiatanmenanya adalah **siswa dapat merumuskan masalah dan merumuskan hipotesis.**

- c. **Mengumpulkan data**, yaitu kegiatan siswa untuk mencari informasi sebagai bahan untuk dianalisis dan disimpulkan. Kegiatan mengumpulkan data dapat dilakukan dengan cara membaca buku, mengumpulkan data sekunder, observasi lapangan, uji coba (eksperimen), wawancara, menyebarkan kuesioner, dan lain-lain. Hasil belajar dari kegiatan mengumpulkan data adalah **siswa dapat menguji hipotesis**.
- d. **Mengasosiasi**, yaitu kegiatan siswa mengolah data dalam bentuk serangkaian aktivitas fisik dan pikiran dengan bantuan peralatan tertentu. Bentuk kegiatan mengolah data antara lain melakukan **klasifikasi**, pengurutan (*sorting*), menghitung, membagi, dan menyusun data dalam bentuk yang lebih informatif, serta menentukan sumber data sehingga lebih bermakna. Kegiatan siswa dalam mengolah data misalnya membuat tabel, grafik, bagan, peta konsep, menghitung, dan pemodelan. Selanjutnya siswa menganalisis data untuk membandingkan ataupun menentukan hubungan antara data yang telah diolahnya dengan teori yang ada sehingga dapat ditarik simpulan dan atau ditemukannya prinsip dan konsep penting yang bermakna dalam menambah skema kognitif, meluaskan pengalaman, dan wawasan pengetahuannya. Hasil belajar dari kegiatan menalar/mengasosiasi adalah **siswa dapat menyimpulkan hasil kajian dari hipotesis**.
- e. **Mengomunikasikan** yaitu kegiatan siswa mendeskripsikan dan menyampaikan hasil temuannya dari kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan dan mengolah data, serta mengasosiasi yang ditujukan kepada orang lain baik secara lisan maupun tulisan dalam bentuk diagram, bagan, gambar, dan sejenisnya dengan bantuan perangkat teknologi sederhana dan atau teknologi informasi dan komunikasi. Hasil belajar dari kegiatan mengkomunikasikan adalah **siswa dapat memformulasikan dan mempertanggungjawabkan pembuktian hipotesis**.

Tabel 1 memperlihatkan kaitan antara langkah pembelajaran saintifik dengan berbagai deskripsi kegiatan belajar serta kompetensi dalam bentuk hasil belajar.

Tabel 1 Keterkaitan antara Langkah Pembelajaran dengan Kegiatan Belajar Dan Hasilnya

Langkah Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Bentuk Hasil Belajar
Mengamati (<i>observing</i>)	Mengamati dengan indra (membaca, mendengar, menyimak, melihat, menonton, dan sebagainya) dengan atau tanpa alat	Perhatian pada waktu mengamati suatu objek/membaca suatu tulisan/mendengar suatu penjelasan, catatan yang dibuat tentang yang diamati, kesabaran, waktu (<i>on task</i>) yang digunakan untuk mengamati. Kompetensi utama: mengidentifikasi masalah
Menanya (<i>questioning</i>)	Membuat dan mengajukan pertanyaan, tanya jawab, berdiskusi tentang informasi yang belum dipahami, informasi tambahan yang ingin diketahui, atau sebagai klarifikasi.	Jenis, kualitas, dan jumlah pertanyaan yang diajukan peserta didik (pertanyaan faktual, konseptual, prosedural, dan hipotetik) Kompetensi utama: merumuskan masalah, menentukan hipotesis
Mengumpulkan informasi/ mencoba (<i>experimenting</i>)	Mengeksplorasi, mencoba, berdiskusi, mendemonstrasikan, meniru bentuk/gerak, melakukan eksperimen,	Jumlah dan kualitas sumber yang dikaji/digunakan, kelengkapan informasi, validitas informasi yang dikumpulkan, dan instrumen/alat

Langkah Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Bentuk Hasil Belajar
	membaca sumber lain selain buku teks, mengumpul-kan data dari nara sumber melalui angket, wawancara, dan memodifikasi/ menambahi/me- ngembangkan	yang digunakan untuk mengumpulkan data. Kompetensi utama: menguji hipotesis
Menalar/Mengasosiasi <i>(associating)</i>	Mengolah informasi yang sudah dikumpulkan, menganalisis data dalam bentuk membuat kategori, mengasosiasi atau menghubungkan fenomena/informasi yang terkait dalam rangka menemukan suatu pola, dan menyimpulkan.	Mengembangkan interpretasi, argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan informasi dari dua fakta/konsep, atau lebih dari dua fakta/konsep/teori. Mensintesis dan argumentasi serta kesimpulan keterkaitan antar berbagai jenis fakta-fakta/konsep/teori/pendapat. Mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi, dan kesimpulan yang menunjukkan hubungan fakta/konsep/teori dari dua sumber atau lebih yang tidak bertentangan. Mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi dan kesimpulan dari konsep/teori/pendapat yang berbeda dari berbagai jenis sumber.

Langkah Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Bentuk Hasil Belajar
		Kompetensi utama: menganalisis, membuktikan hipotesis.
Mengomunikasikan (<i>communicating</i>)	menyajikan laporan dalam bentuk bagan, diagram, atau grafik; menyusun laporan tertulis; dan menyajikan laporan meliputi proses, hasil, dan kesimpulan secara lisan	Menyajikan hasil kajian (dari mengamati sampai menalar) dalam bentuk tulisan, grafis, media elektronik, multi media dan lain-lain Kompetensi utama: memformulasikan dan mempertanggung jawabkan pembuktian hipotesis.

c. Peran Guru Dengan Pendekatan Saintifik

Dalam implementasi kurikulum 2013, guru tidak hanya sekedar membiarkan peserta didik memperoleh/mengkonstruksi pengetahuan sendiri, namun guru memberi setiap bantuan yang diperlukan oleh peserta didik, seperti : bertindak sebagai fasilitator, mengatur/mengarahkan kegiatan-kegiatan belajar, memberi umpan balik, memberikan penjelasan, memberi konfirmasi, dan lain-lain.

Peran guru dalam pembelajaran dengan pendekatan saintifik pada implementasi kurikulum 2013 adalah sebagai berikut :

1. Tahap mengamati:

Membantu peserta didik menemukan/mendaftar/menginventarisasi apa saja yang ingin/perlu diketahui sehingga dapat melakukan/menciptakan sesuatu.

2. Tahap Menanya:

Membantu peserta didik merumuskan pertanyaan berdasarkan daftar hal-hal yang perlu/ingin diketahui agar dapat melakukan/menciptakan sesuatu.

3. Tahap Mencoba/mengumpulkan data (informasi):

Membantu peserta didik merencanakan dan memperoleh data/informasi untuk menjawab pertanyaan yang telah dirumuskan.

4. Tahap Mengasosiasikan/menganalisis/mengolah data (informasi):

Membantu peserta didik mengolah/menganalisis data/informasi dan menarik kesimpulan.

5. Tahap Mengkomunikasikan:

Manager, pemberi umpan balik, pemberi penguatan, pemberi penjelasan/informasi lebih luas.

6. Tahap Mencipta:

Memberi contoh/gagasan, menyediakan pilihan, memberi dorongan, memberi penghargaan, sebagai anggota yang terlibat langsung.

d. Bentuk Keterlibatan Peserta Didik Dalam Observasi

Pengamatan atau observasi adalah aktivitas yang dilakukan makhluk cerdas, terhadap suatu proses atau objek dengan maksud merasakan dan kemudian memahami pengetahuan dari sebuah fenomena berdasarkan pengetahuan dan gagasan yang sudah diketahui sebelumnya, untuk mendapatkan informasi-informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan suatu penelitian. Di dalam penelitian, observasi dapat dilakukan dengan tes, kuesioner, rekaman gambar dan rekaman suara.

Metode mengamati / observasi mengutamakan kebermaknaan proses pembelajaran (*meaningfull learning*). Metode ini memiliki keunggulan tertentu, seperti menyajikan media obyek secara nyata, peserta didik senang dan tertantang, dan mudah pelaksanaannya. Dalam pelaksanaannya, proses mengamati memerlukan waktu persiapan yang lama dan matang, biaya dan tenaga relatif banyak, dan jika tidak terkendali akan mengaburkan makna serta tujuan pembelajaran.

Namun metode mengamati sangat bermanfaat bagi pemenuhan rasa ingin tahu peserta didik karena peserta didik yang terlibat dalam proses mengamati akan dapat menemukan fakta bahwa ada hubungan antara obyek yang dianalisis dengan materi pembelajaran yang digunakan oleh guru.

Langkah-Langkah Mengamati / Observasi adalah :

- a. Menentukan objek apa yang akan diobservasi

- b. Membuat pedoman observasi sesuai dengan lingkup objek yang akan diobservasi
- c. Menentukan secara jelas data-data apa yang perlu diobservasi, baik primer maupun sekunder
- d. Menentukan di mana tempat objek yang akan diobservasi
- e. Menentukan secara jelas bagaimana observasi akan dilakukan untuk mengumpulkan data agar berjalan mudah dan lancar
- f. Menentukan cara dan melakukan pencatatan atas hasil observasi , seperti menggunakan buku catatan, kamera, tape recorder, video perekam, dan alat-alat tulis lainnya.

Jenis Observasi, di antaranya:

- a. Observasi biasa (*common observation*).
- b. Observasi terkendali (*controlled observation*).
- c. Observasi partisipatif (*participant observation*).
- d. Menentukan di mana tempat objek yang akan diobservasi
- e. Menentukan secara jelas bagaimana observasi akan dilakukan untuk mengumpulkan data agar berjalan mudah dan lancar
- f. Menentukan cara dan melakukan pencatatan atas hasil observasi , seperti menggunakan buku catatan, kamera, tape recorder, video perekam, dan alat-alat tulis lainnya.

Kegiatan observasi dalam proses pembelajaran meniscayakan keterlibatan peserta didik secara langsung. Dalam kaitan ini, guru harus memahami bentuk keterlibatan peserta didik dalam observasi :

- a. Observasi biasa (*common observation*)

Pada observasi biasa untuk kepentingan pembelajaran, peserta didik merupakan subjek yang sepenuhnya melakukan observasi (*complete observer*). Di sini peserta didik sama sekali tidak melibatkan diri dengan pelaku, objek, atau situasi yang diamati.

b. Observasi terkendali (*controlled observation*)

Seperti halnya observasi biasa, pada observasi terkendali untuk kepentingan pembelajaran, peserta didik sama sekali tidak melibatkan diri dengan pelaku, objek, atau situasi yang diamati. Mereka juga tidak memiliki hubungan apa pun dengan pelaku, objek, atau situasi yang diamati. Namun demikian, berbeda dengan observasi biasa, pada observasi terkendali pelaku atau objek yang diamati ditempatkan pada ruang atau situasi yang dikhususkan. Karena itu, pada pembelajaran dengan observasi terkendali termuat nilai-nilai percobaan atau eksperimen atas diri pelaku atau objek yang diobservasi.

c. Observasi partisipatif (*participant observation*)

Pada observasi partisipatif, peserta didik melibatkan diri secara langsung dengan pelaku atau objek yang diamati. Sejatinya, observasi semacam ini paling lazim dilakukan dalam penelitian antropologi khususnya etnografi. Observasi semacam ini mengharuskan peserta didik melibatkan diri pada pelaku, komunitas, atau objek yang diamati. Di bidang pengajaran bahasa, misalnya, dengan menggunakan pendekatan ini berarti peserta didik hadir dan “bermukim” langsung di tempat subjek atau komunitas tertentu dan pada waktu tertentu pula untuk mempelajari bahasa atau dialek setempat, termasuk melibatkan diri secara langsung dalam situasi kehidupan mereka.

Selama proses pembelajaran, peserta didik dapat melakukan observasi dengan dua cara pelibatan diri. Kedua cara pelibatan dimaksud yaitu observasi berstruktur dan observasi tidak berstruktur, seperti dijelaskan berikut ini :

- a. Observasi berstruktur. Pada observasi berstruktur dalam rangka proses pembelajaran, fenomena subjek, objek, atau situasi apa yang ingin diobservasi oleh peserta didik telah direncanakan oleh secara sistematis di bawah bimbingan guru.
- b. Observasi tidak berstruktur. Pada observasi yang tidak berstruktur dalam rangka proses pembelajaran, tidak ditentukan secara baku atau riid mengenai apa yang

harus diobservasi oleh peserta didik. Dalam kerangka ini, peserta didik membuat catatan, rekaman, atau mengingat dalam memori secara spontan atas subjek, objektif, atau situasi yang diobservasi.

Prinsip-rinsip yang harus diperhatikan oleh guru dan peserta didik selama observasi pembelajaran adalah :

- a. Cermat, objektif, dan jujur serta terfokus pada objek yang diobservasi untuk kepentingan pembelajaran.
- b. Banyak atau sedikit serta homogenitas atau heterogenitas subjek, objek, atau situasi yang diobservasi. Makin banyak dan heterogen subjek, objek, atau situasi yang diobservasi, makin sulit kegiatan observasi itu dilakukan. Sebelum observasi dilaksanakan, guru dan peserta didik sebaiknya menentukan dan menyepakati cara dan prosedur pengamatan.
- c. Guru dan peserta didik perlu memahami apa yang hendak dicatat, direkam, dan sejenisnya, serta bagaimana membuat catatan atas perolehan observasi.

e. Kriteria Pertanyaan Yang Baik

Menanya merupakan aktivitas / kegiatan bertanya yang berbentuk kalimat tanya merupakan kalimat yang mengandung makna sebuah pertanyaan. Arti Kalimat tanya adalah kalimat yang berisi pertanyaan / pernyataan kepada pihak lain yang bertujuan untuk memperoleh jawaban dari pihak yang ditanya. Guru yang efektif mampu menginspirasi peserta didik untuk meningkatkan dan mengembangkan ranah sikap, keterampilan, dan pengetahuannya. Pada saat guru bertanya, pada saat itu pula dia membimbing atau memandu peserta didiknya belajar dengan baik. Ketika guru menjawab pertanyaan peserta didiknya, ketika itu pula dia mendorong asuhannya itu untuk menjadi penyimak dan pembelajar yang baik.

Istilah “pertanyaan” tidak selalu dalam bentuk “kalimat tanya”, melainkan juga dapat dalam bentuk pernyataan, asalkan keduanya menginginkan tanggapan verbal. Bentuk pertanyaan, misalnya: Apakah ciri-ciri norma hukum? Bentuk pernyataan, misalnya: Sebutkan ciri-ciri norma hukum!

Fungsi dari Bertanya, diantaranya :

- a. Membangkitkan rasa ingin tahu, minat, dan perhatian peserta didik tentang suatu tema atau topik pembelajaran.
- b. Mendorong dan menginspirasi peserta didik untuk aktif belajar, serta mengembangkan pertanyaan dari dan untuk dirinya sendiri.
- c. Mendiagnosis kesulitan belajar peserta didik sekaligus menyampaikan ancamangan untuk mencari solusinya.
- d. Menstrukturkan tugas-tugas dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menunjukkan sikap, keterampilan, dan pemahamannya atas substansi pembelajaran yang diberikan.
- e. Membangkitkan keterampilan peserta didik dalam berbicara, mengajukan pertanyaan, dan memberi jawaban secara logis, sistematis, dan menggunakan bahasa yang baik dan benar.
- f. Mendorong partisipasi peserta didik dalam berdiskusi, berargumen, mengembangkan kemampuan berpikir, dan menarik simpulan.
- g. Membangun sikap keterbukaan untuk saling memberi dan menerima pendapat atau gagasan, memperkaya kosa kata, serta mengembangkan toleransi sosial dalam hidup berkelompok.
- h. Membiasakan peserta didik berpikir spontan dan cepat, serta sigap dalam merespon persoalan yang tiba-tiba muncul.
- i. Melatih kesantunan dalam berbicara dan membangkitkan kemampuan berempati satu sama lain.

Kriteria Pertanyaan yang Baik, diantaranya :

- a. Singkat dan jelas.

Contoh:

- 1) Seberapa jauh pemahaman Anda mengenai faktor-faktor yang menyebabkan generasi muda terjerat kasus narkoba dan obat-obatan terlarang?

2) Faktor-faktor apakah yang menyebabkan generasi muda terjerat kasus narkoba dan obat-obatan terlarang? Pertanyaan kedua ini lebih singkat dan lebih jelas dibandingkan dengan pertanyaan pertama.

b. Menginspirasi jawaban.

Contoh:

- 1) Membangun semangat kerukunan umat beragama itu sangat penting pada bangsa yang multiagama. Jika suatu bangsa gagal membangun semangat kerukunan beragama, akan muncul aneka persoalan sosial kemasyarakatan.
- 2) Coba jelaskan dampak sosial apa saja yang muncul, jika suatu bangsa gagal membangun kerukunan umat beragama?

Dua kalimat yang mengawali pertanyaan di muka merupakan contoh yang diberikan guru untuk menginspirasi jawaban peserta didik menjawab pertanyaan

c. Memiliki fokus.

Contoh: Faktor-faktor apakah yang menyebabkan terjadinya kemiskinan?

Untuk pertanyaan seperti ini sebaiknya masing-masing peserta didik diminta memunculkan satu jawaban.

Peserta didik pertama hingga kelima misalnya menjawab: kebodohan, kemalasan, tidak memiliki modal usaha, kelangkaan sumber daya alam, dan keterisolasian geografis. Jika masih tersedia alternatif jawaban lain, peserta didik yang keenam dan seterusnya, bisa dimintai jawaban. Pertanyaan yang luas seperti di atas dapat dipersempit, misalnya: Mengapa kemalasan menjadi penyebab kemiskinan? Pertanyaan seperti ini dimintakan jawabannya kepada peserta didik secara perorangan.

d. Bersifat probing atau *divergen*. Contoh:

- 1) Untuk meningkatkan kualitas hasil belajar, apakah peserta didik harus rajin belajar?
- 2) Mengapa peserta didik yang sangat malas belajar cenderung menjadi putus sekolah?

Pertanyaan pertama cukup dijawab oleh peserta didik dengan Ya atau Tidak. Sebaliknya, pertanyaan kedua menuntut jawaban yang bervariasi urutan jawaban dan penjelasannya, yang kemungkinan memiliki bobot kebenaran yang sama.

e. Bersifat validatif atau penguatan.

Pertanyaan dapat diajukan dengan cara meminta kepada peserta didik yang berbeda untuk menjawab pertanyaan yang sama. Jawaban atas pertanyaan itu dimaksudkan untuk memvalidasi atau melakukan penguatan atas jawaban peserta didik sebelumnya. Ketika beberapa orang peserta didik telah memberikan jawaban yang sama, sebaiknya guru menghentikan pertanyaan itu atau meminta mereka memunculkan jawaban yang lain yang berbeda, namun sifatnya menguatkan.

Contoh:

Guru : "Mengapa kemalasan menjadi penyebab kemiskinan?"

Peserta didik I : "Karena orang yang malas lebih banyak diam ketimbang bekerja."

Guru : "Siapa yang dapat melengkapi jawaban tersebut?"

Peserta didik II : "Karena lebih banyak diam ketimbang bekerja, orang yang malas tidak produktif".

Guru : "Siapa yang dapat melengkapi jawaban tersebut?"

Peserta didik III: "Orang malas tidak bertindak aktif, sehingga kehilangan waktu terlalu banyak untuk bekerja, karena itu dia tidak produktif."

Dan seterusnya.

f. Memberi kesempatan peserta didik untuk berpikir ulang.

Untuk menjawab pertanyaan dari guru, peserta didik memerlukan waktu yang cukup untuk memikirkan jawabannya dan memverbalikannya dengan kata-kata. Karena itu, setelah mengajukan pertanyaan, guru hendaknya menunggu beberapa saat sebelum meminta atau menunjuk peserta didik untuk menjawab pertanyaan itu.

Jika dengan pertanyaan tertentu tidak ada peserta didik yang bisa menjawab dengan baik, sangat dianjurkan guru mengubah pertanyaannya. Misalnya:

- Apa faktor picu utama Belanda menjajah Indonesia?;
- Apa motif utama Belanda menjajah Indonesia?

Jika dengan pertanyaan pertama guru belum memperoleh jawaban yang memuaskan, ada baiknya dia mengubah pertanyaan seperti pertanyaan kedua.

g. Merangsang peningkatan tuntutan kemampuan kognitif.

Pertanyaan guru yang baik membuka peluang peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir yang makin meningkat, sesuai dengan tuntutan tingkat kognitifnya. Guru mengemas atau mengubah pertanyaan yang menuntut jawaban dengan tingkat kognitif rendah ke makin tinggi, seperti dari sekadar mengingat fakta ke pertanyaan yang menggugah kemampuan kognitif yang lebih tinggi, seperti pemahaman, penerapan, analisis, sintesis, dan evaluasi. Kata-kata kunci pertanyaan ini, seperti: apa, mengapa, bagaimana, dan seterusnya.

Tingkatan (*level*) Pertanyaan

Tingkatan-tingkatan pertanyaan, yaitu :

1) Kognitif yang lebih rendah - Pengetahuan (*knowledge*) :

- Apa...?
- Siapa...?
- Kapan...?

- Di mana...?
 - Sebutkan...
 - Jodohkan atau pasangkan...
 - Persamaan kata...
 - Golongkan...
 - Berilah nama...
 - Dan lain-lain.
- 2) Kognitif yang lebih tinggi - Analisis (*analysis*) :
- Analisislah...
 - Kemukakan bukti-bukti...
 - Mengapa...?
 - Identifikasikan...
 - Tunjukkanlah sebabnya...
 - Berilah alasan-alasan...
- 3) Sintesis (*synthesis*) :
- Ramalkanlah...
 - Bentuk...
 - Ciptakanlah...
 - Susunlah...
 - Rancanglah...
 - Tulislah...
 - Bagaimana kita dapat memecahkan...
 - Apa yang terjadi seandainya...
 - Bagaimana kita dapat memperbaiki...
 - Kembangkan...
- 4) Evaluasi (*evaluation*) :
- Berilah pendapat...
 - Alternatif mana yang lebih baik...
 - Setujukah anda...
 - Kritikilah...

- Berilah alasan...
 - Nilailah...
 - Bandingkan...
 - Bedakanlah...
- 5) Mengevaluasi :
- Temukan inkonsistensi atau kesalahan...
 - Tentukan apakah suatu proses/produk memiliki konsistensi...
 - Temukan efektivitas suatu prosedur...
- 6) Mencipta :
- Buatlah hipotesis berdasarkan kriteria ...
 - Rencanakan (proposal) penelitian tentang...
 - Ciptakan/buat suatu produk...

f. Contoh Perancangan Pembelajaran Saintifik

Agar memudahkan langkah pemaduan/pensinkronan pendekatan dengan model pembelajaran yang dipilih atas dasar hasil analisis, dapat menggunakan matrik perancah sebagai pertolongan sebelum dituliskan menjadi kegiatan inti pada RPP. Pemaduan atau pensinkronan antara langkah-langkah pendekatan saintifik dan sintaksis (langkah kerja) model pembelajaran tersebut, dilakukan sebagai berikut:

- a. Pilih pasangan KD-KD dari mata pelajaran yang diampu sesuai dengan silabus dan buku teks siswa terkait.
- b. Rumuskan IPK dari KD3 dan dari KD4 sesuai dengan dimensi proses atau level pengetahuan dan dimensi kategori pengetahuan yang terkandung di masing-masing KD. Setiap KD minimal memiliki 2 (dua) indikator.
- c. Petakan pemilihan model pembelajaran sesuai KD dengan mempertimbangkan rambu-rambu pemilihan model pembelajaran.
- d. Pilih model pembelajaran sesuai KD dengan mempertimbangkan rambu-rambu pemilihan model pembelajaran.

- e. Tentukan kegiatan peserta didik dan kegiatan guru sesuai dengan langkah-langkah (sintaksis) model pembelajaran yang dipilih, kemudian sinkronkan dengan langkah pendekatan saintifik (5M) sampai mencapai IPK.

Tabel 1.1 Penentuan Model Pembelajaran
Mata Pelajaran : Teknik Pemesinan Bubut ; Kelas XI

No.	Kompetensi	Analisis dan Rekomendasi *)	Kriteria dan Model Pembelajaran
1.	KD 3.1 Mengidentifikasi mesin bubut	KD 3.1 “Mengidentifikasi” merupakan gradasi C1 belum terkait dengan KI-3 yaitu C2 (memahami) sampai C4 (menganalisis), sedangkan tingkat pengetahuan “mesin bubut” merupakan pengetahuan faktual, belum utuh terkait KI-3 yaitu sampai metakognitif Rekomendasi: Kemampuan KD-3.1 dan 3.2 diperbaiki pada perumusan IPK dan Tujuan pembelajaran. Demikian juga gradasi pengetahuan ditingkatkan minimal sampai prosedural di RPP. KD 4.1 dan KD 4.2 “Menggunakan” mesin.../alat ... merupakan keterampilan konkrit gradasi	Berdasarkan analisis dan rekomendasi maka: a. KD-3.1 ditingkatkan taksonominya sampai memahami (C2), dan materi pengetahuan pada tingkat konseptual dan atau prosedural b. KD 4.1 ditingkatkan gradasi keterampilan konkritnya pada taksonomi presisi, sehingga setara dengan mengolah dan atau menalar
	KD 4.1 Menggunakan mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan	keterampilan konkrit gradasi manipulasi (P2 Dave), belum terkait dengan tuntutan KI-4 yaitu mengolah, menalar, dan menyaji (P3-P5 abstrak Dyers), padanannya sampai artikulasi	

		<p>(P4 konkrit Dave)</p> <p>Rekomendasi: Belum ada KD-4 abstrak sampai gradasi menyaji (P5) dan belum ada KD-4 konkrit sampai tingkat artikulasi (P4). Jadi di tingkatkan pada IPK dan Tujuan pembelajaran untuk RPP</p> <p>Pasangan KD-3.1 (C1), KD-4.1 (P2 konkrit); jadi KD-3.1 belum memenuhi linearitas tingkatan KD-4.1.</p> <p>Rekomendasi perlu ditingkatkan pada IPK dan Tujuan Pembelajaran pada RPP</p>	<p>c. Pernyataan KD-3.1 dan KD 4.1 mengarah pada pencarian atau membuktikan teori</p> <p>Jadi untuk pembelajaran dipilih Model Pembelajaran Inquiri Terbimbing</p>
	Dst		

Bahan Bacaan 3 :

a. Pendekatan, Strategi dan Metode Pembelajaran

Dalam proses pembelajaran dikenal beberapa istilah yang memiliki kemiripan makna, sehingga seringkali orang merasa bingung untuk membedakannya. Istilah-istilah tersebut adalah: (1) pendekatan pembelajaran, (2) strategi pembelajaran, (3) metode pembelajaran; (4) teknik pembelajaran; (5) taktik pembelajaran; dan (6) model pembelajaran. Berikut ini akan dipaparkan istilah-istilah tersebut, dengan harapan dapat memberikan kejelasan tentang penggunaan istilah tersebut. Pendekatan pembelajaran dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang kita terhadap proses pembelajaran, yang merujuk pada pandangan tentang terjadinya suatu proses yang sifatnya masih sangat umum, di dalamnya mewadahi, menginsiprasi, menguatkan, dan melatari metode pembelajaran dengan cakupan teoretis tertentu. Definisi lain mengatakan bahwa “pendekatan pembelajaran”

dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang kita terhadap proses pembelajaran. Pendekatan yang berpusat pada guru menurunkan strategi pembelajaran langsung (*direct instruction*, pembelajaran deduktif atau pembelajaran ekspositori). Sedangkan, pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa menurunkan strategi pembelajaran *discovery* dan inkuiri serta strategi pembelajaran induktif (Sanjaya, 2008:127). Dilihat dari pendekatannya, pembelajaran terdapat dua jenis pendekatan, yaitu: (1) pendekatan pembelajaran yang berorientasi atau berpusat pada siswa (*student centered approach*) dan (2) pendekatan pembelajaran yang berorientasi atau berpusat pada guru (*teacher centered approach*).

Dari pendekatan pembelajaran yang telah ditetapkan selanjutnya diturunkan ke dalam strategi pembelajaran. Newman dan Logan (Abin Syamsuddin Makmun, 2003) mengemukakan empat unsur strategi dari setiap usaha, yaitu :

- a. Mengidentifikasi dan menetapkan spesifikasi dan kualifikasi hasil (*out put*) dan sasaran (*target*) yang harus dicapai, dengan mempertimbangkan aspirasi dan selera masyarakat yang memerlukannya.
- b. Mempertimbangkan dan memilih jalan pendekatan utama (*basic way*) yang paling efektif untuk mencapai sasaran.
- c. Mempertimbangkan dan menetapkan langkah-langkah (*steps*) yang akan ditempuh sejak titik awal sampai dengan sasaran.
- d. Mempertimbangkan dan menetapkan tolok ukur (*criteria*) dan patokan ukuran (*standard*) untuk mengukur dan menilai taraf keberhasilan (*achievement*) usaha.

Jika kita terapkan dalam konteks pembelajaran, keempat unsur tersebut adalah:

- a. Menetapkan spesifikasi dan kualifikasi tujuan pembelajaran yakni perubahan profil perilaku dan pribadi peserta didik.
- b. Mempertimbangkan dan memilih sistem pendekatan pembelajaran yang dipandang paling efektif.

- c. Mempertimbangkan dan menetapkan langkah-langkah atau prosedur, metode dan teknik pembelajaran.
- d. Menetapkan norma-norma dan batas minimum ukuran keberhasilan atau kriteria dan ukuran baku keberhasilan.

Sementara itu, Kemp (Wina Sanjaya, 2008) mengemukakan bahwa strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Selanjutnya, dengan mengutip pemikiran J. R David, Wina Sanjaya (2008) menyebutkan bahwa dalam strategi pembelajaran terkandung makna perencanaan. Artinya, bahwa strategi pada dasarnya masih bersifat konseptual tentang keputusan-keputusan yang akan diambil dalam suatu pelaksanaan pembelajaran.

Strategi pembelajaran* dapat diartikan sebagai perencanaan yang berisi tentang rangkaian kegiatan yang didisain untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu (J.R. David dalam Sanjaya, 2008:126). Selanjutnya dijelaskan strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien (Kemp dalam Sanjaya, 2008:126).

Istilah strategi sering digunakan dalam banyak konteks dengan makna yang selalu sama. Dalam konteks pengajaran strategi bisa diartikan sebagai suatu pola umum tindakan guru-peserta didik dalam manifestasi aktivitas pengajaran (Ahmad Rohani, 2004 : 32). Sementara itu, Joyce dan Weil lebih senang memakai istilah model-model mengajar daripada menggunakan strategi pengajaran (Joyce dan Weil dalam Rohani, 2004:33. Nana Sudjana menjelaskan bahwa strategi mengajar (pengajaran) adalah “taktik” yang digunakan guru dalam melaksanakan proses belajar mengajar (pengajaran) agar dapat mempengaruhi para siswa (peserta didik) mencapai tujuan pengajaran secara lebih efektif dan efisien (Nana Sudjana dalam Rohani, 2004:34). Jadi menurut Nana Sudjana, strategimengajar/pengajaran ada pada pelaksanaan, sebagai tindakan nyata atau perbuatan guru itu sendiri pada saat mengajar berdasarkan pada rambu-rambu dalam satuan pelajaran. Berdasarkan pendapat di

atas, dapat diambil kesimpulan bahwa strategi pembelajaran harus mengandung penjelasan tentang metode/prosedur dan teknik yang digunakan selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan kata lain, strategi pembelajaran mempunyai arti yang lebih luas daripada metode dan teknik. Artinya, metode/prosedur dan teknik pembelajaran merupakan bagian dari strategi pembelajaran. Dari metode, teknik pembelajaran diturunkan secara aplikatif, nyata, dan praktis di kelas saat pembelajaran berlangsung. Dilihat dari strateginya, pembelajaran dapat dikelompokkan ke dalam dua bagian pula, yaitu: (1) **exposition-discovery learning** dan (2) **group-individual learning** (Rowntree dalam Wina Senjaya, 2008). Ditinjau dari cara penyajian dan cara pengolahannya, strategi pembelajaran dapat dibedakan antara strategi pembelajaran induktif dan strategi pembelajaran deduktif. Strategi pembelajaran sifatnya masih konseptual dan untuk mengimplementasikannya digunakan berbagai metode pembelajaran tertentu. Dengan kata lain, strategi merupakan *“a plan of operation achieving something”* sedangkan metode adalah *“a way in achieving something”* (Wina Senjaya (2008). Dalam hubungannya dengan metode pembelajaran, maka bisa dikatakan bahwa metode pembelajaran merupakan jabaran dari pendekatan pembelajaran. Satu pendekatan dapat dijabarkan ke dalam berbagai metode. Metode adalah prosedur pembelajaran yang difokuskan ke pencapaian tujuan. Jadi, metode pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Terdapat beberapa metode pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan strategi pembelajaran, diantaranya: (1) ceramah; (2) demonstrasi; (3) diskusi; (4) simulasi; (5) laboratorium; (6) pengalaman lapangan; (7) brainstorming; (8) debat, (9) simposium, dan sebagainya. Selanjutnya metode pembelajaran dijabarkan ke dalam teknik dan gaya pembelajaran.

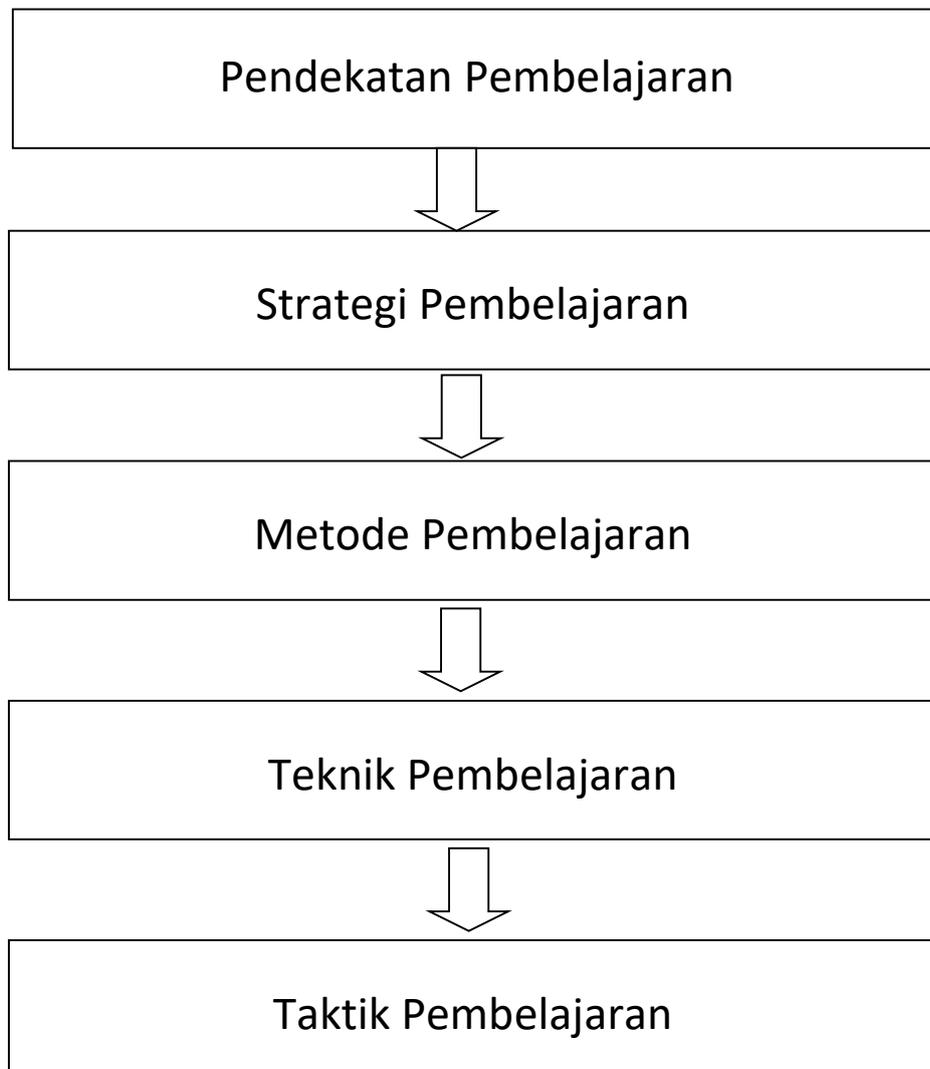
Dengan demikian, teknik pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang dilakukan seseorang dalam mengimplementasikan suatu metode secara spesifik. Misalkan, penggunaan metode ceramah pada kelas dengan jumlah siswa yang relatif banyak

membutuhkan teknik tersendiri, yang tentunya secara teknis akan berbeda dengan penggunaan metode ceramah pada kelas yang jumlah siswanya terbatas. Demikian pula, dengan penggunaan metode diskusi, perlu digunakan teknik yang berbeda pada kelas yang siswanya tergolong aktif dengan kelas yang siswanya tergolong pasif. Dalam hal ini, guru pun dapat berganti-ganti teknik meskipun dalam koridor metode yang sama. Dalam kaitannya dengan metode pembelajaran, maka teknik pembelajaran adalah cara yang dilakukan seseorang dalam rangka mengimplementasikan suatu metode. Misalnya, cara yang bagaimana yang harus dilakukan agar metode ceramah yang dilakukan berjalan efektif dan efisien? Dengan demikian sebelum seorang melakukan proses ceramah sebaiknya memperhatikan kondisi dan situasi.

Sementara taktik pembelajaran merupakan gaya seseorang dalam melaksanakan metode atau teknik pembelajaran tertentu yang sifatnya individual. Misalkan, terdapat dua orang sama-sama menggunakan metode ceramah, tetapi mungkin akan sangat berbeda dalam taktik yang digunakannya. Dalam penyajiannya, yang satu cenderung banyak diselengi dengan humor karena memang dia memiliki sense of humor yang tinggi, sementara yang satunya lagi kurang memiliki sense of humor, tetapi lebih banyak menggunakan alat bantu elektronik karena dia memang sangat menguasai bidang itu. Dalam gaya pembelajaran akan tampak keunikan atau kekhasan dari masing-masing guru, sesuai dengan kemampuan, pengalaman dan tipe kepribadian dari guru yang bersangkutan. Dalam taktik ini, pembelajaran akan menjadi sebuah ilmu sekalkigus juga seni (kiat).

Apabila antara pendekatan, strategi, metode, teknik dan bahkan taktik pembelajaran sudah terangkai menjadi satu kesatuan yang utuh maka terbentuklah apa yang disebut dengan model pembelajaran. Jadi, model pembelajaran pada dasarnya merupakan bentuk pembelajaran yang tergambar dari awal sampai akhir yang disajikan secara khas oleh guru. Dalam model pembelajaran terdapat strategi pencapaian kompetensi siswa dengan pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran. Nah, berikut ini ulasan singkat tentang perbedaan istilah tersebut.

Dengan kata lain, model pembelajaran merupakan bungkus atau bingkai dari penerapan suatu pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran. Berkenaan dengan model pembelajaran, Bruce Joyce dan Marsha Weil (Dedi Supriawan dan A. Benyamin Suresaga, 1990) mengetengahkan 4 (empat) kelompok model pembelajaran, yaitu: (1) model interaksi sosial; (2) model pengolahan informasi; (3) model personal-humanistik; dan (4) model modifikasi tingkah laku. Kendati demikian, seringkali penggunaan istilah model pembelajaran tersebut diidentikkan dengan strategi pembelajaran. Untuk lebih jelasnya, posisi hierarkis dari masing-masing istilah tersebut, kiranya dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Di luar istilah-istilah tersebut, dalam proses pembelajaran dikenal juga istilah **desain pembelajaran**. Jika strategi pembelajaran lebih berkenaan dengan pola umum dan prosedur umum aktivitas pembelajaran, sedangkan desain pembelajaran lebih menunjuk kepada cara-cara merencanakan suatu sistem lingkungan belajar tertentu setelah ditetapkan strategi pembelajaran tertentu. Jika dianalogikan dengan pembuatan rumah, strategi membicarakan tentang berbagai kemungkinan tipe atau jenis rumah yang hendak dibangun (rumah joglo, rumah gadang, rumah modern, dan sebagainya), masing-masing akan menampilkan kesan dan pesan yang berbeda dan unik. Sedangkan desain adalah menetapkan cetak biru (blue print) rumah yang akan dibangun beserta bahan-bahan yang diperlukan dan urutan-urutan langkah konstruksinya, maupun kriteria penyelesaiannya, mulai dari tahap awal sampai dengan tahap akhir, setelah ditetapkan tipe rumah yang akan dibangun.

Berdasarkan uraian di atas, bahwa untuk dapat melaksanakan tugasnya secara profesional, seorang guru dituntut dapat memahami dan memiliki keterampilan yang memadai dalam mengembangkan berbagai model pembelajaran yang efektif, kreatif dan menyenangkan, sebagaimana diisyaratkan dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan.

Mencermati upaya reformasi pembelajaran yang sedang dikembangkan di Indonesia, para guru atau calon guru saat ini banyak ditawarkan dengan aneka pilihan model pembelajaran, yang kadang-kadang untuk kepentingan penelitian (penelitian akademik maupun penelitian tindakan) sangat sulit menemukan sumber-sumber literarturnya. Namun, jika para guru (calon guru) telah dapat memahami konsep atau teori dasar pembelajaran yang merujuk pada proses (beserta konsep dan teori) pembelajaran sebagaimana dikemukakan di atas, maka pada dasarnya guru pun dapat secara kreatif mencobakan dan mengembangkan model pembelajaran tersendiri yang khas, sesuai dengan kondisi nyata di tempat kerja masing-masing, sehingga pada gilirannya akan muncul model-model pembelajaran versi guru yang bersangkutan, yang tentunya semakin memperkaya khazanah model pembelajaran yang telah ada.

Strategi/Model Pembelajaran

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*). Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, keterampilan nilai dan cara-cara berpikir dalam meningkatkan kapasitas berpikir secara jernih, bijaksana dan membangun keterampilan sosial serta komitmen (Joice& Wells).

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan 3 (tiga) model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Ketiga model tersebut adalah: model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*), model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*), dan model Pembelajaran Melalui Penyingkapan/Penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*). Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula. Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, apakah cenderung pada pembelajaran penyingkapan (*Discovery/Inquiry Learning*) atau pada pembelajaran hasil karya (*Problem Based Learning dan Project Based Learning*).

Rambu-rambu penentuan model penyingkapan/penemuan:

- a. Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah ke pencarian atau penemuan;
- b. Pernyataan KD-3 lebih menitikberatkan pada pemahaman pengetahuan faktual, konseptual, dan procedural; dan
- c. Pernyataan KD-4 pada taksonomi mengolah dan menalar.

Rambu-rambu penemuan model hasil karya (*Problem Based Learning* dan *Project Based Learning*):

- a. Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada hasil karya berbentuk jasa atau produk;
- b. Pernyataan KD-3 pada bentuk pengetahuan metakognitif;
- c. Pernyataan KD-4 pada taksonomi menyaji dan mencipta, dan
- d. Pernyataan KD-3 dan KD-4 yang memerlukan persyaratan penguasaan pengetahuan konseptual dan prosedural.

Masing-masing model pembelajaran tersebut memiliki urutan langkah kerja (*syntax*) tersendiri, yang dapat diuraikan sebagai berikut.

b. Model Pembelajaran Penyingkapan (Penemuan dan pencarian/ penelitian)

Model *Discovery Learning* adalah memahami konsep, arti, dan hubungan, melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai kepada suatu kesimpulan (Budiningsih, 2005:43). *Discovery* terjadi bila individu terlibat, terutama dalam penggunaan proses mentalnya untuk menemukan beberapa konsep dan prinsip.

Discovery dilakukan melalui observasi, klasifikasi, pengukuran, prediksi, penentuan dan *inferi*. Proses tersebut disebut *cognitive process* sedangkan *discovery* itu sendiri adalah *the mental process of assimilating concepts and principles in the mind* (Robert B. Sund dalam Malik, 2001:219).

- 1) Sintaksis model *Discovery Learning*
 - a) Pemberian rangsangan (*Stimulation*);
 - b) Pernyataan/Identifikasi masalah (*Problem Statement*);
 - c) Pengumpulan data (*Data Collection*);

- d) Pembuktian (*Verification*), dan
- e) Menarik simpulan/generalisasi (*Generalization*).

2) Sintaksis model *Inquiry Learning* Terbimbing

Model pembelajaran yang dirancang membawa peserta didik dalam proses penelitian melalui penyelidikan dan penjelasan dalam *setting* waktu yang singkat (Joice&Wells, 2003). Merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki sesuatu secara sistematis kritis dan logis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri temuannya.

Sintaksis/tahap model inkuiri meliputi:

- a) Orientasi masalah;
- b) Pengumpulan data dan verifikasi;
- c) Pengumpulan data melalui eksperimen;
- d) Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi, dan
- e) Analisis proses inkuiri.

c. Model Pembelajaran Hasil Karya Problem Based Learning (PBL)

Merupakan pembelajaran yang menggunakan berbagai kemampuan berpikir dari peserta didik secara individu maupun kelompok serta lingkungan nyata untuk mengatasi permasalahan sehingga bermakna, relevan, dan kontekstual (Tan OnnSeng, 2000). Tujuan PBL adalah untuk meningkatkan kemampuan dalam menerapkan konsep-konsep pada permasalahan baru/nyata, pengintegrasian konsep *High Order Thinking Skills* (HOTS), keinginan dalam belajar, mengarahkan belajar diri sendiri dan keterampilan(Norman and Schmidt).

- 1) Sintaksis model *Problem Based Learning* dari Bransford and Stein (dalam Jamie Kirkley, 2003:3) terdiri atas:
- a) Mengidentifikasi masalah;
 - b) Menetapkan masalah melalui berpikir tentang masalah dan menseleksi informasi-informasi yang relevan;

- c) Mengembangkan solusi melalui pengidentifikasian alternatif-alternatif, tukar-pikiran dan mengecek perbedaan pandang;
 - d) Melakukan tindakan strategis, dan
 - e) Melihat ulang dan mengevaluasi pengaruh-pengaruh dari solusi yang dilakukan.
- 2) Sintaksis model *Problem Solving Learning* Jenis *Trouble Shooting* (David H. Jonassen, 2011:93) terdiri atas:
- a) Merumuskan uraian masalah;
 - b) Mengembangkan kemungkinan penyebab;
 - c) Mengetes penyebab atau proses diagnosis, dan
 - d) Mengevaluasi.

d. Model pembelajaran Project Based Learning (PjBL).

Pembelajaran otentik menggunakan proyek nyata dalam kehidupan yang didasarkan pada motivasi yang tinggi, pertanyaan yang menantang, tugas-tugas atau permasalahan untuk membentuk penguasaan kompetensi yang dilakukan secara kerjasama dalam upaya memecahkan masalah (Barel, 2000 and Baron 2011). Tujuan PjBL adalah meningkatkan motivasi belajar, *team work*, keterampilan kolaborasi dalam pencapaian kemampuan akademik level tinggi/taksonomi tingkat kreativitas yang dibutuhkan pada abad 21 (Cole & Wasburn Moses, 2010).

Sintaksis/tahapan model pembelajaran *Project Based Learning*, meliputi:

- 1) Penentuan pertanyaan mendasar (*Start with the Essential Question*);
- 2) Mendesain perencanaan proyek;
- 3) Menyusun jadwal (*Create a Schedule*);
- 4) Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (*Monitor the Students and the Progress of the Project*);
- 5) Menguji hasil (*Assess the Outcome*), dan
- 6) Mengevaluasi pengalaman (*Evaluate the Experience*).

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Fokus pertama bagi guru dalam menyiapkan pembelajaran adalah melakukan analisis pada ketiga standar kompetensi yaitu SKL, KI, KD. Dari analisis itu akan diperoleh penjabaran tentang taksonomi dan gradasi hasil belajar yang berhubungan dengan materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran dan penilaian yang diperlukan.

Buatlah analisis keterkaitan SKL, KI, dan KD untuk kelas X, XI dan XII berdasarkan table di bawah ini !

Tabel 2 Analisis Keterkaitan Domain Antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel ...

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Keterangan Analisis *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
1. Sikap		1.		
		2.		

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Keterangan *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
3. Pengetahuan		3.		

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Keterangan *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
4. Keterampilan		4.		

**) Diisi dengan taksonomi dan gradasi hasil belajar, jika KD tidak terkait dengan KI maka dikembangkan melalui tujuan pembelajaran dan atau indikator pencapaian kompetensi.*

Aktivitas 1 : Perancangan Kegiatan Pembelajaran Saintifik

Kompetensi : Mampu merancang kegiatan pembelajaran saintifik

Tujuan Kegiatan : Melalui diskusi kelompok peserta mampu merancang kegiatan pembelajaran dengan pendekatan saintifik

Isilah Lembar Kerja perancangan kegiatan pembelajaran saintifik di bawah ini :

Tabel 3 Lembar Kerja Perancangan Kegiatan Pembelajaran

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Mengamati	
Menanya	
Mengumpulkan informasi	
Mengasosiasikan	
Mengkomunikasikan	

Aktivitas 2 : Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik Pada Mata Pelajaran PK

Tentukanlah Model Pembelajaran berdasarkan analisis menggunakan format matrik seperti tabel di bawah pada mata pelajaran yang Saudara ampu.

Penentuan Model Pembelajaran.....

Mata Pelajaran(Kelas ...)

No.	Kompetensi	Analisis dan Rekomendasi	Kriteria dan Model Pembelajaran
1.	KD 3...		
	KD 4...		
2.			

Aktivitas 3 : Perancangan Model Pembelajaran

Kompetensi : Mampu merancang penerapan model pembelajaran *dan* cara penilaiannya.

Tujuan Kegiatan : Pada kegiatan ini diharapkan peserta mampu merancang kegiatan pembelajaran dengan model *Discovery Learning/ Inquiry Learning/ Problem Based Learning/Project Based Learning*.

Isilah Lembar Kerja perancangan model pembelajaran di bawah ini :

Tabel 4

Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran
(Model Discovery Learning)

Kompetensi Dasar	
Topik/	

Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. <i>Stimulation</i> (simulasi/Pemberian)	
2. <i>Problem statemen</i> (pertanyaan/identifikas)	
3. <i>Data collection</i> (pengumpulandata)	
4. Data processing (pengolahan Data)	
5. <i>Verification</i> (pembuktian)	
6. <i>Generalization</i> (menarik kesimpulan/generalisasi)	

Tabel 5

**Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran
(Model Inquiry Learning)**

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. Orientasi masalah	
2. Pengumpulan data dan verifikasi)	

3. Pengumpulan data melalui eksperimen	
4. Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi	
5. Analisis proses inkuiri)	

Tabel 4

**Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran
(Model Problem Based Learning)**

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Fase 1 Orientasi peserta didik kepada	
Fase 2 Mengorganisasikan peserta	
Fase 3 Membimbing penyelidikan individu	
Fase 4 Mengembangkan dan	
Fase 5 Menganalisa dan mengevaluasi proses	

Tabel 7

**Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran
(Model Project Based Learning)**

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. Penentuan pertanyaan mendasar (<i>Start with the</i>	
2. Mendesain perencanaan proyek	
3. Menyusun jadwal (<i>Create a Schedule</i>)	
4. Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (<i>Monitor the Students and the Proaress of the Project</i>)	
5. Menguji hasil (<i>Assess the Outcome</i>)	
6. Mengevaluasi pengalaman (<i>Evaluate the Experience</i>).	

Aktivitas 4

Amatilah contoh Matrik Perancah Pemaduan Sintaksis Model Pembelajaran *Inquiri Terbimbing* dengan Pendekatan Saintifik pada Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut (kelas XI).

Kompetensi Dasar :

- 3.1. Mengidentifikasi mesin bubut
- 4.1. Menggunakan mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan

Tujuan Pembelajaran :

Dengan diberikan fasilitas belajar di kelas dan bengkel mesin bubut, peserta didik dapat:

1. Menjelaskan macam-macam mesin bubut berdasarkan prinsip kerja.
2. Menjelaskan macam-macam mesin bubut berdasarkan ukurannya.
3. Menjelaskan bagian utama mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
4. Menentukan dimensi mesin bubut berdasarkan parameter standar mesin bubut.
5. Menyebutkan perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
6. Memilih perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
7. Menentukan alat bantu kerja membubut sesuai dengan jenis pekerjaannya.
8. Mengoperasikan mesin bubut sesuai prosedur yang benar.
9. Menyajikan laporan proses membubut berdasarkan pengalaman pekerjaan yang telah dilakukan.

Contoh Matrik Perancah Pemaduan Pendekatan Saintifik dan Model Pembelajaran Inquiry Terbimbing

Materi Pembelajaran	Sintaks Model Pembelajaran	Tahap Saintifik 5 M	Kegiatan Belajar
	n		

<p>1. Definisi mesin bubut;</p> <p>2. Macam-macam mesin bubut dan fungsinya;</p> <p>3. Bagian-bagian utama mesin bubut;</p> <p>4. Dimensi mesin bubut;</p> <p>5. Jenis dan fungsi perlengkapan mesin bubut.</p>	<p>ORIENTASI MASALAH</p>	<p>MENGAMATI, MENANYA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Guru menayangkan gambar, foto atau video mesin bubut dan menjelaskan secara singkat tentang nama dan manfaat mesin bubut yang ditayangkan. - Guru menanyakan kepada siswa apa fungsi, bagian-bagian utama dan cara kerja mesin bubut. - Peserta didik memperhatikan penjelasan dan menjawab pertanyaan guru. - Guru mengkonfirmasi jawaban siswa. - Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya seputar mesin bubut. - Guru menugaskan peserta didik membentuk kelompok dan berdiskusi serta melakukan pengamatan di bengkel untuk mengkaji lebih lanjut tentang bagian-bagian mesin bubut, macam-macam fungsi dan pekerjaan yang dapat dilakukan di mesin bubut, perlengkapan, alat bantu kerja serta dimensi mesin bubut.
<p>1. Definisi mesin bubut;</p> <p>2. Macam-macam mesin bubut dan fungsinya;</p> <p>3. Bagian-bagian utama mesin bubut;</p> <p>4. Dimensi mesin bubut;</p> <p>5. Jenis dan fungsi perlengkapan mesin bubut.</p>	<p>PENGUMPULAN DATA DAN VERIFIKASI</p>	<p>MENANYA, MENGUMPULKAN INFORMASI, MENALAR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peserta didik secara berkelompok berdiskusi membahas permasalahan yang diberikan guru. - Peserta didik mengkaji bahan ajar, buku referensi, katalog dan buku manual mesin bubut untuk mencari jawaban atas tugas yang diberikan guru. - Antar peserta didik saling bertanya-jawab tentang materi tugas dari guru. - Peserta didik melakukan verifikasi langsung ke bengkel tentang bagian-bagian mesin bubut, macam-macam fungsi dan pekerjaan yang dapat dilakukan di mesin bubut, perlengkapan, alat bantu kerja serta dimensi mesin bubut.
<p>6. Pemilihan perlengkapan mesin bubut;</p>	<p>PENGUMPULAN DATA MELALUI</p>	<p>MENGUMPULKAN INFORM-</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Guru dan peserta didik ke bengkel. - Guru mendemonstrasikan cara mengoperasikan mesin bubut dalam membubut lurus dan tepi.

<p>7. Alat bantu kerja membubut;</p> <p>8. Penggunaan/ pengoperasian mesin bubut</p>	<p>EKSPERIMEN</p>	<p>MASI, MENALAR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Guru memilih perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya. - Guru memilih alat bantu kerja membubut sesuai dengan jenis pekerjaannya - Guru meminta siswa untuk mencoba mengoperasikan mesin bubut dengan menggunakan perlengkapan dan alat bantu kerja yang sesuai di bawah pengawasan guru. - Peserta didik mencoba mengoperasikan mesin bubut dengan menggunakan perlengkapan dan alat bantu kerja yang sesuai. - Guru memberi kesempatan peserta didik untuk bertanya hal-hal yang belum jelas tentang pengoperasian mesin bubut dan penggunaan perlengkapan serta alat bantu kerja dalam pemesinan bubut. - Peserta didik bertanya dan mencoba lagi untuk mengoperasikan mesin bubut di bawah pengawasan guru. - Guru memberikan lembar kerja (<i>jobsheet</i>) untuk dikerjakan oleh peserta didik di mesin bubut. - Peserta didik memilih perlengkapan mesin bubut dan alat bantu kerja di mesin bubut. - Peserta didik mengerjakan tugas sesuai lembar kerja dengan menggunakan mesin bubut. - Guru melakukan tutorial ke masing-masing peserta didik yang sedang bekerja.
<p>Pelaporan proses membubut</p>	<p>PENGOR-GANISASIAN DAN FORMULASI EKSPLANASI</p>	<p>MENALAR, MENGKOMUNIKASIKAN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Guru menugaskan peserta didik untuk menyusun laporan dan melakukan revisi apabila terdapat kesalahan dalam melaksanakan tugas (menjawab pertanyaan) sebelumnya. - Peserta didik menyusun laporan dan melakukan revisi tugas sebelumnya bila masih ada kesalahan. - Peserta didik mempresentasikan/memaparkan secara lisan jenis-jenis perlengkapan mesin bubut, alat bantu kerja mesin bubut, prosedur

			menggunakan mesin bubut dan hasil pekerjaan bubut.
Pelaporan proses membubut	MENGANALISIS PROSES INKUIRI	MENGKOMUNIKASIKAN, MENALAR	<ul style="list-style-type: none"> - Peserta didik lain memberikan pertanyaan dan tanggapan terhadap materi presentasi. - Guru meminta peserta didik untuk menyempurnakan laporan tentang perlengkapan mesin bubut, alat bantu kerja mesin bubut dan penggunaan mesin bubut berdasarkan masukan dari peserta didik lain.

E. Rangkuman

Perbedaan mendasar antara *student centered learning* dengan *teacher centered* terlihat jelas pada orientasinya. Orientasi strategi *student centered learning* lebih menekankan pada terjadinya kegiatan belajar oleh siswa, atau berorientasi pada pembelajaran (*learning oriented*), sedangkan strategi *teacher centered* lebih berorientasi pada konten (*content oriented*). Dengan kata lain, pada *student centered learning*, mengajar tidak lagi difahami sebagai proses untuk mentransfer informasi, akan tetapi sebagai wahana untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran. Paradigma pembelajaran (SCL), guru hanya sebagai fasilitator dan motivator dengan menyediakan beberapa strategi belajar yang memungkinkan siswa (bersama guru) memilih, menemukan dan menyusun pengetahuan serta cara mengembangkan ketrampilannya (*method of inquiry and discovery*). Pada SCL, ilmu pengetahuan tidak lagi dianggap statik tetapi dinamis dimana peserta didik secara aktif mengembangkan ketrampilan dan pengetahuannya artinya siswa secara aktif menerima pengetahuan tidak lagi pasif.

Pembelajaran adalah proses interaksi antarpeserta didik, antara peserta didik dan pendidik, dan antara peserta dan sumber belajar lainnya pada suatu lingkungan belajar

yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian. Proses pembelajaran pada Kurikulum 2013 adalah memadukan aktivitas pembelajaran pendekatan saintifik dengan sintak model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*discovery learning/inquiry learning*) dan menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*problem based learning/project based learning*).

Proses pembelajaran dapat dipadankan dengan suatu proses ilmiah, karena itu Kurikulum 2013 mengamanatkan esensi pendekatan saintifik dalam pembelajaran. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Dalam pendekatan atau proses kerja yang memenuhi kriteria ilmiah, para ilmuwan lebih mengedepankan penalaran induktif (*inductive reasoning*) dibandingkan dengan penalaran deduktif (*deductive reasoning*).

Penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik. Sebaliknya, penalaran induktif memandang fenomena atau situasi spesifik untuk kemudian menarik simpulan secara keseluruhan. Sejatinya, penalaran induktif menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam relasi idea yang lebih luas. Metode ilmiah umumnya menempatkan fenomena unik dengan kajian spesifik dan detail untuk kemudian merumuskan simpulan umum. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang spesifik. Karena itu, metode ilmiah umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasi, dan menguji hipotesis.

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa

keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*). Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, keterampilan nilai dan cara-cara berpikir dalam meningkatkan kapasitas berpikir secara jernih, bijaksana dan membangun keterampilan sosial serta komitmen (Joice& Wells).

Langkah-langkah dalam pendekatan ilmiah seperti dijelaskan di atas tentu saja harus dijiwai oleh perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai, responsif dan proaktif) dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

Disamping itu pemahaman, penerapan dan analisis dari pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif terkait bidang kajian Dasar dan Pengukuran Listrik dapat digunakan untuk memecahkan masalah.

F. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Mengacu pada pengalaman anda dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran di sekolah identifikasilah hal-hal yang berkaitan dengan pertanyaan berikut ini :

Identifikasilah beberapa kelemahan/kekurangan/masalah yang anda rasakan pada waktu pelaksanaan pembelajaran di kelas. Kelemahan/kekurangan/ masalah tersebut dirasakan telah mengurangi kualitas pembelajaran yang dilakukan.

(Analisislah berdasarkan Pendekatan Saintifik dan Model pembelajaran *Discovery Learning/Inquiry Learning/Problem Based Learning/Project Based Learning*).

2. Buatlah matriks pemaduan pendekatan saintifik dengan model pembelajaran yang Saudara pilih berdasarkan analisis SKL, KI dan KD untuk mata pelajaran yang Saudara ampu.

G. Kunci Jawaban

1. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang spesifik. Karena itu, metode ilmiah umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasi, dan menguji hipotesis. Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*).
2. Matriks pepaduan pendekatan saintifik dengan model pembelajaran, menggunakan format seperti di bawah ini.

Tabel Matrik Perancah Pepaduan Sintaksis Model Pembelajaran dengan
Pendekatan Saintifik pada Mata Pelajaran:

Kompetensi Dasar:

3.1.

4.1.

Tujuan Pembelajaran

Dengan diberikan fasilitas belajar di kelas dan bengkel, peserta didik dapat:

1.
2.
3.

Contoh Perancangan Pemaduan Pendekatan Saintifik

Model Pembelajaran

Materi Pembelajaran	Sintaks Model Pembelajaran	Tahap Saintifik 5 M	Kegiatan Belajar

Kegiatan Pembelajaran 2 Konversi Energi Biomassa

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, peserta diklat dapat menjelaskan tentang: sejarah perkembangan pemanfaatan biomass dalam kehidupan sehari-hari, konversi biomass menjadi panas, konversi biomass menjadi listrik, dan konversi biomass menjadi bahan bakar nabati.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi dari kegiatan pembelajaran ini adalah peserta diklat mampu menyelidiki energi biomassa menjadi energi panas dan listrik.

C. Uraian Materi

1. Sejarah Perkembangan Pemanfaatan Biomass

Biomass adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomass antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian dan limbah hutan, tinja dan kotoran ternak.

Selain digunakan untuk tujuan primer seperti serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, dan bahan bangunan, biomass juga digunakan sebagai bahan energi (bahan bakar). Umumnya yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomass yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

Biomass terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian merupakan sumber energi tertua. Hingga sekarang, biomass sebagai sumber energi masih cukup berperan terutama untuk negara-negara berkembang. Data dari *shell breifing service* (1980) menyebutkan bahwa konsumsi energi biomass di negara-

negara berkembang (tidak termasuk negara OPEC) pada tahun 1977 adalah 2.6 BOE per kapita per tahun, atau sekitar 54% dari konsumsi energi keseluruhan.

a. Sejarah pemanfaatan biodiesel

Ide menggunakan minyak nabati secara langsung untuk mesin diesel sudah dilakukan orang lebih dari 100 tahun lalu oleh penemunya sendiri, Rudolf Diesel pada tahun 1885 dengan menggunakan minyak dari tanaman untuk menggerakkan diesel. Namun hingga meninggalnya Rudolf Diesel pada tahun 1913, visi pengembangan minyak nabati sebagai bahan bakar belum selesai bahkan terhenti karena perkembangan produksi minyak solar dan harga solar yang murah. Pengembangan minyak nabati mulai marak dibicarakan setelah terjadi kenaikan harga minyak bumi.

b. Sejarah pemanfaatan bioetanol

Pada tahun 1917, Alexander Graham Bell mengusulkan etanol dari jagung dan bahan pangan lainnya sebagai bahan bakar pengganti batu bara dan minyak dan menyatakan bahwa dunia dekat dengan masa di mana kedua jenis bahan bakar tersebut akan segera habis.

Sejak tahun 1970, Brazil telah memiliki program bahan bakar etanol yang menjadikan negara tersebut penghasil etanol kedua terbesar di dunia setelah Amerika Serikat dan eksportir terbesar dunia. Program etanol Brazil menggunakan peralatan modern dan bahan baku tebu yang murah, dan residu yang dihasilkan dari proses tersebut digunakan sebagai sumber energi untuk proses berikutnya. Saat ini tidak ada lagi kendaraan pribadi di Brazil yang dijalankan dengan bensin murni. Di akhir tahun 2008 Brazil telah memiliki sedikitnya 35.000 stasiun pengisian bahan bakar dengan sedikitnya satu pompa etanol per stasiun.

Etanol selulosit dapat diproduksi dari berbagai macam bahan pangan, dan melibatkan penggunaan seluruh bagian hasil pertanian. Pendekatan baru ini meningkatkan hasil etanol yang diproduksi dan mengurangi emisi karbon

karena jumlah energi pertanian yang digunakan sama untuk sejumlah etanol yang lebih tinggi.

c. Sejarah pemanfaatan gasifikasi

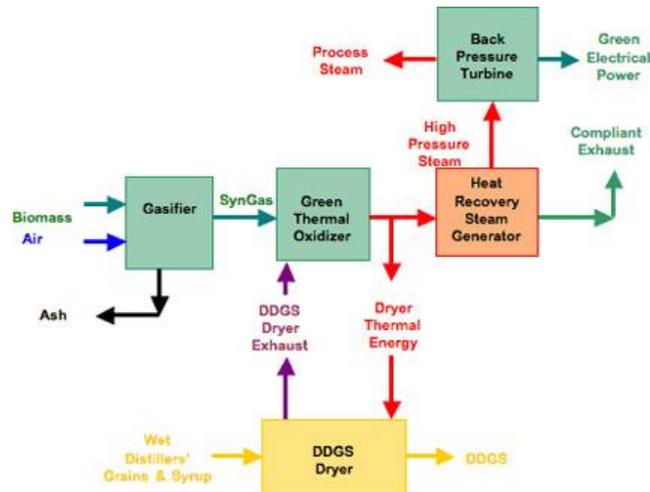
Proses gasifikasi telah dikomersialisasi selama lebih dari 200 tahun. Para ilmuwan telah mengetahui tentang potensi gasifikasi sejak tahun 1609, namun insinyur skotlandia, William Murdoch, merupakan pelopor sebenarnya di bidang ini. Dia mengembangkan proses gasifikasi pada tahun 1792 dengan melakukan percobaan menggunakan berbagai jenis bahan bakar, akhirnya menyimpulkan gas batubara adalah yang paling efektif. Fasilitas gasifikasi batubara pertama di Amerika Serikat, *the gas light company of baltimore*, didirikan pada tahun 1816. Fasilitas ini menghasilkan *town gas*, yang diproduksi secara lokal dan dipasok ke kota untuk kebutuhan memasak dan penerangan. Ketika industri lokal mulai menggunakan *town gas* untuk menerangi pabrik-pabrik mereka, *shift* kerja malam bisa dijalankan, dan membantu untuk mengantarkan ke era industrialisasi.

Pada awal 1900-an, penggunaan *town gas* menurun dengan semakin populernya listrik dan gas alam. Sejak tahun 1920-an, gasifikasi telah digunakan terutama untuk memproduksi bahan bakar sintesis dan bahan kimia, terutama ketika minyak bumi menjadi sumber daya yang langka, seperti pada masa-masa perang. Dengan terjadinya perubahan pasokan energi global dan kemajuan teknologi, gasifikasi kembali ke garis depan dalam menyediakan energi yang bersih dan hemat.

Pada tahun 1970, pemerintahan Presiden Amerika Serikat Jimmy Carter mengusulkan gasifikasi batubara sebagai alternatif bahan bakar minyak yang mahal yang sebagian besar diimpor. Program ini, termasuk *synthetic fuels corporation*, terbengkalai ketika harga bahan bakar minyak turun pada tahun 1980-an.

Gambar 2.1.

Proses Gasifikasi



(Sumber Majari Magazine)

d. Sejarah pemanfaatan biogas

Sejarah awal penemuan biogas pada awalnya muncul di benua Eropa. Biogas yang merupakan hasil dari proses *anaerobik digestion* ditemukan seorang ilmuwan bernama Alessandro Volta yang melakukan penelitian terhadap gas yang dikeluarkan rawa-rawa pada tahun 1770. Dan pada tahun 1776 mengaitkannya dengan proses pembusukan bahan sayuran, sedangkan Willam Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai *metan*. Pada perkembangannya, pada tahun 1875 dipastikan bahwa biogas merupakan produk dari proses *anaerobik digestion*.

Selanjutnya, tahun 1884 seorang ilmuwan lainnya bernama Pasteur melakukan penelitian tentang biogas menggunakan mediasi kotoran hewan. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan. Sedangkan dalam kebudayaan mesir, china, dan roma kuno diketahui telah memanfaatkan gas alam ini untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasil panas.

Perkembangan biogas mengalami pasang surut, seperti pada akhir abad ke-19 tercatat Jerman dan Perancis memanfaatkan limbah pertanian menjadi beberapa unit pembangkit yang berasal dari biogas. Selama perang dunia II banyak petani di Inggris dan benua Eropa lainnya yang membuat digester kecil untuk menghasilkan biogas. Namun, dalam perkembangannya karena harga BBM semakin murah dan mudah diperoleh, pada tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa mulai ditinggalkan.

Jika era tahun 1950-an Eropa mulai meninggalkan biogas dan beralih ke BBM, hal sebaliknya justru terjadi di negara-negara berkembang seperti India dan China yang membutuhkan energi murah dan selalu tersedia. China menggunakan teknologi biogas dengan skala rumah tangga yang telah dimanfaatkan oleh hampir sepertiga rumah tangga di daerah pinggiran China. Perkembangan biogas di China bisa dikatakan mengalami perkembangan yang signifikan, pada tahun 1992 sekitar lima juta rumah tangga menggunakan instalasi biogas sehingga biogas menjadi bahan bakar utama sebagian penduduk China.

Perkembangan yang senada juga terjadi di India, tahun 1981 mulai dikembangkan instalasi biogas di India. India merupakan negara pelopor dalam penggunaan energi biogas di benua Asia dan pengguna energi biogas ini dilakukan sejak masih dijajah oleh Inggris.

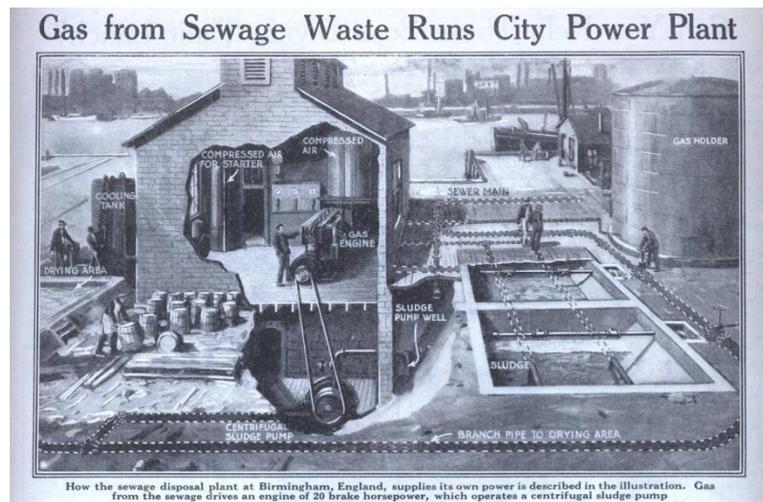
India sudah membuat instalasi biogas sejak tahun 1900. Negara tersebut mempunyai lembaga khusus yang meneliti pemanfaatan limbah kotoran ternak yang disebut *agricultural research institute dan gobar gas research station*. Data yang diperoleh menyebutkan bahwa pada tahun 1980 di seluruh India terdapat 36.000 instalasi gas bio yang menggunakan *feses sapi* sebagai bahan bakar.

Teknik biogas yang digunakan sama dengan teknik biogas yang dikembangkan di China yaitu menggunakan model sumur tembok dan dengan drum serta

dengan bahan baku kotoran ternak dan limbah pertanian. Tercatat sekitar tiga juta rumah tangga di India menggunakan instalasi biogas pada tahun 1999.

Gambar 2.2.

Biogas di Kota Birmingham tahun 1920



(sumber : www.farrallon.ca)

Secara umum konversi biomass menjadi energi dibagi menjadi 3 jenis yaitu: pembakaran langsung, melalui proses termokimia, dan dengan proses biokimia.

2. Konversi Biomass Menjadi Panas

Konversi biomass menjadi panas pada umumnya dilakukan melalui proses pembakaran. Pembakaran bisa bersumber pada pembakaran sumber biomass secara langsung maupun dengan produk turunannya yaitu yang berupa arang. Pembakaran adalah konversi klasik dimana biomass menjadi energi panas pembakaran, dalam hal ini biomass digunakan sebagai bahan bakar pada bentuk aslinya. Energi panas yang dihasilkan selain dapat langsung dimanfaatkan juga dapat diubah menjadi bentuk energi lain (energi listrik, energi mekanis, pendinginan) dengan mempergunakan jalur konversi yang lebih panjang. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa makin panjang jalur konversi yang ditempuh, maka makin kecil efisiensi konversi biomass tersebut menjadi energi. Hal ini

disebabkan tiap tahap konversi mempunyai efisiensi kurang dari 100%. Sebagai contoh, konversi biomass menjadi energi panas dengan cara pembakaran langsung tungku dapat mencapai efisiensi lebih kurang 40%. Tetapi konversi biomass menjadi energi listrik melalui proses konversi gasifikasi hanya dapat mencapai efisiensi lebih kurang 17%. (Sumber ; Sri Endah A, IPB)

Kayu bakar merupakan sumber energi klasik dan masih merupakan sumber energi domestik yang penting di banyak negara berkembang. Pada akhir pertengahan abad ke-20, kayu bakar telah banyak digantikan penggunaannya oleh *petroleum*. Namun demikian pemakaian kayu bakar masih lebih besar dari separuh jumlah kayu yang ditebang.

Untuk mengurangi pemakaian bahan bakar kayu yang tingkat konsumsinya makin hari makin meningkat tajam hingga membahayakan ekologi rimba, maka pemanfaatan briket arang yang bisa dibuat dari bahan baku yang berupa limbah dan non limbah sangat strategis. Beberapa bahan baku briket arang antara lain: sekam padi, kayu, limbah dari industri penggergajian, tempurung kelapa, dan bahan organik lainnya.

Salah satu teknologi dalam memperoleh arang adalah pirolisis. Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat sehingga terjadi peruraian komponen kimia tanpa adanya oksigen. Dalam pembuatan arang dari kayu melalui proses pirolisis akan terjadi proses perubahan komponen kimia kayu menjadi arang, yang terjadi pada suhu 200°C – 500°C (Djatkiko dkk, 1981). Tiga komponen utama kayu adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Proporsi dari tiga polimer struktur ini bervariasi tergantung dari jenis kayu. Senyawa lain seperti *resin* terdapat dalam jumlah kecil (Kollman dan Cote, 1984).

Proses Pirolisis kayu menurut Nicholas (1973) dibagi menjadi 2 bagian:

a. Tahap suhu rendah (0°C – 200°C)

Reaksi yang terjadi pada bagian ini adalah reaksi *endothermis*, yaitu reaksi yang menyerap panas, artinya panas yang dihasilkan dari reaksi tersebut lebih

rendah dari panas yang diterima. Reaksi ini pada intinya adalah proses menguapkan air, walaupun titik didih air adalah 100°C tetapi untuk menguapkan air yang berada di dinding sel diperlukan suhu sampai 200°C. Pada tahap ini, meskipun lambat terjadi pula proses dekomposisi kayu. Walaupun kekuatan kayu naik seiring menurunnya kadar air kayu, namun perlahan-lahan akan menurun jika sudah di atas 100°C. Proses pirolisis berjalan pelan namun kayu tidak sampai terbakar. Kelembaban tinggi akibat proses penguapan air.

b. Tahap suhu tinggi (di atas 200°C)

Tahap ini merupakan reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang menghasilkan panas artinya panas yang dihasilkan dari reaksi ini lebih besar dari yang diterima.

Pada tahap ini proses dekomposisi meningkat pesat, dimulai dari terjadinya proses dekomposisi komponen kayu misalkan hemiselulosa, selulosa dan lignin.

Hemiselulosa terdekomposisi pada suhu 200°C - 250°C, selulosa mulai 280°C dan berakhir pada 300°C – 350°C, sementara lignin mulai terdekomposisi pada suhu 300°C -350°C dan berakhir pada suhu 400°C – 450°C.

Pada permulaan pirolisis dihasilkan gas-gas yang mudah terbakar seperti CO, metana, metanol, formaldehid dan asam asetat. Proses pirolisis selanjutnya menghasilkan *tar*, termasuk di dalamnya adalah *furfural* dan *derivatif furan* sebagai hasil dekomposisi dari pentosan, kemudian glukosa sebagai hasil dekomposisi selulosa dan berbagai macam senyawa aromatik (*fenol*, *xilenol*) sebagai hasil dekomposisi lignin. Semua hasil dekomposisi menguap bersamaan dengan meningkatnya suhu pirolisis dan residu yang tertinggal adalah arang.

Setelah proses pirolisis selesai kemudian bahan arang tempurung yang didapat digunakan sebagai bahan pembuatan briket arang tempurung.

Proses pembuatan briket arang tempurung dapat menggunakan cara berikut:

a. Pembuatan serbuk

Tempurung kelapa yang telah menjadi arang, kemudian dibuat serbuk yaitu digiling dengan mesin penggiling dan ditumbuk. Serbuk yang telah diperoleh disaring dengan saringan dengan ukuran *mesh* 20. Serbuk arang siap digunakan untuk pembuatan briket.

b. Pembuatan pasta briket

Pasta briket dibuat dengan mencampur bahan perekat pati dengan serbuk arang tempurung menggunakan perbandingan 1 : 25. Perekat pati dibuat dengan campuran pati dan air dengan perbandingan 1 : 8. Campuran dipanaskan sampai campuran matang. Setelah perekat pati matang kemudian dicampurkan secara merata dengan serbuk arang tempurung secara manual ataupun menggunakan mesin pengaduk.

c. Pencetakan briket

Langkah-langkah pencetakan briket:

- 1) Setelah adonan briket jadi, kemudian adonan dimasukkan ke dalam alat cetak briket.
- 2) Briket arang yang telah dicetak kemudian dikeringkan. Proses pengeringan bisa dilakukan secara manual di bawah terik matahari (selama 3 - 4 hari) atau dengan menggunakan oven pada suhu oven 60°C selama 24 jam (sebelum dimasukkan oven briket diangin-anginkan terlebih dahulu minimal 12 jam).



(Sumber : 3 .b.p.blogspot.com)

3. Konversi Biomass Menjadi Listrik

Konversi biomass menjadi listrik merupakan pengembangan dari konversi biomass menjadi energi panas. Energi Panas yang dihasilkan dari pembakaran biomass kemudian dikonversi menjadi energi listrik dengan bantuan peralatan.

Alat konversi biomass menjadi energi listrik antara lain:

a. *Boiler* biomass

Sistem *boiler* biomass menggunakan biomass untuk menghasilkan panas dan listrik yang dapat digunakan untuk mendidihkan berbagai macam material. Ada sekitar empat jenis sistem yang menggunakan biomass sebagai penghasil panas bagi *boiler*. Sistem-sistem ini adalah sistem berbahan bakar pelet, sistem full otomatis, sistem semi-otomatis dan *combined heat and power system* (sistem gabungan panas dan listrik). Dewasa ini, penggunaan *boiler* biomass terus meningkat sebagai penghasil energi terbarukan. *Boiler* biomass merupakan alternatif pengganti terbaik bagi boiler minyak atau gas.

Berikut ini adalah 4 jenis sistem *boiler* biomass.

1) *Combined heat and power system (CHP)*

CHP menggunakan limbah kayu seperti potongan dan serpihan kayu untuk menghasilkan listrik, serta panas sebagai produk sampingannya. Karena menghasilkan tekanan yang tinggi, biaya yang dibutuhkan juga relatif tinggi dan juga wajib untuk memiliki operator yang memenuhi syarat untuk mengoperasikan sistem ini. Sistem ini lebih nyaman untuk digunakan di tempat-tempat yang membutuhkan panas dan listrik seperti di rumah sakit dan tempat penginapan.

2) *Sistem full otomatis*

Sistem boiler otomatis menggunakan limbah atau serpihan kayu sebagai bahan bakar. Limbah kayu dimasukkan ke tangki penyimpanan dan kemudian konveyor mengangkut biomass ini ke dalam *boiler* dalam jumlah yang terkendali. Sistem ini berjalan dan mati secara otomatis untuk menjaga suhu dan tekanan yang dihasilkan selama operasi. Penggunaan sistem otomatis lebih efektif karena hanya membutuhkan operator komputer untuk menjalankan sistem.

3) *Sistem semi otomatis*

Sistem semi otomatis mirip dengan *sistem full otomatis*, namun masih menggunakan tenaga manusia untuk menjalankannya. Sistem ini memiliki tangki kapasitas yang lebih kecil dan sistem *conveyor* sederhana yang membutuhkan manusia untuk mengontrolnya.

4) Sistem berbahan bakar pelet

Sistem berbahan bakar pelet tentu saja menggunakan pelet sebagai bahan-bakarnya, pelet merupakan bentuk olahan dari kayu. Pelet dipindahkan dari tempat penyimpanan ke *boiler* dengan menggunakan gaya gravitasi. Meskipun pelet harganya mahal, namun pelet lebih efisien dan membutuhkan lebih sedikit ruang penyimpanan karena sifatnya yang padat

dan oleh karenanya bisa mengurangi biaya penyimpanan. Sistem ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan tetapi lebih baik untuk digunakan pada ruang yang terbatas dan tempat-tempat yang sulit menggunakan sistem *conveyor*.

Berikut ini adalah keuntungan-keuntungan dari sistem *boiler* biomass:

Salah satu keuntungan menggunakan *boiler* biomass dibandingkan dengan *boiler* minyak atau gas adalah biaya dan ketersediaan bahan-bakarnya. Penggunaan kayu relatif murah dan meskipun kepadatan energinya rendah, dapat digunakan dengan *feeder* otomatis pada sistem 24-jam sehari. Dalam penggunaan skala besar, *boiler* biomass dianggap berbahan-bakar yang paling ekonomis mengingat harga BBM internasional semakin tinggi, limbah kayu dapat dikonversi menjadi serpihan kayu sebagai bahan bakar operasional sistem *boiler* biomass. Mengenai masalah ketersediaan, limbah kayu tidak butuh untuk diimpor dari negara lain karena setiap negara menggunakan kayu untuk berbagai kegunaan internal dan karenanya limbah kayu akan cukup tersedia.

Keuntungan lain dari penggunaan sistem *boiler* biomass adalah karena sistem ini menggunakan limbah dan residu dari industri atau perkotaan, hutan, dan pertanian untuk menghasilkan listrik dan panas dengan lebih sedikit efek negatif terhadap lingkungan. Karbon yang terdapat pada biomass adalah bagian dari siklus karbon alami dan karena itu menghasilkan efek yang sangat kecil terhadap lingkungan, karena tidak menambah jumlah karbon di alam seperti yang ditimbulkan oleh *boiler* minyak dan gas. Penggunaan bahan bakar biomass mengurangi emisi gas rumah kaca. Bahan bakar biomass juga membantu mengelola limbah kayu yang bisa mengganggu lingkungan.

b. Gasifikasi

Konversi dengan proses gasifikasi sesungguhnya adalah proses pirolisa sekunder dimana karena panas yang tinggi (lebih dari 600°C) biomass terurai dan direduksi menjadi gas CO, serta beberapa jenis gas lainnya. Tujuan konversi ini adalah menghasilkan gas CO (karbon monoksida) yang kemudian digunakan sebagai bahan bakar motor yang dihubungkan dengan generator pembangkit tenaga listrik. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti penerangan, pemanasan/pendinginan atau penggunaan lainnya.

4. Konversi Biomass Menjadi Bahan Bakar Nabati

Pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM) fosil di Indonesia yang terus meningkat dengan produksi yang terbatas dan cenderung menurun yang menyebabkan kelangkaan dan meningkatnya harga jual. BBM merupakan energi yang paling banyak digunakan di Indonesia yaitu, sebanyak 48%, gas 21%, dan batubara 27% (KESDM, 2011).

Dampak kelangkaan dan kenaikan harga BBM fosil sangat dirasakan oleh masyarakat dan juga dunia industri. Kenaikan harga BBM menjadi beban bagi masyarakat sebagai konsumen karena antara lain mengakibatkan kenaikan harga produksi, tarif angkutan, dan jasa. Pada akhirnya harga barang dari berbagai komoditas menjadi naik.

Pengembangan bioenergi atau bahan bakar nabati sebagai sumber energi alternatif sangat strategis untuk mengatasi permasalahan yang ada. Langkah nyata pemerintah Indonesia dalam pengembangan bahan bakar nabati adalah dengan diterbitkannya Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 tertanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain.

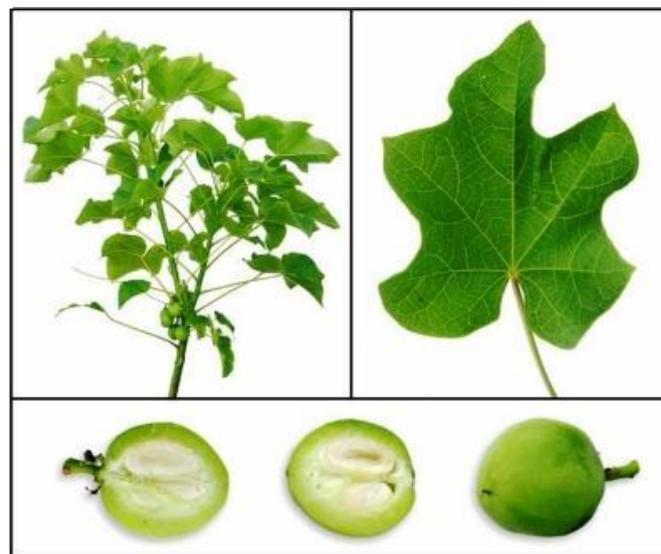
Bahan bakar nabati antara lain: biodiesel, bioetanol, dan minyak nabati murni.

a. Biodiesel

Biodiesel merupakan bentuk ester dari minyak nabati. Bahan baku dapat berasal dari kelapa sawit, jarak pagar, kedelai dan kelapa. Dalam pemanfaatannya dicampur dengan minyak solar dengan perbandingan tertentu. B5 merupakan campuran 5% biodiesel dengan 95% minyak solar yang dijual secara komersial oleh Pertamina dengan nama dagang biosolar.

Gambar 2.4.

Jarak Pagar



(Sumber: matoa.org)

Biodiesel merupakan alternatif terbaik pengganti bahan bakar diesel. Selain dapat digunakan secara langsung pada mesin tanpa modifikasi, juga ramah lingkungan (Xu dan Wu, 2003). Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati (Ramos *et al.*, 2009), lemak hewan (Saraf dan Thomas, 2007), maupun minyak goreng bekas (Sunthitikawinsakul dan Sangatith, 2012).

Meskipun biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, lemak hewan, maupun minyak goreng bekas. Namun produksi biodiesel yang telah ada dipasaran merupakan hasil pengolahan dari minyak nabati. Minyak nabati adalah minyak yang didapatkan dari tanaman yang mengandung minyak,

baik yang dapat dimakan (*edible*) atau tidak (*non edible oil*). Indonesia memiliki banyak keanekaragaman hayati yang berpotensi sebagai sumber minyak nabati, diantaranya kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, kemiri, kemiri minyak, nyamplung, pongamia pinnata, biji karet, dan tanaman penghasil minyak nabati lainnya.

Karakteristik minyak nabati tidak memungkinkan penggunaannya secara langsung karena terdapat asam lemak bebas, *gum* dan viskositasnya tinggi sehingga dapat mengganggu *performa* mesin diesel dan dapat mengakibatkan pengendapan pada mesin diesel (Rodrigues *et al.*, 2006).

Oleh karena itu sebagai bahan bakar sehingga diperlukan suatu proses untuk mengubah minyak nabati menjadi bahan bakar (Korus *et al.*, 2000). Schwab *et al.* (1987) mengatakan, ada tiga teknologi yang pada umumnya digunakan untuk memproduksi biodiesel, yaitu pirolisis, mikroemulsifikasi, dan transesterifikasi.

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan diantaranya :

- 1) *Biodegradable* (dapat terurai), lebih dari 90% biodiesel dapat terurai dalam 21 hari (Mudge dan Pereira, 1999; Speidel *et al.*, 2000)
- 2) Renewable energy karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui.
- 3) Mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik dibanding solar minyak bumi, sehingga mesin dapat bertahan lebih lama.
- 4) Titik bakar lebih tinggi dibandingkan solar, sehingga memudahkan dalam penyimpanan dan penanganan.
- 5) Motor diesel tidak membutuhkan modifikasi khusus untuk menggunakan biodiesel.
- 6) Biodiesel dapat dicampur dengan solar minyak bumi biasa dengan berbagai perbandingan.
- 7) Mengurangi emisi gas buang; *particulate matter* (PM), *total hydrocarbon* (THC), dan *carbon monoxide* (CO), tetapi menambah *nitrogen oxides* (NOx) (Knothe *et al.*, 2006; Lopez *et al.*, 2009).

- 8) Biodiesel mengandung sulfur yang lebih rendah dibandingkan solar, sehingga tidak terlalu banyak mengeluarkan zat toksik (Harrington, 1986; USEPA., 2002).
- 9) Keuntungan komparatif dalam penggunaan biodiesel ini dapat menyeimbangkan antara pertanian, pengembangan ekonomi dan lingkungan (Meher et al., 2006).

Tabel 2.1.

Standar mutu biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006)

Parameter dan Satuannya	Batas Nilai	Metode Uji
Massa jenis pada 40 oC, kg/m ³	850 – 890	ASTM D 1298
Viskos. kinem. pd 40 oC, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
Angka setana	min. 51	ASTM D 613
Titik nyala (mangkok tertutup), oC	min. 100	ASTM D 93
Titik kabut, Oc	maks. 18	ASTM D 2500
Korosi bilah tembaga (3 jam, 50 oC)	maks. no. 3	ASTM D 130
Residu karbon (%-b), - dalam contoh asli - dalam 10 % ampas distilasi	maks. 0,05 maks. 0,3	ASTM D 4530
Air dan sedimen, %-vol.	maks. 0,05	ASTM D 2709
Temperatur distilasi 90 %, oC	maks. 360	ASTM D 1160
Abu tersulfatkan, %-b	maks. 0,02	ASTM D 874
Belerang, ppm-b (mg/kg)	maks. 100	ASTM D 5453
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	maks. 10	FBI-A05-03
Angka asam, mg-KOH/g	maks. 0,8	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-b	maks. 0,02	FBI-A02-03
Gliserol total, %-b	maks. 0,24	FBI-A02-03
Kadar ester alkil, %-b	min. 96,5	FBI-A03-03
Angka iodium, %-b (g-I ₂ /100 g)	maks. 115	FBI-A04-03
Uji Halphen	Negative	FBI-A06-03

Sumber: Badan Standarisasi Nasional

b. Bioetanol

Menurut Musanif, bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan) di samping biodiesel. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan

proses destilasi. Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut *fuel grade etanol* (FGE). Proses pemurnian dengan prinsip dehidrasi umumnya dilakukan dengan metode *molecular sieve*, untuk memisahkan air dari senyawa etanol.

Bahan baku bioetanol yang dapat digunakan antara lain ubi kayu, tebu, sagu dll.

Gambar 2.5.

Singkong untuk bahan bioetanol



(Sumber:ramadan.detik.com)

Secara umum, proses pengolahan bahan berpati seperti ubi kayu, jagung dan sagu untuk menghasilkan bioetanol dilakukan dengan proses urutan. Pertama adalah proses hidrolisis, yakni proses konversi pati menjadi glukosa.

Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa ($C_6H_{12}O_6$). Pemutusan rantai polimer tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi ataupun kombinasi keduanya. Hidrolisis secara enzimatik memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dan fisik dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati. Hidrolisis secara kimiawi dan fisik akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis

enzimatis akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu.

Enzim yang digunakan adalah alfa-amilase pada tahap likuifikasi, sedangkan tahap sakarifikasi digunakan enzim glucoamilase.

Tahap kedua adalah proses fermentasi untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂. Fermentasi etanol adalah perubahan 1 mol gula menjadi 2 mol etanol dan 2 mol CO₂. Pada proses fermentasi etanol, khamir terutama akan memetabolisme glukosa dan fruktosa membentuk asam piruvat melalui tahapan reaksi pada jalur Embden-Meyerhof-Parnas, sedangkan asam piruvat yang dihasilkan akan didekarboksilasi menjadi asetaldehida yang kemudian mengalami dehidrogenasi menjadi etanol (Amerine et al., 1987).

Khamir yang sering digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae*, karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4 - 32°C.

Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan destilasi untuk memisahkan etanol. Distilasi merupakan pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya. Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (Kondisi standar).

Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang 78 – 100°C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume.

Bioetanol dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi premium. E5 merupakan campuran 5% bioetanol dengan 95% premium yang telah dipasarkan Pertamina dengan nama dagang biopremium. Penggunaan bioetanol sampai dengan E15 tidak perlu melakukan modifikasi mesin kendaraan yang sudah ada, tetapi untuk E100 hanya dapat digunakan untuk mobil jenis FFV (*flexible fuel vehicle*).

c. Minyak nabati murni

Minyak nabati murni yang sering disebut *pure plant oil* (PPO) adalah minyak nabati yang tidak mengalami perubahan sifat kimiawi dan dimanfaatkan secara langsung untuk mengurangi konsumsi solar industri, minyak diesel, minyak tanah dan minyak bakar. O15 merupakan campuran 15% PPO dengan 85% minyak diesel dan dapat digunakan tanpa tambahan peralatan khusus untuk bahan bakar peralatan industri. Pemakaian yang lebih besar dari O15 harus menambah peralatan konverter.

Gambar 2.6.

kelapa Sawit



(Sumber:Segalabenda.com)

Minyak nabati murni (*straight vegetable oil, SVO*) atau (*pure plant oil, PPO*) dan sering juga disebut dengan biofuel mempunyai viskositas yang tinggi antara 30 sampai 50cSt pada temperatur 40°C dibandingkan dengan minyak solar yang mempunyai viskositas antara 2 sampai 5cSt pada 40°C. Perbedaan viskositas yang cukup tinggi ini akan berpengaruh jelek pada atomisasi bahan bakar dari

minyak nabati. Dalam pemanfaatannya secara langsung sebagai bahan bakar mesin diesel, viskositas minyak nabati murni harus diturunkan sehingga mendekati karakteristik viskositas minyak solar. Hal ini dapat dilakukan dengan cara pencampuran minyak nabati murni dengan minyak solar atau dengan modifikasi menggunakan alat pemanas ataupun *heat exchanger* pada saluran bahan bakar (*fuel line*).

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 konversi energi biomassa? 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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaranselanjutnya.

E. Rangkuman

1. Biomass adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomass antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian dan limbah hutan, tinja dan kotoran ternak.
2. Biomass terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian merupakan sumber energi tertua. Hingga sekarang, biomass sebagai sumber energi masih cukup berperan terutama untuk negara-negara berkembang.
3. Sejarah awal penemuan biogas pada awalnya muncul di benua Eropa. Biogas yang merupakan hasil dari proses anaerobik digestion ditemukan seorang ilmuwan bernama Alessandro Volta yang melakukan penelitian terhadap gas yang dikeluarkan rawa-rawa pada tahun 1770.
4. Konversi biomass menjadi panas pada umumnya dilakukan melalui proses pembakaran. Pembakaran bisa bersumber pada pembakaran sumber biomass secara langsung maupun dengan produk turunannya yaitu yang berupa arang.
5. Konversi biomass menjadi listrik merupakan pengembangan dari konversi biomass menjadi energi panas. Energi Panas yang dihasilkan dari pembakaran biomass kemudian dikonversi menjadi energi listrik dengan bantuan peralatan.
6. Biodiesel merupakan bentuk ester dari minyak nabati. Bahan baku dapat berasal dari kelapa sawit, jarak pagar, kedelai dan kelapa. Dalam pemanfaatannya dicampur dengan minyak solar dengan perbandingan tertentu.
7. Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa ($C_6H_{12}O_6$).
8. Minyak nabati murni yang sering disebut pure plant oil (PPO) adalah minyak nabati yang tidak perubahan sifat kimiawi dan dimanfaatkan secara langsung untuk mengurangi konsumsi solar industri, minyak diesel, minyak tanah dan minyak bakar.

F. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling tepat dari soal-soal di bawah ini:

1. Disebut apakah konversi klasik dimana biomass diubah menjadi energi panas, dimana biomass digunakan sebagai bahan bakar pada bentuk aslinya....
 - a. Pembakaran
 - b. Pemanasan
 - c. Gasifikasi
 - c. Pirolisis
2. Energi panas dapat di konversi ke bentuk energi lain. Di bawah ini yang bukan merupakan perubahan bentuk dari energi panas menjadi energi lain adalah....
 - a. Energi listrik
 - b. Energi mekanis
 - c. Pembakaran
 - c. Pendinginan
3. Disebut apakah proses pemanasan suatu zat sehingga terjadi peruraian komponen kimia tanpa adanya oksigen....
 - a. Karbonisasi
 - b. Pirolisis
 - c. CHP
 - c. kogenerasi
4. Ada sekitar empat jenis sistem yang menggunakan biomass sebagai penghasil panas bagi boiler. Di bawah ini merupakan sistem-sistem tersebut kecuali....
 - a. sistem berbahan bakar pelet
 - b. sistem full otomatis
 - c. sistem full otomatis
 - c. Karbonisasi
5. Disebut apakah konversi dengan proses pirolisa sekunder dimana karena panas yang tinggi (lebih dari 600°C) biomass terurai dan direduksi menjadi gas CO, serta beberapa jenis gas lainnya....
 - a. Pirolisis
 - b. Gasifikasi
 - c. Pembakaran
 - c. Karbonisasi

G. Kunci Jawaban

1. a
2. c
3. b
4. d
5. b
6. a
7. b
8. d
9. d
10. a

LEMBAR KERJA KB-2

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran konversi energi air ke listrik dan mekanik? 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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Kegiatan Pembelajaran 3 Konversi Biomass Skala Laboratorium

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, siswa dapat menjelaskan tentang: karakteristik jenis-jenis biomass, instalasi konversi biomass menjadi panas, instalasi pembangkit listrik biomass, dan instalasi pemrosesan biomass menjadi bioenergi.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi dari kegiatan pembelajaran ini adalah peserta didik mampu menyelidiki energi biomassa menjadi energi panas dan listrik dalam skala laboratorium.

C. Uraian Materi

1. Karakteristik Jenis-Jenis Biomass

Sumber daya biomass dapat digunakan berulang kali dan bersifat tidak terbatas berdasarkan siklus dasar karbon melalui proses fotosintesis. Sebaliknya sumber daya fosil secara prinsip bersifat terbatas dan hanya untuk sementara. Selain itu, emisi CO₂ yang diakibatkan dari pembakaran fosil akan memberikan efek yang serius terhadap iklim global.

Terbaharui dan berkelanjutan tidak selalu memiliki arti yang sama untuk setiap sumber energi. Kemampuan tumbuhan untuk mendaur ulang adalah berbasis prinsip ekosistem yang rumit. Oleh karena itu pada biomass yang berasal dari lahan pertanian, perlu diperhatikan keseimbangan panen, laju pertumbuhan dan juga perlindungan lingkungan.

Karakteristik bahan baku biomass antara lain:

a. Terbaharui

Ada dua jenis sumber energi, yaitu: sumber daya tidak terbarukan (jenis stok) dan sumber daya terbarui (jenis aliran seperti: sinar matahari, angin, surya dan biomass). Sumber jenis aliran bersifat tidak terbatas, Namun pada sumber energi yang berasal dari biomass penggunaannya seharusnya dibatasi dalam jangka waktu tertentu. Penggunaan yang berlebihan misalnya dengan penggundulan hutan bisa menyebabkan ketidakberlanjutan sistem energi terbarukan ini.

Biomass mempunyai dua jenis sumber daya:

1) Biomass jenis aliran

Jumlah bersih produktivitas primer adalah sebanyak 170 Gt/tahun (sekitar 7 kali jumlah permintaan energi di seluruh dunia).

2) Biomass jenis stok

Kebanyakan di hutan dengan jumlah sebanyak 1800 Gt (sekitar 80 kali jumlah permintaan energi di seluruh dunia).

Gambar 3.1.

Batubara (Sumber: Energitoday.com)



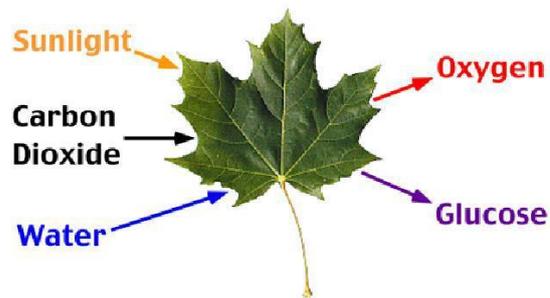
b. Netral karbon

Bahan bakar biomass juga menghasilkan CO₂ melalui pembakaran. Akan tetapi, CO₂ akan diserap oleh tumbuhan semasa proses pertumbuhan.

Hal ini bisa dikatakan bahwa pelepasan CO₂ sama dengan pengikatan CO₂ melalui proses pertumbuhan.

Gambar 3.2.

Penyerapan CO₂ oleh tumbuhan



(Sumberlist.wordpress.com)

c. Pertanian Berkelanjutan

Maksud dari pertanian berkelanjutan secara spesifik adalah bahwa penebangan kayu disesuaikan dengan regenerasi hutan, jadi jumlah pohon yang ditebang sesuai dengan pohon baru yang ditanam. Secara lebih umum yaitu bahwa penggunaan sumber biomass harus sebanding dengan penyediaan biomass.

Gambar 3.3.

Reboisasi



(Sumber:pertaminafoundation.org)

2. Instalasi Konversi Biomass Menjadi Panas

Instalasi konversi biomass menjadi panas secara sederhana dilakukan pada kompor berbahan bakar arang cetak/biobriket. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kualitas briket arang sebagai berikut:

a. Rendemen

Rendemen merupakan berat arang yang dihasilkan dibagi berat bahan baku yang dihitung dalam persen. Besarnya rendemen arang dari jenis-jenis kayu di Indonesia bervariasi cukup besar yaitu antara 21,1% - 40,8% (Hartoyo dan Nurhayati, 1976). Rendemen arang yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- 1) Pemanasan dan tekanan dalam tanur.
- 2) Umur bahan baku briket.
- 3) Berat jenis bahan baku briket.
- 4) Komposisi kimia bahan briket.

Oleh karena itu rendemen arang yang dihasilkan akan bervariasi persentasenya.

b. Nilai kalor

Nilai kalor merupakan jumlah satuan panas yang dihasilkan persatuan bobot dari proses pembakaran dengan oksigen dari suatu bahan yang mudah terbakar. Nilai kalor dinyatakan dalam satuan kal/g (Syachry, 1983). Penelitian Hartoyo dan Nurhayati (1976) besarnya nilai kalor untuk jenis-jenis kayu di Indonesia berkisar antara 5059 – 7752 kal/g. Sedangkan dalam penelitian Nurhayati dkk (1999) diperoleh nilai kalor arang tempurung kelapa berkisar antara 4267,87 – 7512,62 kal/g.

c. Berat jenis

Berat jenis adalah salah satu sifat fisika suatu senyawa yang paling penting. Berat jenis berhubungan dengan kerapatan. Kerapatan akan memberikan pengaruh terhadap nilai kalor suatu bahan, kerapatan yang tinggi cenderung memberi nilai kalor yang tinggi dibandingkan yang berkerapatan rendah (Soeparno, 1992).

Haygreen dan Bowyer (1989) mendefinisikan berat jenis sebagai perbandingan antara kerapatan kayu (atas dasar berat kering tanur dan volume pada kandungan air yang telah ditentukan) dengan kerapatan air pada suhu 4°C. Perhitungan berat jenis banyak disederhanakan dalam sistem matrik, karena 1 cm³ air beratnya tepat 1 gram. Jadi berat jenis dapat dihitung secara langsung dengan membagi berat dalam gram dan volume dalam cm³. Mengingat berat jenis merupakan perbandingan kerapatan maka berat jenis tidak memiliki satuan dan nilainya berubah-ubah sesuai kadar air dalam kayu. Penelitian Sudrajat (1983) menghasilkan berat jenis briket arang berkisar antara 0,45 – 1,03.

d. Kadar air

Keberadaan air dalam kayu dan produk olahannya berkaitan erat dengan sifat higroskopis kayu, di mana kayu mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air sehingga kayu tidak pernah kering sama sekali (Brown dkk, 1952).

Kadar air didefinisikan sebagai berat air yang dinyatakan dalam persen berat kering tanur. Semakin tinggi kadar air maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air. Dalam proses ini terjadi proses karbonisasi tidak sempurna sehingga kualitas air yang dihasilkan jelek (Haygreen dan Bowyer, 1989).

Haygreen dan Bowyer (1989) berpendapat bahwa kadar air akan berpengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan di mana semakin tinggi kadar air maka nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah. Semakin tinggi kadar air dalam arang maka dalam proses pembakarannya akan dibutuhkan kalor yang besar untuk mengeluarkan air menjadi uap sehingga energi yang tersisa dalam arang tersebut menjadi lebih kecil.

Nurhayati dkk (1999) dalam penelitiannya menghasilkan kadar air briket arang dari tempurung kelapa berkisar antara 1,12 - 7,40%. Sedangkan penelitian Soeparno dkk(1999) menghasilkan kadar air briket arang rata-rata 1,751%.

e. Kadar Abu

Salah satu bagian arang yang ada dalam sisa pembakaran adalah abu yang merupakan mineral. Abu terdiri dari bahan mineral seperti lempung, silika, kalsium serta magnesium oksida. Semakin besar kadar abu berarti kualitasnya semakin jelek. Biasanya kadar abu briket arang antara 0,5 – 5% (Anonim, 1985).

Penelitian Soeparno (1999) menghasilkan kadar abu briket arang dari serbuk pinus rata-rata sebesar 5,117%. Sedangkan Nurhayati dkk(1999) dalam penelitiannya menghasilkan kadar abu briket arang dari tempurung kelapa antara 0,84 – 5,17%.

f. Kadar zat mudah menguap

Zat mudah menguap dalam briket arang bukan merupakan komponen penyusun arang, tetapi merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun arang akibat proses pemanasan. Kadar zat mudah menguap dalam arang selain air dapat dihitung dengan menguapkan semua zat-zat menguap dalam arang selain air.

Hartoyo dkk (1978) mengemukakan bahwa suhu yang digunakan dalam proses pembuatan arang akan mempengaruhi besarnya kadar zat mudah menguap. Pendapat ini juga didukung oleh Nurhayati dkk (1999) yang menyatakan bahwa kadar zat mudah menguap dapat diperkecil bila suhu pengarangan dinaikkan. Dalam penelitian Nurhayati dkk (1999) dihasilkan kadar zat mudah menguap untuk briket arang tempurung kelapa sebesar 6,54 – 72,33%.



Kompor Biobriket tersebut digunakan untuk pengujian kalor dan kadar abu biobriket. Spesifikasinya adalah: kompor berukuran diameter 20 cm, tinggi 22 cm, di dalamnya dilengkapi dengan batu tahan api dengan ketebalan 2 cm, diameter dalam 11,5 cm dan tinggi 12 cm, dan kapasitas 1 kg untuk 6 jam pembakaran.

3. Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomass

Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan di Indonesia pada saat ini maupun masa mendatang adalah biomass (kayu, serbuk gergaji, sekam padi, sampah, dan lain-lainnya). Biomass dapat diubah menjadi sumber energi listrik dengan cara memanfaatkan teknologi gasifikasi.

Abdullah *et al.* (1998) mendefinisikan bahwa gasifikasi biomass merupakan suatu proses konversi bahan selulosa dalam suatu reaktor gasifikasi (*gasifier*) menjadi gas mampu bakar yang terdiri dari; karbon monoksida, hidrogen dan gas metan. Selanjutnya gas tersebut dipergunakan sebagai bahan bakar mesin pembangkit

tenaga listrik dan sebagai sumber energi untuk proses termal lainnya seperti pengeringan dan pendinginan absorpsi.

Tahapan proses gasifikasi dimulai dari:

- a. Zona pengeringan di bagian paling atas *gasifier*.
- b. Zona pirolisis, kayu mulai terurai menjadi arang, uap air dan gas.
- c. Zona oksidasi di bagian *throat*, menghasilkan tar, minyak, gas metan, karbon dioksida, karbon monoksida dan energi panas.
- d. Zona reduksi di bagian bawah throat, mereduksi gas karbon dioksida menjadi karbon monoksida.
- e. Gas mampu bakar yang keluar dari reaktor masuk ke unit pemurnian, pendinginan, unit pencampur, kemudian masuk ke mesin diesel. Kualitas gas mampu bakar ditentukan oleh *gasifier*, sehingga diperlukan rancangan teknis *gasifier* yang optimal.
- f.

Gambar 3.5.

Perangkat Gasifikasi



(Sumber: informasi-dan-teknologi.blogspot.com)

Jenis dan parameter *gasifier* ditentukan oleh arah aliran gas melalui reaktor (arah naik, arah turun, atau horizontal) atau oleh arah aliran padatan dan gas (searah, berlawanan arah atau aliran silang).

Jenis reaktor yang sering dipakai adalah:

a. *Gasifier* reaktor tetap aliran berlawanan arah

Umpan dimasukkan pada bagian atas reaktor dan bergerak ke bawah melewati zona pengeringan, pirolisis, reduksi, dan oksidasi. Sedangkan udara masuk pada bagian bawah dan gas keluar pada bagian atas. Keuntungan jenis *gasifier* reaktor tetap aliran berlawanan arah yaitu kesederhanaannya, tingkat pembakaran arang yang tinggi pertukaran panas internal sehingga suhu gas keluar rendah, dan efisiensi gasifikasi yang tinggi. Selain itu *gasifier* jenis ini dapat menggunakan bahan bakar dengan kandungan air yang cukup tinggi (50%). Kekurangan *gasifier* jenis ini adalah produksi tar yang tinggi, akibat gas yang tidak melalui zona oksidasi. *Gasifier* jenis ini sesuai untuk pemanfaatan panas langsung. Namun jika digunakan sebagai bahan bakar mesin, perlu proses pemurnian tar.

b. *Gasifier* aliran silang

Gasifikasi arang menghasilkan suhu sangat tinggi ($>1500^{\circ}\text{C}$) di daerah oksidasi yang dapat mengakibatkan masalah material reaktor. Selain itu kinerja pemecahan tar rendah, sehingga diperlukan arang berkualitas tinggi. Keuntungan sistem ini adalah dapat dioperasikan pada skala yang sangat kecil dan konstruksi bagian pemurnian gas (*cyclone* dan *baghouse filter*) yang sederhana. Di negara yang sedang berkembang, sistem ini digunakan untuk tenaga poros dibawah 10 kW.

c. *Gasifier* unggun tetap aliran ke bawah

Biomass dimasukkan pada bagian atas reaktor dan udara dimasukkan pada bagian atas atau samping. Gas keluar dari bagian bawah reaktor sehingga bahan bakar dan gas bergerak pada arah yang sama. Gas hasil pirolisis dibawa melewati daerah oksidasi (dengan suhu tinggi) dimana terjadi proses

pembakaran dan mengakibatkan terbakarnya unsur tar, sehingga gas mampu bakar memiliki kandungan tar yang rendah, sesuai dengan kebutuhan mesin. *Gasifier* jenis ini digunakan pada tingkat tenaga 10-500 kW.

d. *Gasifier opencore*

Didesain untuk biomass berukuran kecil dengan kandungan abu tinggi. Pembentukan gas mengandung tar kira-kira 0.05 kg tar/kg gas, (Knoef HAM & Stassen HEM 1994). Pada *gasifier open core*, udara dihisap melalui seluruh penampang bagian atas reaktor, sehingga ketersediaan oksigen lebih baik. Hal ini menyebabkan suhu reaktor padat tidak akan mencapai suhu ekstrim setempat di zona oksidasi, tidak seperti *gasifier* konvensional.

4. Instalasi Pemrosesan Biomass Menjadi Bioenergi

a. Instalasi Pirolisis

Cocos Nucifera (pohon kelapa) merupakan pohon yang dari akar sampai pelepahnya bisa dimanfaatkan. Salah satu manfaat dari bagian pohon kelapa yaitu tempurung kelapa adalah bisa dijadikan asap cair dan briket arang melalui instalasi pirolisis. Asap cair merupakan hasil kondensasi (pengembunan) asap dari pembakaran tempurung kelapa.

Langkah praktis membuat asap cair:

- 1) Bersihkan tempurung kelapa dari serabutnya.
- 2) Kemudian ukurannya diperkecil.
- 3) Masukkan sampel ke dalam reaktor pirolisis. Pirolisis adalah pembakaran tertutup pada suhu tinggi biasanya pada suhu 400-600°C. Proses tersebut

menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padat, gas dan cairan. Komposisi cairan di dalam proses pirolisis ini tersebut adalah asap cair.

- 4) Proses berjalan dalam reaktor pirolisis selama 5 jam dan ditutup rapat. Reaktor kemudian dipanaskan selama 5 jam. Destilat yang keluar dari reaktor ditampung dalam dua wadah. Wadah pertama untuk menampung fraksi berat, sedangkan wadah kedua untuk menampung fraksi ringan. Fraksi ringan ini diperoleh setelah dilewatkan tungku pendingin yang dilengkapi pipa berbentuk spiral, hasilnya dalam bentuk cairan dan sisa gas metan yang kemudian dibakar. Sementara arang yang dihasilkan dapat di proses untuk briket, atau arang aktif.

Asap akan keluar melalui pipa dan masuk ke drum penampungan asap, asap akan mulai mengembun/berkondensasi menjadi cairan/liquid.

Asap cair yang dihasilkan masih berupa asap cair yang masih mengandung tar sehingga berwarna coklat pekat, asap cair ini sangat cocok untuk penggumpalan karet dan pengawetan kayu.

Jika ingin digunakan sebagai pengawet makanan, asap cair harus berwarna coklat bening (berarti tar telah berkurang termasuk aromanya) dan agar asap cair itu menjadi berwarna coklat bening, harus diendapkan selama minimal 1 minggu, Untuk mengendapkan tar saring dengan zeolet. Destilasi ulang asap cair tersebut sampai benar-benar berwarna coklat dan destilasi dilakukan pada suhu 120 - 150°C.

Manfaat dari asap cair di antaranya sebagai pengganti formalin, pengawet makanan (mie, bakso, tahu dan udang), pengeras karet, penyamakan kulit, pengawet kayu, anti rayap dan desinfektan.

Langkah praktis membuat briket arang:

- 1) Pengarangan

Tempurung kelapa dibuat arang dengan cara pengarangan manual melalui tong kemudian dibakar dan ditutup hingga hanya ada sedikit ventilasi pada tong arang tersebut, atau dengan cara proses pirolisis, di mana tempurung dimasukkan ke dalam tangki pirolisis dalam keadaan tertutup, kemudian asap dikondensasikan hingga didapat asap cair.

2) Penepungan

Arang yang dihasilkan melalui pembakaran manual atau pirolisis kemudian dibuat tepung menggunakan *diskmill*.

3) Pencampuran media

Tepung tempurung kelapa yang telah disaring selanjutnya dicampur dengan lem kanji. Pada saat pencampuran ditambah dengan lem kanji sebanyak 2,5% dari tepung tempurung kelapa.

4) Pencetakan briket arang

Setelah bahan-bahan tersebut dicampur secara merata, selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan briket dan kemudian dilakukan pengovenan maupun penjemuran.

Gambar 3.6.

Instalasi Pirolisis



b. Instalasi Bioetanol

1) Sekilas tentang bioetanol

Etanol merupakan senyawa hidrokarbon dengan gugus *hydroxyl* (-OH) dengan 2 atom karbon (C) dengan rumus kimia C_2H_5OH . Secara umum etanol lebih dikenal sebagai etil alkohol berupa bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung karbohidrat (pati) seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, sorgum, beras, ganyong dan sagu yang kemudian dipopulerkan dengan nama bioetanol.

Bahan baku lainnya adalah tanaman atau buah yang mengandung gula seperti tebu, nira, buah mangga, nanas, pepaya, anggur, lengkeng, dll. Bahan berserat (*selulosa*) seperti sampah organik dan jerami padi pun saat ini telah menjadi salah satu alternatif penghasil etanol. Bahan baku tersebut merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang potensial untuk dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan bioetanol.

Namun dari semua jenis tanaman tersebut, ubi kayu merupakan tanaman yang setiap hektarnya paling tinggi dapat memproduksi bioetanol. Selain itu pertimbangan pemakaian ubi kayu sebagai bahan baku proses produksi bioetanol juga didasarkan pada pertimbangan ekonomi. Pertimbangan ekonomi menyangkut pengadaan bahan baku tersebut bukan saja meliputi harga produksi tanaman sebagai bahan baku, tetapi juga meliputi biaya pengelolaan tanaman, biaya produksi pengadaan bahan baku, dan biaya bahan baku untuk memproduksi setiap liter etanol.

Secara umum etanol biasa digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, kosmetika dan kini sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Pemanfaatan etanol beraneka ragam, sehingga *grade* etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk etanol yang mempunyai *grade*

90-95% biasa digunakan pada industri, sedangkan etanol/bioetanol yang mempunyai *grade* 95-99% atau disebut alkohol teknis dipergunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi, sedangkan *grade* etanol/bioetanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan bermotor harus betul-betul kering dan *anhydrous* supaya tidak menimbulkan korosi, sehingga etanol/bioetanol harus mempunyai *grade* tinggi antara 99,6-99,8 % (*full grade etanol*). Perbedaan besarnya *grade* akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (*glukosa*) larut air.

2) Proses produksi bioetanol

Produksi etanol/bioetanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (*glukosa*) larut air. Konversi bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat dan tetes menjadi bioetanol ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. 1. Konversi bahan baku tanaman yang mengandung pati

Bahan Baku		Kandungan Gula Dalam Bahan Baku (Kg)	Jmlh Hasil Konversi Bioetanol (Liter)	Perbandingan Bahan Baku dan Bioetanol
Jenis	Konsumsi (Kg)			
Ubi Kayu	1000	250-300	166,6	6,5 : 1
Ubi Jalar	1000	150-200	125	8 : 1
Jagung	1000	600-700	200	5 : 1
Sagu	1000	120-160	90	12 : 1
Tetes	1000	500	250	4 : 1

Glukosa dapat dibuat dari berbagai jenis berbahan pati. Proses pembuatannya dapat dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan, yaitu *hydrolisa asam* dan *hydrolisa enzyme*. Berdasarkan kedua jenis hidrolisa tersebut, saat ini *hydrolisa enzyme* lebih banyak dikembangkan, sedangkan *hydrolisa asam* (misalnya dengan asam sulfat) kurang dapat berkembang, sehingga proses pembuatan *glukosa* dari jenis berbahan pati sekarang ini dipergunakan dengan *hydrolisa enzyme*. Dalam proses konversi karbohidrat menjadi gula (*glukosa*) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzim, kemudian dilakukan proses peragian atau *fermentasi*, gula menjadi etanol dengan menambahkan *yeast* atau ragi.

Selain etanol/bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, juga dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung *selulosa* seperti jerami padi, namun dengan adanya *lignin* mengakibatkan proses penggulaannya menjadi lebih sulit.

Secara singkat teknologi proses produksi etanol/bioetanol tersebut dapat dibagi dalam tiga tahap, yaitu persiapan bahan baku, *liquefikasi* dan *sakarifikasi*, *fermentasi*, destilasi, dan dehidrasi.

1) Persiapan bahan baku

Bahan baku untuk produksi bioetanol bisa didapatkan dari berbagai tanaman, baik yang secara langsung menghasilkan gula sederhana semisal tebu (*sugarcane*), gandum manis (*sweet sorghum*) atau yang menghasilkan tepung seperti jagung (*corn*), singkong (*cassava*) dan gandum (*grain sorghum*) disamping bahan lainnya. Persiapan bahan baku beragam bergantung pada jenis bahan bakunya, sebagai contoh menggunakan bahan baku singkong (ubi kayu). Singkong yang telah dikupas dan dibersihkan dihancurkan untuk memecahkan susunan tepungnya agar bisa berinteraksi dengan air secara baik.

2) *Liquifikasi dan sakarifikasi*

Kandungan karbohidrat berupa tepung atau pati pada bahan baku singkong dikonversi menjadi gula *komplex* menggunakan *enzym alfa amylase* melalui proses pemanasan (pemasakan) pada suhu 90°C (hidrolisis). Pada kondisi ini tepung akan mengalami *gelatinasi* (mengental seperti *jelly*). Pada kondisi optimum *enzym alfa amylase* bekerja memecahkan struktur tepung secara kimia menjadi gula kompleks (*dextrin*). Proses *liquifikasi* selesai ditandai dengan parameter di mana bubur yang diproses berubah menjadi lebih cair seperti sup.

Sedangkan proses *sakarifikasi* (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana) melibatkan tahapan sebagai berikut :

- a) Pendinginan bubur sampai mencapai suhu optimum *enzym glukosa amylase* bekerja.
- b) Pengaturan pH optimum enzim.
- c) Penambahan *enzym glukosa amilase* secara tepat dan mempertahankan pH serta temperatur pada suhu 60°C hingga proses *sakarifikasi* selesai (dilakukan dengan melakukan pengetesan kadar gula sederhana yang dihasilkan).

3) *Fermentasi*

Pada tahap ini, tepung telah berubah menjadi gula sederhana (*glukosa* dan sebagian *fruktosa*) dengan kadar gula berkisar antara 5 hingga 12 %. Tahapan selanjutnya adalah mencampurkan ragi (*yeast*) pada cairan bahan baku tersebut dan mendiampkannya dalam wadah tertutup (*fermentor*) pada kisaran suhu optimum 27°C s/d 32°C selama kurun waktu 5 hingga 7 hari (*fermentasi* secara *anaerob*). Keseluruhan proses membutuhkan ketelitian agar bahan baku tidak terkontaminasi oleh mikroba lainnya. Dengan kata lain, dari persiapan baku, *liquifikasi*, *sakarifikasi*, hingga *fermentasi* harus pada kondisi

bebas kontaminan. Selama proses fermentasi akan menghasilkan cairan etanol/alkohol dan CO₂.

Hasil dari fermentasi berupa cairan mengandung alkohol/etanol berkadar rendah antara 7 hingga 10% (biasa disebut cairan *Beer*). Pada kadar etanol max 10% ragi menjadi tidak aktif lagi, karena kelebihan alkohol akan beakibat racun bagi ragi itu sendiri dan mematikan aktifitasnya.

4) Destilasi

Destilasi atau lebih umum dikenal dengan istilah penyulingan dilakukan untuk memisahkan alkohol dalam cairan *beer* hasil *fermentasi*. Dalam proses destilasi, pada suhu 78°C (setara dengan titik didih alkohol) etanol akan menguap lebih dulu ketimbang air yang bertitik didih 100 °C. Uap etanol di dalam destilator akan dialirkan kebagian kondensor sehingga terkondensasi menjadi cairan etanol. Kegiatan penyulingan etanol merupakan bagian terpenting dari keseluruhan proses produksi bioetanol. Dalam pelaksanaannya dibutuhkan tenaga operator yang sudah menguasai teknik penyulingan etanol. Selain operator, untuk mendapatkan hasil penyulingan etanol yang optimal dibutuhkan pemahaman tentang teknik *fermentasi* dan peralatan destilator yang berkualitas.

Penyulingan etanol dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara :

- a) Penyulingan menggunakan teknik dan destilator tradisional (konvensional). Dengan cara ini kadar etanol yang dihasilkan hanya berkisar antara antara 20 s/d 30 %.
- b) Penyulingan menggunakan teknik dan distillator model kolom *reflux* (bertingkat). Dengan cara dan distillator ini kadar etanol yang dihasilkan mampu mencapai 60 - 90% melalui 2 (dua) tahapan penyulingan.

5) Dehidrasi

Hasil penyulingan berupa etanol berkadar 95% belum dapat larut dalam bahan bakar bensin. Untuk substitusi BBM diperlukan etanol berkadar 99,6-99,8% atau disebut etanol kering. Untuk pemurnian etanol 95% diperlukan proses dehidrasi (destilasi *absorbent*) menggunakan beberapa cara, antara lain: cara kimia dengan menggunakan batu gamping, cara fisika ditempuh melalui proses penyerapan menggunakan *zeolit sintetis*. Hasil dehidrasi berupa etanol berkadar 99,6 - 99,8% sehingga dapat dikategorikan sebagai *full grade etanol* (FGE), barulah layak digunakan sebagai bahan bakar motor sesuai standar Pertamina. Alat yang digunakan pada proses pemurnian ini disebut dehidrator.

6) Hasil samping penyulingan etanol

Akhir proses penyulingan (destilasi) etanol menghasilkan limbah padat (*sludge*) dan cair (*vinase*). Untuk meminimalisir efek terhadap pencemaran lingkungan, limbah padat dengan proses tertentu dirubah menjadi pupuk kalium, bahan pembuatan biogas, kompos, bahan dasar obat nyamuk bakar dan pakan ternak. Sedangkan limbah cair diproses menjadi pupuk cair. Dengan demikian produsen bioetanol tidak perlu khawatir tentang isu yang berkaitan dengan dampak lingkungan.

Gambar 3.7.

Instalasi bioetanol



c) Instalasi Biofuel

Jatropha curcas (jarak pagar) merupakan salah satu tanaman yang paling prospektif untuk diproses menjadi biodiesel. Keunggulan tanaman ini antara lain: relatif mudah ditanam, toleransinya tinggi terhadap berbagai jenis tanah dan iklim, produksi minyak tinggi, serta minyak yang dihasilkan tidak dapat dikonsumsi oleh manusia sehingga tidak mengalami persaingan dengan minyak untuk pangan.

Tanaman *Jatropha curcas* (jarak pagar) termasuk tanaman semak dari keluarga *Euphorbiaceae* yang tumbuh cepat dengan ketinggian mencapai 3 – 5 meter. Umumnya, seluruh bagian dari tanaman ini mengandung racun sehingga hampir tidak memiliki hama. Tanaman ini mulai berbuah pada umur 5 bulan, dan mencapai produktivitas penuh pada umur 5 tahun. Buahnya berbentuk elips dengan panjang sekitar 1 (satu) inci dan mengandung 2 – 3 biji. Usia *Jatropha curcas* apabila dirawat dengan baik, dapat mencapai 50 tahun.

Produktivitas biji *Jatropha curcas* bergantung kepada kesuburan tanah. Seperti tanaman lainnya, semakin subur lahan maka produktivitasnya juga tinggi. Meskipun demikian, tanaman ini memiliki kelebihan yaitu dapat bertahan hidup dalam kondisi kekeringan yang ekstrim.

Menurut penelitian, produksi biji per hektar pada tanah normal sebesar 2.500 kg, dapat menghasilkan minyak sekitar 30 – 35% atau 830 kg. Penelitian lain menyebutkan bahwa 75 kg minyak jarak pagar menghasilkan 71,88 kg biodiesel. Dari kedua data tersebut di atas dapat diperkirakan bahwa untuk memproduksi biodiesel sebanyak 8 ton, diperlukan biji ± 25.000 kg.

Pada tanah normal dengan jarak tanam 2m x 2m yang jumlah tanamannya per hektar berkisar 2.500 tanaman, produksi biji per pohon per tahun adalah ± 5 kg. Sehingga biji sebanyak 25.000 kg (pabrik kapasitas 8 ton) diperlukan lahan sekitar 740 hektar.

Dalam proses pengolahan biji jarak menjadi biodiesel, dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1) Proses pembuatan *crude jatropha oil* (CJO)

- a) Biji jarak dibersihkan dari kotoran dengan cara dicuci secara manual atau masinal (dengan mesin).
- b) Biji direndam sekitar 5 menit di dalam air mendidih, kemudian ditiriskan sampai air tidak menetes lagi.
- c) Biji dikeringkan dengan menggunakan alat pengering atau dijemur di bawah matahari sampai cukup kering, kemudian biji tersebut dimasukkan ke dalam mesin pemisah untuk memisahkan daging biji dari kulit bijinya.
- d) Daging biji yang telah terpisah dari kulitnya, digiling dan siap untuk dipres. Lama tenggang waktu dari penggilingan ke pengepresan diupayakan sesingkat mungkin untuk menghindari oksidasi.
- e) Proses pengepresan biasanya meninggalkan ampas yang masih mengandung 7 – 10% minyak. Oleh sebab itu, ampas dari proses pengepresan dilakukan proses ekstraksi pelarut, sehingga ampasnya hanya mengandung minyak kurang dari 0,1% dari berat keringnya. Pelarut yang biasa digunakan adalah pelarut n-heksan dengan rentang didih 60 – 70°C.
- f) Tahap ini menghasilkan *crude jatropha oil* (CJO), yang selanjutnya akan diproses menjadi *jatropha oil* (JO).

2) Proses pembuatan biodiesel

a) Reaksi *esterifikasi*

CJO mempunyai komponen utama berupa trigliserida dan asam lemak bebas. Asam lemak bebas harus dihilangkan terlebih dahulu agar tidak mengganggu reaksi pembuatan biodiesel (reaksi *transesterifikasi*). Penghilangan asam lemak bebas ini dapat dilakukan melalui reaksi *esterifikasi*.

Pada reaksi ini asam lemak bebas direaksikan dengan metanol menjadi biodiesel sehingga tidak mengurangi perolehan biodiesel.

Tahap ini menghasilkan *jatropha oil (JO)* yang sudah tidak mengandung asam lemak bebas, sehingga dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui reaksi *transesterifikasi*.

b) Reaksi transesterifikasi

Reaksi *transesterifikasi* merupakan reaksi utama dalam pembuatan biodiesel. Pada reaksi ini, trigliserida (minyak) bereaksi dengan metanol dalam katalis basa untuk menghasilkan biodiesel dan gliserol (gliserin).

Gambar 3. 8.

Instalasi biofuel



d) Instalasi Biogas

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen atau disebut *anaerobik digestion*, gas yang menghasilkan sebagian besar (lebih 50%) berupa metana. Material organik yang terkumpul pada *digester* (reaktor)

akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam-asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana.

Setelah material organik berubah menjadi asam, maka tahap kedua dari proses *anaerobik digestion* adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, *methano bacterium*.

Perkembangan proses *Anaerobik digestion* telah berhasil pada banyak aplikasi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah/limbah yang keberadaannya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Aplikasi *anaerobik digestion* telah berhasil pada pengolahan limbah industri, limbah pertanian limbah peternakan dan *municipal solid waste (msw)*.

Proses dekomposisi anaerobik pada dasarnya adalah proses yang terdiri atas dua tahap, yaitu :

1) Proses asidifikasi (proses pengasaman)

Proses asidifikasi terjadi karena kehadiran bakteri pembentuk asam yang disebut dengan bakteri asetogenik. Bakteri ini akan memecah struktur organik kompleks menjadi asam-asam volatil (struktur kecil). Protein dipecah menjadi asam-asam amino. Karbohidrat dipecah menjadi gula dengan struktur yang sederhana. Lemak dipecah menjadi asam yang berantai panjang. Hasil dari pemecahan ini akan dipecah lebih jauh menjadi asam-asam volaid. Bakteri asetogenik juga dapat melepaskan gas hidrogen dan gas karbondioksida.

2) Proses produksi metan

Bakteri pembentuk metan (bakteri metanogenik) menggunakan asam yang terbentuk dari proses asidifikasi. Selain itu juga terdapat bakteri yang dapat

membentuk gas metan dari gas hidrogen dan karbondioksida yang dihasilkan dari proses pertama.

Ada tiga kelompok dari bakteri dan *arkhaebakteria* yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

- a) Kelompok bakteri fermentatif: *steptococci*, *bacteriodes*, dan beberapa jenis *enterobactericeae*.
- b) Kelompok bakteri asetogenik: *desulfovibrio*
- c) Kelompok *arkhaebakteria* dan bakteri metanogen: *mathanobacterium*, *mathanobacillus*, *methanosacaria*, dan *methanococcus*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya biogas antara lain pengaruh PH dan alkalinitas. Alkalinitas adalah besaran yang menunjukkan jumlah karbonat dalam larutan. Keasaman diindikasikan oleh besaran pH. Keasaman sangat berpengaruh terhadap proses dekomposisi anaerobik, karena bakteri yang terlibat dalam proses ini hanya dapat bertahan hidup pada interval pH 6,5 - 8. Asam yang dihasilkan oleh bakteri asetogenik digunakan oleh bakteri metanogenik dan pada akhirnya pH akan konstan. Secara natural tidak akan terjadi perubahan pH dalam interval yang besar.

Perubahan pH yang besar dapat terjadi karena perubahan dari lingkungan. Berkaitan dengan pengaruh temperatur, bakteri anaerob sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Temperatur optimum untuk terjadinya proses dekomposisi anaerobik adalah sekitar 35°C. Bila temperatur terlalu rendah aktivitas bakteri akan menurun dan mengakibatkan produksi biogas akan menurun. Di lain pihak bila temperatur terlalu tinggi bakteri akan mati dan mengakibatkan produksi biogas akan terhenti. Reaktor biogas (*digester anaerob*) adalah sebuah tempat yang kondisinya dijaga sedemikian rupa sehingga proses dekomposisi dapat berjalan dengan optimum.

Gas yang dibutuhkan untuk memasak 1 liter air adalah sekitar 26 liter, jadi sekitar 200 liter gas perhari dibutuhkan untuk kebutuhan sehari-hari rumah

tangga. Bila gas ini mengandung 60% gas metan kita membutuhkan sekitar 120 liter metan per hari dengan kandungan energi sebesar 39 MJ/m³.

Satu kilogram padatan diolah (bagian dari kotoran hewan atau sampah yang dapat terdegradasi) memproduksi 0,5 m³ metan, tetapi hanya setengah dari padatan tersebut yang akan terdekomposisi. Hal ini berarti kita harus menambahkan sekitar 0,5 kg padatan volatil per hari untuk dapat menghasilkan 120 liter gas metan.

Digester merupakan sebuah reaktor yang dirancang sedemikian rupa sehingga kondisi di dalamnya menjadi anaerobik, sehingga bisa memungkinkan proses dekomposisi anaerobik. Kotoran harus ditampung dalam digester selama proses dekomposisi berlangsung atau dengan kata lain sampai kotoran tersebut menghasilkan biogas. Proses dekomposisi oleh bakteri anaerobik sangat dipengaruhi oleh temperatur.

Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil di antaranya hidrogen sulfida (H₂S) dan ammonia (NH₃) serta hidrogen dan (H₂), nitrogen yang kandungannya sangat kecil.

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH₄). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu: menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbon dioksida (CO₂). Hidrogen sulphur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi, bila biogas mengandung senyawa ini maka akan menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang diijinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakar maka hidrogen sulphur akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama-sama oksigen, yaitu sulphur dioksida/sulphur trioksida (SO₂/SO₃). senyawa ini lebih beracun.

Pada saat yang sama akan membentuk *Sulphur acid* (H_2SO_3) suatu senyawa yang lebih korosif. Parameter yang kedua adalah menghilangkan kandungan karbon dioksida yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas, sehingga gas dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan sifat korosif.

Ada beberapa jenis reaktor biogas yang dikembangkan di antaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*fixed dome*), reaktor terapung (*floating drum*), reaktor jenis balon, reaktor jenis horizontal, reaktor jenis lubang tanah, dan reaktor jenis *ferrocement*. Dari keenam jenis digester biogas yang sering digunakan adalah jenis kubah tetap (*fixed-dome*) dan jenis drum mengambang (*floating drum*).

Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan jenis reaktor balon yang banyak digunakan sebagai reaktor sederhana dalam skala kecil.

1) Reaktor kubah tetap (*Fixed-dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor China. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di China sekitar tahun 1930 an, kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Reaktor semacam ini memiliki dua bagian yaitu digester, sebagai tempat pencernaan material biogas, dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.

Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetapnya.

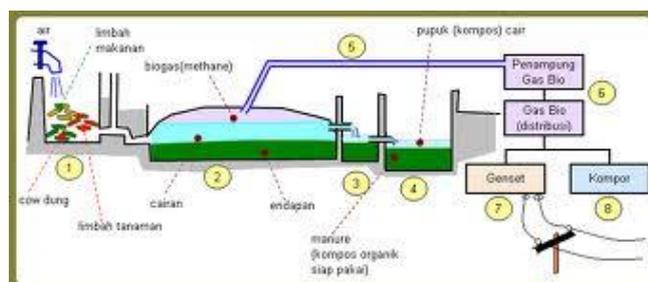
2) Reaktor *floating drum*

Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah. Perbedaannya terletak pada bagian penampung gas yang menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan.

Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. Faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.

Gambar 3.9.

Gambar konstruksi biogas



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 konversi biomass dalam skala laboratorium? 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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-01**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran selanjutnya.

Kegiatan Praktek

1. Peserta melakukan praktek esterifikasi.
2. Peserta melakukan praktek pembuatan transesterifikasi.
3. Peserta melakukan instalasi biogas sederhana dengan biodigester dari botol aqua 1,5 liter dan pipa-pipa dari selang 0,5 cm.

E. Rangkuman

1. Biomass adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan.
2. Contoh biomass antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian dan limbah hutan, tinja dan kotoran ternak.

3. Biomass dalam industri produksi energi, merujuk pada bahan biologis yang hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industrial.
4. *Cocos Nucifera* (pohon kelapa) merupakan pohon yang dari akar sampai pelepahnya bisa dimanfaatkan. Salah satu manfaat dari bagian pohon kelapa yaitu tempurung kelapa, yaitu bisa dijadikan asap cair dan briket arang melalui instalasi pirolisis.
5. Manfaat dari asap cair di antaranya sebagai pengganti formalin, pengawet makanan (mie, bakso, tahu dan udang), pengeras karet, penyamakan kulit, pengawet kayu, anti rayap dan desinfektan.
6. Secara umum etanol lebih dikenal sebagai etil alkohol berupa bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung karbohidrat (pati) seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, sorgum, beras, ganyong dan sago yang kemudian dipopulerkan dengan nama Bioetanol.
7. Etanol biasa digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, kosmetika dan kini sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan bermotor.
8. Secara singkat teknologi proses produksi etanol/bioetanol tersebut dapat dibagi dalam tiga tahap, yaitu persiapan bahan baku, liquefikasi dan sakarifikasi, fermentasi, destilasi, dan dehidrasi.
9. Akhir proses penyulingan (destilasi) etanol menghasilkan limbah padat (*sludge*) dan cair (*vinase*). Untuk meminimalisir efek terhadap pencemaran lingkungan, limbah padat dengan proses tertentu di rubah menjadi pupuk kalium, bahan pembuatan biogas, kompos, bahan dasar obat nyamuk bakar dan pakan ternak. Sedangkan limbah cair diproses menjadi pupuk cair.
10. *Jatropha curcas* (jarak pagar) merupakan salah satu tanaman yang paling prospektif untuk diproses menjadi biodiesel.
11. Penghilangan asam lemak bebas ini dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi. Pada reaksi ini asam lemak bebas direaksikan dengan metanol menjadi biodiesel sehingga tidak mengurangi perolehan biodiesel.

12. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi utama dalam pembuatan biodiesel. Pada reaksi ini, trigliserida (minyak) bereaksi dengan metanol dalam katalis basa untuk menghasilkan biodiesel dan gliserol (gliserin).
13. Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri.
14. Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana.
15. Asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana.
16. Ada tiga kelompok bakteri dan arkhaeobakteria yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:
 - Kelompok bakteri fermentatif: *steptococci*, *bacteriodes*, dan beberapa jenis *enterobacteriaceae*.
 - Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
 - Kelompok bakteri metanogen: *mathanobacterium*, *mathanobacillus*, *methanosacaria*, dan *methanococcus*.
17. Alkalinitas adalah besaran yang menunjukkan jumlah karbonat dalam larutan.
18. Jenis reaktor biogas yang dikembangkan di antaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*Fixed-dome*), reaktor terapung (*Floating drum*), reaktor jenis balon, reaktor jenis horizontal, reaktor jenis lubang tanah, dan reaktor jenis *ferrocement*.

F. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling tepat dari soal-soal di bawah ini:

- 1) Berikut ini yang bukan merupakan contoh dari biomass adalah...
 - a. Tanaman
 - b. Pepohonan
 - c. Rumput
 - d. Batubara

- 2) Yang bukan merupakan tahapan-tahapan dalam proses pembuatan *Crude Jatropha Oil (CJO)* adalah....
- Biji jarak merupakan buah yang mengandung racun.
 - Biji jarak dibersihkan dari kotoran dengan cara dicuci secara manual atau masinal (dengan mesin).
 - Biji direndam sekitar 5 menit di dalam air mendidih, kemudian ditiriskan sampai air tidak menetes lagi.
 - Biji dikeringkan dengan menggunakan alat pengering atau dijemur di bawah matahari sampai cukup kering, kemudian biji tersebut dimasukkan ke dalam mesin pemisah untuk memisahkan daging biji dari kulit bijinya.
- 3) Disebut apakah reaksi penghilangan asam lemak bebas dalam pembuatan biodiesel?
- Esterifikasi
 - Transesterifikasi
 - Oksidasi
 - Reduksi
- 4) Berikut ini yang bukan tahapan dalam proses sakarifikasi adalah....
- Pendinginan bubur sampai mencapai suhu optimum Enzym Glukosa Amylase bekerja.
 - Pengaturan katalis.
 - Pengaturan pH optimum enzim.
 - Penambahan Enzym Glukosa Amilase secara tepat dan mempertahankan pH serta temperatur pada suhu 60 derajat celcius hingga proses Sakarifikasi selesai.
- 5) Manfaat dari asap cair di antaranya seperti di bawah, kecuali....
- Pengganti formalin.
 - Pengawet makanan (mie, bakso, tahu dan udang).

G. Kunci Jawaban

1. d
2. a
3. a
4. b
5. d
6. a
7. d
8. a
9. a
10. b

LEMBAR KERJA KB-3

LK - 01

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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Kegiatan Pembelajaran 4 Konservasi dan Efisiensi Energi

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, siswa dapat menjelaskan tentang metode konservasi energi dan metode efisiensi energi.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi dari kegiatan pembelajaran ini adalah peserta didik mampu menyelidiki konversi energi dan efisiensi energi.

C. Uraian Materi

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah. Sumber daya alam ini terdapat di permukaan dan di bawah permukaan tanah, serta di laut. Akan tetapi kekayaan sumber daya alam yang melimpah ini belum dimanfaatkan secara tepat untuk pembangunan nasional. Banyak kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh pemanfaatan sumber daya alam secara tidak bijaksana.

Kekayaan alam Indonesia terus menyusut, dan diperkirakan dalam beberapa tahun ke depan Indonesia akan menghadapi masalah lingkungan yang berat. Kondisi ini tentu tidak diharapkan. Oleh karena itu perlu usaha-usaha pelestarian lingkungan hidup. Pengelolaan lingkungan hidup yang baik harus dilakukan agar kelestariannya terjaga dan kemampuannya untuk mendukung pembangunan berkelanjutan meningkat.

Untuk melindungi lingkungan hidup dan sumber daya alamnya perlu dilakukan konservasi atau pelestarian. Pelestarian lingkungan hidup mengacu pada pemanfaatan sumber daya alam secara hati-hati dan bijaksana. Hal ini penting mengingat sumber daya alam yang terdapat di lingkungan terbatas jumlahnya dan generasi mendatang juga membutuhkannya. Pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana menjadi

keharusan agar sumber daya alam digunakan tanpa merusak lingkungan, dan menghasilkan limbah seminimal mungkin.

Dalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup disebutkan bahwa pelestarian fungsi lingkungan hidup adalah rangkaian upaya untuk memelihara kelangsungan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup. Untuk pelestarian fungsi lingkungan hidup (maka) dilakukan upaya terpadu dalam pengelolaan lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian.

Gambar 4. 1.

Penghijauan dengan tanaman bakau



(Sumber: antarafoto.com)

Pasal 14 Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan: Untuk menjamin pelestarian fungsi lingkungan hidup, setiap usaha dan/atau kegiatan dilarang melanggar mutu dan kriteria baku kerusakan lingkungan hidup; ketentuan mengenai baku mutu lingkungan hidup, pencegahan, dan penanggulangan pencemaran serta pemulihan daya tampungnya diatur dengan peraturan pemerintah; ketentuan mengenai kriteria baku kerusakan lingkungan

hidup, pencegahan dan penanggulangan kerusakan serta pemulihan daya dukungnya diatur dengan peraturan pemerintah.

Bumi menyediakan sumber daya alam yang terbatas. Beberapa jenis sumber daya bersifat tidak dapat diperbarui, misalnya bahan bakar/fosil. Di sisi lain, jumlah penduduk yang terus meningkat menuntut penyediaan pangan yang banyak, fasilitas hidup semakin beragam, dan barang-barang yang semakin banyak jumlahnya. Keadaan ini memicu eksploitasi sumber daya alam yang semakin meningkat. Batu bara, gas alam, minyak bumi, dan mineral merupakan jenis sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Tiga jenis sumber daya tersebut merupakan potensi yang banyak mengalami penyusutan. Diperkirakan dalam beberapa tahun mendatang ketiga jenis bahan bakar fosil itu akan habis.

Bukan hanya ketiga jenis sumber daya yang tidak dapat diperbarui di atas, hutan, yang termasuk sumber daya dapat diperbarui, tingkat kerusakannya lebih cepat dibanding tingkat pertumbuhannya. Diperkirakan lebih dari separuh hutan hujan tropis dunia telah rusak dan gundul karena kegiatan pembalakan yang berlebihan serta pembukaan lahan hutan untuk pertanian. Di Indonesia, hutan yang hilang setiap hari diperkirakan 1,3 juta hektar.

Kegiatan manusia yang merusak lingkungan menimbulkan dampak lingkungan seperti pencemaran, penipisan lapisan ozon, pemanasan global, dan kenaikan permukaan air laut. Masalah lingkungan ini berdampak pada kehidupan manusia dan makhluk hidup lain. Sebagai contoh, penipisan ozon menyebabkan penyakit kulit, dan pembukaan lahan hutan yang cepat mengancam kehidupan hewan di hutan.

Kegiatan manusia yang menimbulkan kerusakan lingkungan alam dan habitat tumbuhan dan hewan akan mengurangi keutuhan dari kekayaan alam. Sekali terjadi kepunahan tumbuhan dan hewan maka generasi mendatang tidak memiliki kesempatan menyaksikan dan menikmatinya lagi. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha pelestarian lingkungan pada tingkat individu, kelompok nasional, regional dan internasional.

Konservasi lingkungan tersebut dilakukan dengan tetap memperhatikan manfaat yang dapat di peroleh pada saat itu, tetapi dengan tetap mempertahankan keberadaan setiap komponen lingkungan untuk pemanfaatan di masa yang akan datang. Selanjutnya menurut UU No. 4 Tahun 1982, konservasi sumber daya alam adalah pengelolaan sumber daya alam yang menjamin pemanfaatannya secara bijaksana dan bagi sumber daya terbaru menjamin kesinambungan untuk persediannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragaman.

Sebagai contoh untuk potensi sumber daya yang berupa air yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, jika kondisi vegetasi di daerah aliran sungai rusak maka debit akan menurun disertai erosi yang tinggi sehingga berpotensi menurun bahkan hilang.

Sehubungan dengan hal tersebut perlu dilakukan konservasi sumber daya alam non hayati yang meliputi: konservasi tanah dan air, dan pengelolaan daerah aliran sungai.

Selanjutnya beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan energi berkaitan dengan konservasi energi dari sumber daya mineral antara lain adalah bagaimana mengatur penggunaan energi yang berkualitas, meminimalkan penggunaan energi untuk transportasi, dan mengubah energi secara efisien.



1. Konservasi Energi

Konservasi energi menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Dengan lebih terperinci dijelaskan bahwa energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi. Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi.

Selanjutnya dalam Pelaksanaan konservasi energi harus mencakup seluruh tahap pengelolaan energi. Tahap Pengelolaan energi tersebut meliputi kegiatan:

penyediaan energi, pengusaha energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi.

Penyediaan energi yaitu kegiatan atau proses menyediakan energi, baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri. Pengusaha energi yaitu kegiatan menyelenggarakan usaha penyediaan dan/atau pemanfaatan energi. Pemanfaatan energi yaitu kegiatan menggunakan energi, baik langsung maupun tidak langsung, dari sumber energi.

Pelaksanaan konservasi energi dalam kegiatan penyediaan energi meliputi: perencanaan yang berorientasi pada penggunaan teknologi yang efisien energi; pemilihan prasarana, sarana, peralatan, bahan, dan proses yang secara langsung ataupun tidak langsung menggunakan energi yang efisien; dan pengoperasian sistem yang hemat energi. Pelaksanaan konservasi energi dalam pengusaha energi dilakukan melalui penerapan teknologi yang efisien energi yang memenuhi standar sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pelaksanaan konservasi dalam pemanfaatan energi antara lain dengan adanya ketentuan bahwa pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien serta pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi.



(Sumber: www.rimanews.com)

Manajemen energi dilakukan dengan: menunjuk manajer energi; menyusun program konservasi energi; melaksanakan audit energi secara berkala; melaksanakan rekomendasi hasil audit energi; dan melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahun kepada menteri, gubernur, atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya masing-masing.

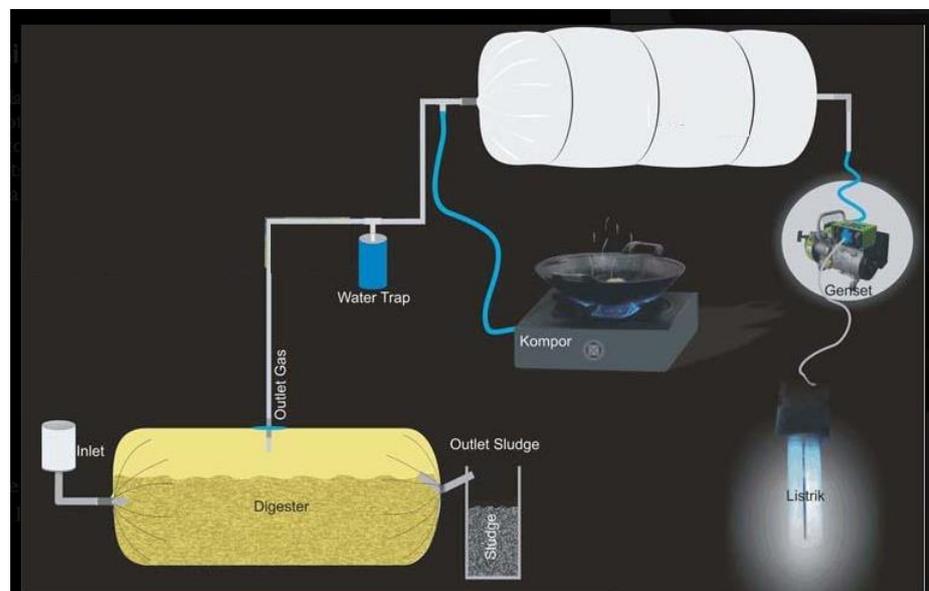
Pelaksanaan kebijakan konservasi sumber daya energi antara lain meliputi: sumber daya energi yang diprioritaskan untuk diusahakan dan/atau disediakan; jumlah sumber daya energi yang dapat diproduksi; dan pembatasan sumber daya energi yang dalam batas waktu tertentu tidak dapat diusahakan.

Secara ringkas pelaksanaan konservasi dalam pemanfaatan energi dilakukan dengan efisiensi pemakaian energi. Untuk pelaksanaan konservasi sumber daya energi dilakukan dengan cara menggunakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui seefisien mungkin, dan dengan mengembangkan penggunaan teknik konversi energi melalui pemanfaatan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin tinggi.

Pemanfaatan energi alternatif, antara lain bersumber pada: air, surya, angin, dan biomass. Energi alternatif ini mempunyai keuntungan antara lain: lebih ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dapat menjangkau wilayah terpencil yang jauh dari sarana dan prasarana yang memadai, serta mendukung kelestarian sumber energi yang tidak dapat diperbaharui.

Gambar 4. 4.

Biomassa untuk energi



Jadi secara umum konservasi energi berkaitan dengan usaha-usaha untuk mengkonversi atau mengubah sumber daya energi menjadi energi dan tindakan penghematan pemakaian energi atau efisiensi energi.

2. Efisiensi Energi

Penghematan energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi atau penggunaan energi yang optimal sesuai dengan kebutuhan sehingga akan menurunkan biaya energi yang dikeluarkan.

Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien di mana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi.

Faktor-faktor yang menjadi latar belakang tindakan penghematan energi antara lain:

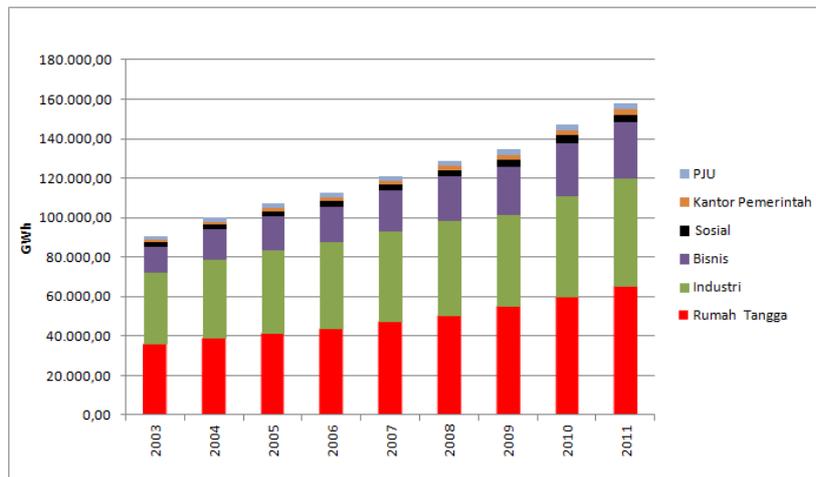
a. Pertumbuhan konsumsi listrik (PLN) dan energi di Indonesia

Pertumbuhan konsumsi listrik pelanggan PLN tahun 2003 sampai dengan tahun 2011 dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut:

Gambar 4.5.

Grafik pertumbuhan konsumsi listrik pelanggan PLN

Pertumbuhan Konsumsi Listrik Pelanggan PLN 2003-2011



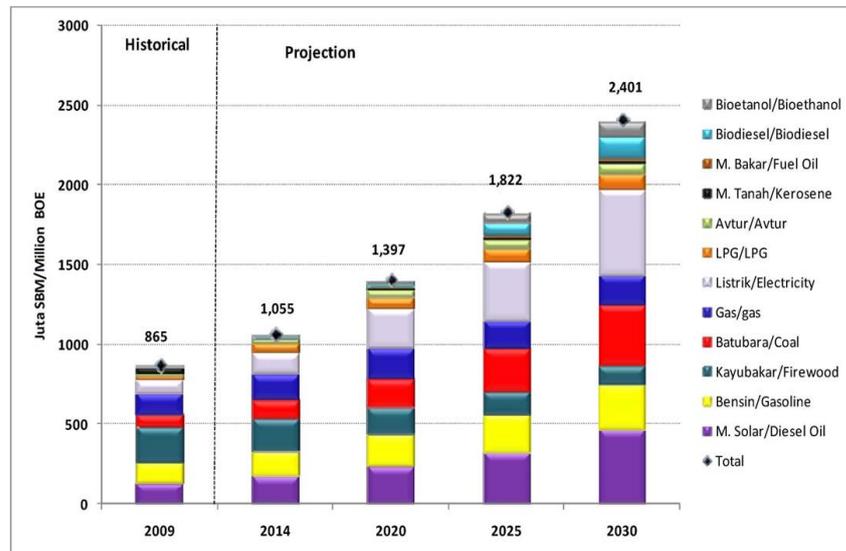
Gambar 4.5 menunjukkan pertumbuhan konsumsi listrik pelanggan PLN dimana pada tahun 2003 besarnya konsumsi mencapai 90.440,95 GWh menjadi 157.992,66 GWh pada tahun 2011, dengan pertumbuhan permintaan rata-rata 7,24% pertahun. Pemakaian oleh kelompok pelanggan pada tahun 2011 adalah: pelanggan industri mengkonsumsi 54.725,82 GWh (35%), rumah tangga 65.111,57 GWh (41%), bisnis 28.307,21 GWh (18%), dan lainnya (sosial, gedung pemerintah, dan penerangan jalan umum) 9.848,06 GWh (6%). Rasio elektrifikasi sampai dengan tahun 2011 dengan daya sebesar 157.992,66 GWh adalah 67,9840%, artinya masih ada sekitar 32,0160% warga masyarakat yang belum mendapatkan akses ke listrik.

Untuk memenuhi kekurangan pemenuhan energi listrik ini maka penghematan energi harus dilakukan, karena jika hanya berorientasi pada produksi energi, sebesar apapun produksinya akan habis.

Hal lain yang menjadi latar belakang tindakan penghematan energi adalah proyeksi kebutuhan energi Indonesia tahun 2030. Proyeksi kebutuhan energi di Indonesia yang terus meningkat yaitu pada tahun 2009 sebesar 865 SBM akan menjadi 2.401 SBM pada tahun 2030. Untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan usaha-usaha seperti penghematan energi, penghematan bahan bakar, dan diversifikasi energi. Proyeksi kebutuhan energi Indonesia tahun 2030 disajikan pada Gambar 4.6 sebagai berikut:

Gambar 4.6. Grafik proyeksi kebutuhan energi Indonesia 2030

Proyeksi kebutuhan energi Indonesia 2030 (Jenis Energi)



b. Subsidi energi

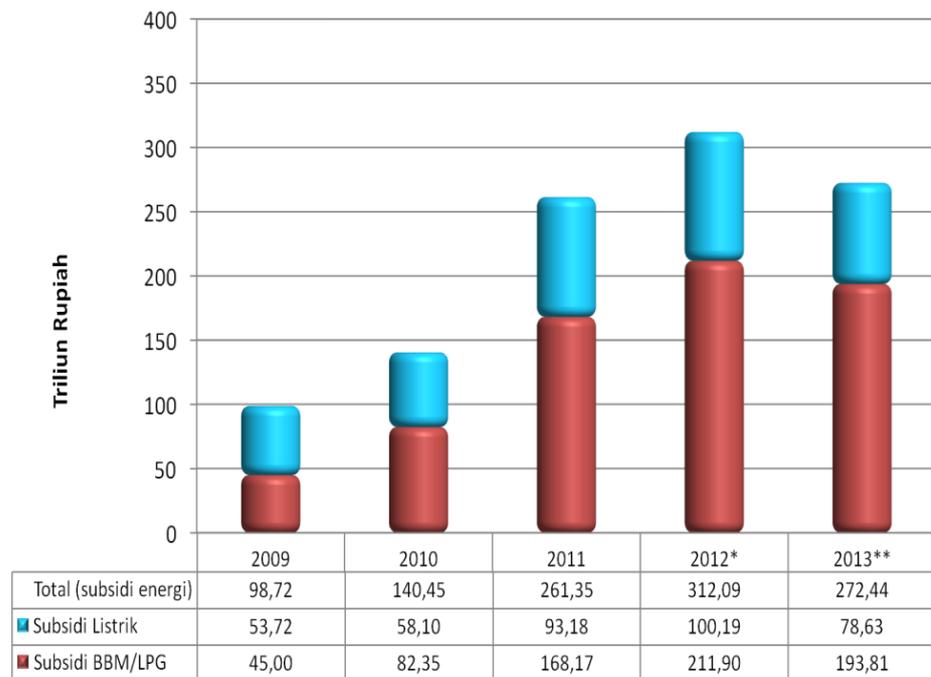
Subsidi energi adalah alokasi anggaran yang disalurkan melalui perusahaan/lembaga yang menyediakan dan mendistribusikan bahan bakar minyak jenis tertentu (bahan bakar minyak, bahan bakar nabati, *liquefied petroleum gas* 3 kg, dan *liquefiedgas for vehicle*) serta tenaga listrik sehingga

harga jual terjangkau oleh masyarakat. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa realisasi nominal subsidi energi terus meningkat dari tahun ke tahun kecuali pada tahun 2013 yang rencana APBN nya menurun.

Selain sangat memberatkan keuangan negara, pos subsidi energi sebenarnya dapat digunakan untuk pos pembangunan lain sehingga pertumbuhan ekonomi akan lebih meningkat. Kondisi ini akan terlaksana jika seluruh pengguna energi mampu mengadakan penghematan.

Gambar 4.7.

Grafik subsidi energy



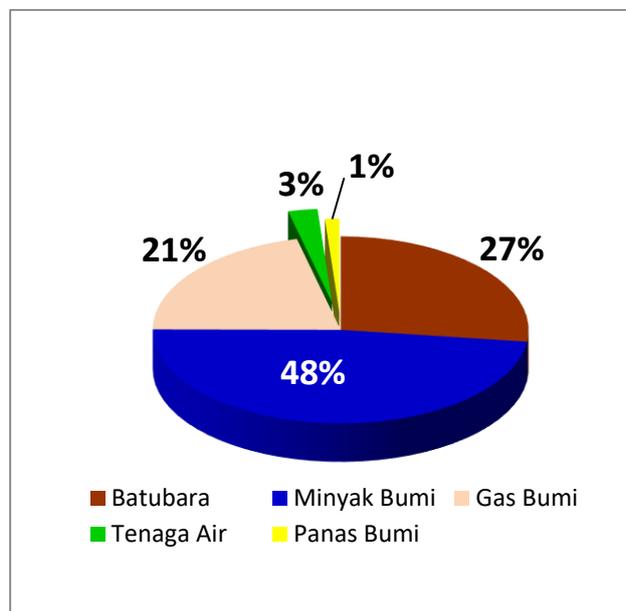
c. Sumber daya energi dan cadangan energi

Di Indonesia pemakaian energi yang bersumber dari minyak bumi masih sangat dominan. Sebagai contoh pada tahun 2011, data bauran energi primer nasional menunjukkan bahwa pemakaian energi yang bersumber pada minyak bumi mencapai 48%, batubara 27%, gas bumi 21%, tenaga air 3%, dan panas bumi baru 1%.

Data ini menunjukkan bahwa 96% sumber energi berasal dari sumber bahan bakar yang berasal dari fosil dan hanya 4% yang berasal dari sumber bahan bakar non fosil. Padahal sumber bahan bakar fosil ini merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga jika pemanfaatannya tidak terkendali akan segera habis.

Gambar 4. 8.

Diagram bauran energi primer nasional 2011



(Sumber: Kementerian ESDM)

Langkah untuk melestarikan sumber bahan bakar fosil ini dengan melakukan penghematan pemakaian sumber bahan bakar fosil dan mengembangkan penggunaan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Sumber daya alam yang dapat diperbaharui adalah sumber daya alam yang masih dapat digunakan lagi setelah dipergunakan, karena ketersediaannya selalu ada di alam.

Tabel 4.1 menunjukkan potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui di Indonesia yang sangat besar. Namun demikian potensi yang melimpah ini belum dimanfaatkan secara maksimal.

Tabel 4. 1.

Sumber daya energy

No	Energi Terbarukan	Sumber Daya (SD)	Kapasitas Terpasang (KT)	Rasio (KT/SD)
1	Tenaga Air	75.000 MW	6.057 MW	8,01
2	Minihidro		419 MW	0,56
3	Mikro Hydro		181 MW	0,25
4	Tenaga Surya	4,8 kwh/m ² /day	22,45 MW	-
5	Tenaga Angin	3 – 6 m/s	1,87 MW	-
6	Samudera	49 GW ^{***})	0,01 MW ^{****})	0%
7	Uranium	3.000 MW [*])	30 MW ^{**})	0%
8	Panas Bumi	29.215	1.341	4,6%

Sumber: Kementerian ESDM 2009

Dengan mendahulukan pemanfaatan potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui dalam penyediaan energi akan membantu melestarikan sumber energi dari jenis fosil. Keuntungan lain dari pemanfaatan sumber daya alam yang dapat diperbaharui adalah lebih ramah lingkungan karena menghasilkan polutan yang lebih sedikit. Pemanfaatan sumber energi yang dapat diperbaharui sangat mendesak melihat data cadangan energi dari jenis energi fosil yang sudah menipis. Data cadangan energi yang berasal dari jenis energi fosil dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2.

Cadangan energi

Jenis Energi Fosil	Cadangan (A)	Produksi/th (B)	Rasio (A/B) (Tanpa Ekplorasi Baru) Tahun
Minyak	7,76 Milyar BBL	346 Juta BBL	22
Gas	157,14 TSCF	2,95 TSCF	53
Batubara	21,13 Milyar Ton	254 Juta Ton	83

Sumber: Ditjen EBTKE, Migas, Minerba, dan Litbang ESDM 2008

d. Intensitas energi nasional

Parameter lain untuk menilai efisiensi energi di sebuah negara adalah intensitas energi. Intensitas energi yaitu jumlah konsumsi energi per Produksi Domestik Bruto (PDB). Semakin rendah angka intensitas energi, semakin efisien penggunaan energi di sebuah negara.

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa intensitas energi di Indonesia pada tahun 2000 – 2011 untuk energi primer adalah antara 470 – 545 SBM/miliar rupiah, dan untuk energi final yaitu antara 302 – 370 SBM/miliar rupiah.

Angka intensitas energi di atas tergolong tinggi jadi perlu dilakukan efisiensi dan diversifikasi energi.

Tabel 4. 3.

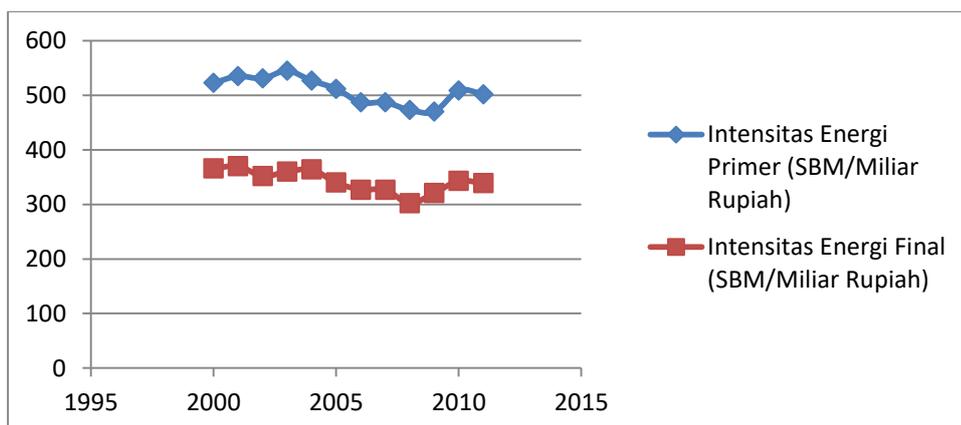
Intensitas energi Nasional tahun 2000-2011

No	Tahun	Intensitas Energi Primer (SBM/Miliar Rupiah)	Intensitas Energi Final (SBM/Miliar Rupiah)
1	2000	523	366
2	2001	535	370
3	2002	531	352
4	2003	545	360
5	2004	527	364
6	2005	512	340
7	2006	487	327
8	2007	487	327
9	2008	473	302
10	2009	470	321
11	2010	509	343
12	2011	502	339

Sumber: Kementerian ESDM

Gambar 4.9.

Grafik intensitas energi Nasional tahun 2000-2011



(Sumber: Kementerian ESDM)

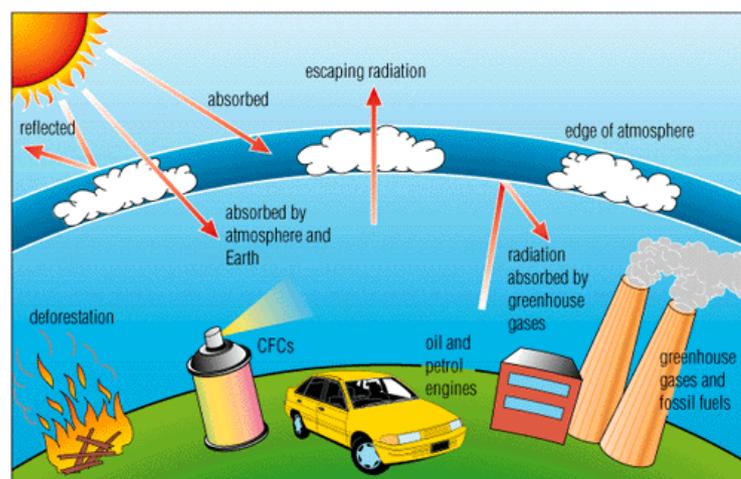
Energi primer adalah sumber energi yang belum mengalami proses konversi atau transformasi. Energi final adalah bentuk energi yang dapat dimanfaatkan langsung oleh pengguna dan tidak ada proses transformasi ke bentuk energi lainnya.

e. Emisi gas rumah kaca (GRK)

Emisi GRK adalah lepasnya GRK ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Gas Rumah Kaca yang selanjutnya disebut GRK adalah gas yang terkandung dalam atmosfer baik alami maupun antropogenik. Emisi gas rumah kaca ini menyebabkan perubahan iklim. Perubahan iklim yang dimaksud adalah perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia sehingga menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global dan selain itu juga berupa perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

Gambar 4.10.

Emisi gas rumah kaca



(Sumber: m.energitoday.com)

Indonesia berkomitmen menurunkan emisi gas rumah kaca sesuai dengan komitmen presiden pada G-20 Pittsburgh dan COP15 yaitu mengurangi emisi gas rumah kaca pada tahun 2020 yaitu sebesar 26% dengan usaha sendiri dan mencapai 41% jika mendapat bantuan internasional.

Emisi gas rumah kaca ini dapat dikurangi dengan menekan penggunaan bahan bakar minyak.

f. Potensi Penghematan energi

Potensi penghematan energi dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 4. Potensi penghematan energi

Sektor	Penghematan Energi	Target Penghematan Energi
Industri	10 – 30%	17%
Komersial	10 – 30%	15%
Transportasi	15 – 35%	20%
Rumah Tangga	15 – 30%	15%
Lainnya	25%	-

Sumber: *Draft* Rencana Induk Konservasi Energi Nasional 2011

Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatnya nilai lingkungan, keamanan negara, keamanan pribadi, serta kenyamanan. Organisasi-organisasi serta perseorangan dapat menghemat biaya dengan melakukan penghematan energi, sedangkan pengguna komersial dan industri dapat meningkatkan efisiensi dan keuntungan dengan melakukan penghematan energi.

Penghematan energi adalah unsur yang penting dari sebuah kebijakan energi. Penghematan energi menurunkan konsumsi energi dan permintaan energi per kapita, sehingga dapat menutup meningkatnya kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi. Hal ini mengurangi naiknya biaya energi, dan dapat mengurangi kebutuhan pembangkit energi atau impor energi. Berkurangnya permintaan energi dapat memberikan fleksibilitas dalam memilih metode produksi energi.

Selain itu, dengan mengurangi emisi, penghematan energi merupakan bagian penting dari mencegah atau mengurangi perubahan iklim. Penghematan energi juga memudahkan digantinya sumber-sumber tak dapat diperbaharui dengan sumber-sumber yang dapat diperbaharui. Penghematan energi sering merupakan cara paling ekonomis dalam menghadapi kekurangan energi, dan merupakan cara yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan meningkatkan produksi energi.

3. Regulasi Penghematan Pemakaian Energi

Selain Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi, peraturan yang berkaitan dengan penghematan energi antara lain:

- a. Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2012 Tentang Penghematan Bahan bakar

Dalam Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2012 Tentang Penghematan Bahan Bakar, yang dimaksud dengan bahan bakar adalah bahan bakar yang berasal atau diolah dari minyak bumi. Jenis BBM tertentu adalah bahan bakar yang berasal atau diolah dari minyak bumi yang telah dicampurkan dengan bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar lain dengan jenis,

standar dan mutu tertentu, volume tertentu, dan konsumen tertentu, dan harga yang disubsidi.

Pelaksanaan pengendalian penggunaan BBM diawali dengan: pentahapan pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu untuk transportasi jalan, dan pengendalian penggunaan BBM untuk penyediaan tenaga listrik.

Pentahapan pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu untuk transportasi jalan dilaksanakan untuk penggunaan jenis bensin RON 88 dan minyak solar. Pentahapan diatas meliputi pentahapan pengguna, wilayah, waktu, dan volume jenis BBM tertentu.

Pentahapan pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu untuk kendaraan bermotor ditujukan untuk kendaraan dinas.

Gambar 4. 11.

Penghematan BBM dengan transportasi sepeda



(Sumber: Feranisaprawitararas.blogspot.com)

- b. Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Tenaga Listrik

Dalam Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Tenaga Listrik, tenaga listrik didefinisikan sebagai suatu bentuk energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan, dan didistribusikan untuk segala macam keperluan, tetapi tidak meliputi tenaga listrik yang dipakai untuk komunikasi, elektronika, atau isyarat.

Ruang lingkup pada Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 ini meliputi: bangunan gedung negara, bangunan gedung BUMN/BUMD/BHMN, rumah tinggal pejabat, dan penerangan jalan umum, lampu hias, dan papan *reklame*.

Pelaksanaan penghematan pemakaian tenaga listrik dilakukan melalui: sistem tata udara, sistem tata cahaya, dan peralatan pendukung.

Penghematan energi melalui sistem tata udara dilakukan dengan cara:

- 1) Untuk bangunan gedung negara serta bangunan gedung BUMN, BUMD, dan BHMN, jika menggunakan AC dilakukan dengan:
 - a) Menggunakan AC hemat energi dengan daya sesuai besarnya ruangan.
 - b) Menggunakan *refrigerant* jenis hidrokarbon.
 - c) Menempatkan unit kompresor AC pada lokasi yang tidak terkena langsung sinar matahari.
 - d) Mematikan AC jika ruangan tidak digunakan.
 - e) Memasang termometer ruangan untuk memantau suhu ruangan.
 - f) Mengatur suhu dan kelembaban relatif sesuai SNI, yaitu: ruang kerja dengan suhu berkisar 24°C - 27°C dan kelembaban relatif antara 55% - 65%, ruang transit dengan suhu berkisar 27°C - 30°C dan kelembaban relatif antara 50% - 70%.
 - g) Mengoperasikan AC central, dengan cara: tiga puluh menit sebelum jam kerja unit *fan* AC dinyalakan dan satu jam kemudian kompresor AC baru dinyalakan, tiga puluh menit sebelum jam kerja

berakhir unit kompresor AC dimatikan dan saat jam pulang unit *fan* AC dimatikan.

- h) Memastikan tidak adanya udara luar yang masuk kedalam ruangan ber AC yang mengakibatkan efek pendinginan berkurang.
 - i) Melakukan perawatan secara berkala sesuai panduan pabrikan.
- 2) Menggunakan jenis kaca tertentu yang dapat mengurangi panas matahari yang masuk ke dalam ruangan namun tidak mengurangi pencahayaan alami.
 - 3) Mengurangi suhu udara pada sekitar gedung dengan cara penanaman tumbuhan atau pembuatan kolam air.

Gambar 4. 12.

Desain rumah hemat energi



(Sumber: desaininterior.me)

Penghematan energi melalui sistem tata cahaya dilakukan dengan cara:

- 1) Menggunakan lampu hemat energi sesuai dengan peruntukannya.
- 2) Mengurangi penggunaan lampu hias.
- 3) Menggunakan *ballast* elektronik pada lampu TL.

- 4) Mengatur daya listrik maksimum untuk pencahayaan sesuai SNI, yaitu: ruang resepsionis 13 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 300 lux, ruang kerja 12 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 350 lux, ruang rapat 12 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 300 lux, ruang arsip 6 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 150 lux, ruang tangga darurat 4 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 150 lux, dan ruang parkir 4 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 100 lux.
- 5) Menggunakan rumah lampu *reflektor* yang memiliki pantulan cahaya tinggi.
- 6) Mengatur saklar berdasarkan kelompok area, sehingga sesuai dengan pemanfaatan ruangan.
- 7) Menggunakan saklar otomatis dengan menggunakan pengatur waktu dan sensor cahaya untuk lampu taman, koridor, dan teras.
- 8) Mematikan lampu ruangan di bangunan gedung jika tidak digunakan.
- 9) Memanfaatkan cahaya alami pada siang hari dengan membuka tirai jendela secukupnya sehingga tingkat cahaya memadai untuk melakukan kegiatan pekerjaan.
- 10) Membersihkan lampu dan rumah lampu jika kotor dan berdebu agar tidak menghalangi cahaya lampu.

Penghematan energi pada peralatan pendukung dilakukan dengan cara:

- 1) Mengoperasikan *lift* dengan pemberhentian setiap dua lantai.
- 2) Menggunakan alat pengatur kecepatan dan sensor gerak pada eskalator.
- 3) Mematikan komputer jika akan meninggalkan ruang kerja lebih dari tiga puluh menit.
- 4) Mematikan *printer* jika tidak digunakan dan hanya menyalakan sesaat sebelum akan mencetak.

- 5) Menggunakan mesin fotokopi yang memiliki mode *standby* dengan konsumsi tenaga listrik rendah.
- 6) Mengoperasikan peralatan *audio-video* sesuai keperluan.
- 7) Menyalakan peralatan water heater dan dispenser beberapa menit sebelum digunakan dan dimatikan setelah selesai digunakan.
- 8) Meningkatkan faktor daya jaringan tenaga listrik dengan memasang kapasitor bank.
- 9) Mengupayakan diversifikasi energi seperti penggunaan energi surya dan angin.

Gambar 4. 13.

Kapasitor bank



(Sumber: tritunggalteknik.indonetwork.co.id)

Pelaksanaan penghematan pemakaian tenaga listrik pada rumah tinggal pejabat dilakukan dengan cara:

- 1) Apabila menggunakan AC maka: gunakan AC yang hemat energi dengan daya sesuai luas ruangan, matikan AC jika ruangan tidak digunakan, atur suhu ruangan 24°C - 27°C, mencegah masuknya udara luar yang menyebabkan efek pendinginan berkurang, memakai *timer switch* untuk mengatur waktu pengoperasian AC.
- 2) Menggunakan lampu hemat energi.

- 3) Mengatur daya listrik maksimum untuk pencahayaan seperti: ruang tamu 5 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 150 lux, ruang kerja 7 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 300 lux, ruang makan/ruang tidur/kamar mandi dan dapur 7 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 250 lux, dan ruang garasi/teras 3 watt/m² dengan tingkat pencahayaan terendah 60 lux.
- 4) Memanfaatkan cahaya alami pada siang hari dengan membuka tirai jendela secukupnya sehingga tingkat cahaya memadai.
- 5) Mengoperasikan peralatan pemanfaat tenaga listrik untuk rumah tangga seperti: TV, radio, kulkas, dispenser, mesin cuci, pompa air, dan peralatan memasak sesuai keperluan.

Pelaksanaan penghematan pemakaian tenaga listrik pada penerangan jalan umum, lampu hias, dan papan reklame dilakukan dengan cara:

- 1) Lampu penerangan jalan umum pada jalan protokol/jalan arteri diatur menyala 100% pada jam 18.00 – 24.00, dan menyala 50% pada jam 24.00 – 05.30.
- 2) Lampu hias dinyalakan dari pukul 18.00 – 24.00, kecuali pada even tertentu sampai pada pukul 05.30.
- 3) Lampu papan *reklame* dinyalakan dari pukul 18.00 – 24.00.

c. Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen energi

Manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung.

Tujuan dari manajemen energi adalah mengatur pengguna sumber energi dan pengguna energi untuk melakukan pemanfaatan energi secara hemat dan efisien.

Ketentuan mengenai pelaksanaan manajemen energi yaitu bagi pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan manajemen energi dan bagi pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi kurang dari 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan penghematan energi.

Manajemen energi dilakukan dengan: menunjuk manajer energi, menyusun program konservasi energi, melaksanakan audit energi secara berkala, melaksanakan rekomendasi hasil audit energi, dan melaporkan pelaksanaan manajemen energi setiap tahun kepada pejabat sesuai kewenangannya.

Berkaitan dengan penghematan energi, pelaksanaan penghematan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi dilakukan melalui: sistem tata udara, sistem tata cahaya, peralatan pendukung, proses produksi, dan peralatan pemanfaat energi utama.

Penghematan energi melalui sistem tata udara, sistem tata cahaya, dan peralatan pendukung dilakukan dengan cara yang sama seperti yang diuraikan pada Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012.

Penghematan energi pada proses produksi dilakukan dengan cara: modifikasi teknologi proses produksi yang lebih efisien, dan optimasi sistem produksi.

Penghematan energi pada peralatan pemanfaat energi utama dilakukan dengan cara:

- 1) Optimalisasi beban antara lain dengan pemasangan *inverter* terutama pada mesin yang menggunakan motor-motor listrik yang bekerja dengan beban dinamis dan kapasitas yang cukup besar.
- 2) Mengontrol rasio udara bahan bakar sehingga diperoleh pembakaran yang efisien.
- 3) Memanfaatkan gas buang antara lain dengan *cogeneration* atau sistem *combined heat and power* (CHP).
- 4) Pengurangan *heat losses* antara lain dengan isolasi yang cukup dan optimum pada peralatan.
- 5) Melakukan *fuel switching* antara lain pemanfaatan gas alam sebagai bahan bakar untuk menggantikan *high speed diesel* (HSD).
- 6) Melakukan perawatan pada peralatan secara berkala.

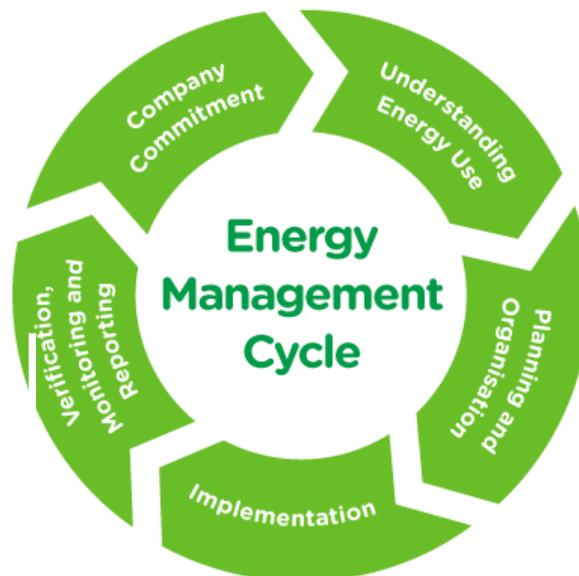
Selain itu dalam peraturan ini juga mengatur insentif dan disinsentif bagi pengguna sumber energi dan pengguna energi. Insentif diberikan jika pengguna sumber energi dan pengguna energi berhasil melaksanakan konservasi energi melalui manajemen energi selama periode tertentu. Insentif diberikan jika berhasil melaksanakan manajemen energi selama tiga tahun berturut-turut dan dapat menurunkan konsumsi energi spesifik sekurang-kurangnya 2% pertahun. Konsumsi energi spesifik yaitu jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan satu satuan produk.

Gambar 4. 14. Pengendalian peralatan hemat energi melalui labelisasi



Disinsentif dikenakan jika pengguna sumber energi dan pengguna energi tidak berhasil melaksanakan konservasi energi melalui manajemen energi. Disinsentif dapat berupa: peringatan tertulis, pengumuman di media massa, denda, dan bisa juga pengurangan pasokan energi.

Gambar 4. 15. Energy management cycle



(Sumber: www.emanz.org.nz)

d. Peraturan Menteri ESDM No. 01 Tahun 2013 Tentang Pengendalian Penggunaan BBM

Dalam rangka menjaga kestabilan harga bahan baku dan komoditas guna menunjang pembangunan nasional serta sebagai upaya terus menerus dalam menjaga besaran volume bahan bakar minyak sebagaimana ditetapkan dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara, diperlukan upaya pengendalian penggunaan Bahan Bakar Minyak, terkait dengan hal tersebut, Pemerintah mengeluarkan Peraturan Menteri ESDM No.1 Tahun 2013 Tentang Pengendalian Penggunaan Bahan Bakar Minyak.

Dalam Peraturan Menteri ESDM yang berlaku sejak tanggal 2 Januari tersebut dicantumkan langkah-langkah pengendalian, berikut tahapan pembatasan penggunaan Jenis BBM Tertentu yang diatur dalam Peraturan Menteri ESDM No.1 Tahun 2013.

Untuk Kendaraan Dinas, berlaku ketentuan sebagai berikut:

- 1) Untuk jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88 pada wilayah provinsi:
 - a) Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur dan Bali dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88;
 - b) Lampung, Bengkulu, Sumatera Selatan, Kepulauan Bangka Belitung, Jambi, Sumatera Barat, Riau, Kepulauan Riau, Sumatera Utara, dan Aceh, Terhitung mulai tanggal 1 Februari 2013 dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88;
 - c) Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, terhitung mulai tanggal 1 Februari 2013 dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88; dan

- d) Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Gorontalo, Sulawesi Utara terhitung mulai tanggal 1 Juli 2013 dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88 .

Gambar 4.16.

Salah satu langkah pengendalian BBM



(Sumber: www.merdeka.com)

- 2) Untuk jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*) pada wilayah:
- Provinsi DKI Jakarta, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, Kota Depok, Kota Tangerang, Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang Selatan, Kota Bekasi, Kabupaten Bekasi terhitung mulai tanggal 1 Februari 2013 dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*).
 - Provinsi Banten, Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Provinsi Jawa Timur dan Provinsi Bali terhitung mulai tanggal 1 Maret 2013 dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*).

Pentahapan pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88 dan minyak solar (*gas oil*) untuk kendaraan dinas diatas dikecualikan bagi kendaraan dinas berupa *ambulance*, mobil jenazah, pemadam kebakaran dan pengangkut sampah.

Pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*) untuk mobil barang, berlaku ketentuan sebagai berikut:

- a) Penggunaan mobil barang dengan jumlah roda lebih dari 4 (empat) buah untuk pengangkutan hasil kegiatan perkebunan dan pertambangan dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*).
- b) Penggunaan mobil barang dengan jumlah roda lebih dari 4 (empat) buah untuk pengangkutan hasil kehutanan terhitung mulai tanggal 1 Maret 2013 dilarang menggunakan jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*).

Ketentuan untuk mobil barang dikecualikan untuk mobil barang yang digunakan untuk pengangkutan hasil kegiatan:

- a) Usaha perkebunan rakyat dengan skala usaha kurang dari 25 (dua puluh lima) hektar;
- b) Pertambangan rakyat dan komoditas batuan; dan
- c) Hutan kemasyarakatan dan hutan rakyat, dapat menggunakan jenis BBM tertentu berupa minyak solar (*gas oil*).

Badan pengatur akan melakukan pengaturan, pengawasan dan verifikasi terhadap kelancaran dan ketepatan pelaksanaan pendistribusian jenis BBM tertentu bagi konsumen pengguna termasuk menetapkan alokasi volume jenis bbm tertentu untuk konsumen pengguna.

Selanjutnya, menteri energi dan sumber daya mineral akan mengatur lebih lanjut pentahapan pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu terhadap konsumen pengguna jenis BBM tertentu berupa bensin (*gasoline*) ron 88 dan minyak solar (*gas oil*) yang belum diatur.

d. Aplikasi Penghematan Energi Secara Umum

Penghematan energi antara lain dilakukan pada pemakaian energi listrik dan penggunaan BBM atau sumber energi lainnya. Aplikasi penghematan penggunaan energi listrik dilakukan pada bangunan dan alat-alat pemakai energi listrik. Aplikasi penghematan penggunaan BBM atau sumber energi lainnya dilakukan pada alat pengguna energi tersebut.

Aplikasi penghematan energi pada bangunan antara lain dilakukan melalui:

1) Sistem pencahayaan bangunan

Krisis energi yang mulai terasa, terutama sekali energi listrik, dapat menjadi penghambat kemajuan industri dan perekonomian bangsa. PT PLN sebagai perusahaan monopoli di bidang ketenagalistrikan di Indonesia diselimuti dengan beragam permasalahan energi. Di satu sisi, pasokan batubara yang kurang terjamin, sementara di sisi lain, kapasitas daya terpasang yang telah dimiliki masih belum memenuhi kebutuhan suplai energi listrik ke seluruh wilayah Indonesia.

Lebih dari 60% energi listrik dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan hunian dan kantor. Menyikapi hal tersebut perlu dilakukan tindakan penghematan energi. Salah satu cara menghemat energi dalam bangunan gedung adalah mengurangi konsumsi listrik untuk penerangan di siang hari, sehingga tidak boros listrik. Keuntungan lainnya adalah penghematan ini juga menghemat biaya listrik. Langkah yang perlu diambil adalah memaksimalkan pencahayaan alami dari cahaya matahari.

Cahaya matahari yang datang melalui jendela banyaknya ditentukan oleh besar dan bentuk jendelanya. Besarnya jendela perlu diperkirakan untuk mencukupi kebutuhan cahaya matahari. Bentuk jendela memanjang ke atas menyebabkan cahaya masuk cukup banyak, namun distribusi cahayanya kurang baik. Bentuk jendela memanjang ke samping lebih efektif untuk memberikan pencahayaan optimal.

Di samping itu, penutup jendela juga memberi kontribusi pada gelap terang suatu ruangan. Sebaiknya, jendela memiliki tirai, atau penutup lain yang dapat diatur sehingga tingkat terang dan gelap dalam ruangan dapat diatur pula.

Bahan penutup jendela juga berperan dalam masuknya pencahayaan. Kaca bening adalah bahan terbaik untuk meneruskan cahaya ke dalam ruangan, meneruskan cahaya hingga 90%. Kaca berwarna dapat mengurangi cahaya yang masuk menjadi sangat kecil hingga 10%, misalnya kaca hitam. Bahan buram seperti plastik, kaca buram atau *fiber glass* putih juga menyerap cahaya hingga hanya 30%. Artinya, semakin bening kacanya, semakin dapat meneruskan cahaya ke dalam. Untuk ruang yang tersembunyi atau kurang pencahayaannya, lebih baik tidak memakai kaca berwarna atau buram.

Selain bahan penutup jendela, bahan lain yang perlu dipertimbangkan adalah *finishing* tembok, warna perabot, langit-langit dan lantai. Pada dasarnya warna terbaik untuk memantulkan cahaya adalah warna putih, sehingga tembok berwarna putih sangat baik untuk meminimalkan pencahayaan buatan. Warna hitam adalah warna terburuk untuk memantulkan cahaya, sehingga ruangan lebih gelap. Warna-warna pastel sering dipilih karena cukup baik memantulkan cahaya dan kesan ruangan menjadi hangat.

Perabot juga perlu mendapat perhatian dengan warna sesuai. Warna perabot yang muda, seperti warna pastel, akan membantu memantulkan cahaya lebih baik sehingga pencahayaan alami lebih efektif. Untuk ruangan yang sempit dan agak gelap, perabot berwarna muda akan membantu memaksimalkan pencahayaan.

Pada daerah perkotaan di mana bangunan-bangunan saling berdempet, seringkali ruangan-ruangan tidak mendapatkan sinar matahari langsung. Oleh karena itu maka pencahayaan banyak bergantung pada pantulan cahaya dari permukaan tanah, perkerasan atau dari bangunan sekitarnya.

Bila hal ini terjadi, langkah yang perlu diambil adalah memaksimalkan pantulan dari perkerasan atau tanah tersebut menggunakan bahan yang memantulkan cahaya dengan baik, misalnya warna putih untuk perkerasan yang memantulkan cahaya (memantulkan cahaya hingga 70%).

Gambar 4.17.

Bangunan dengan bidang pencahayaan yang luas



2) Sistem pengudaraan bangunan

Sistem tata udara adalah suatu proses mendinginkan/memanaskan udara sehingga dapat mencapai suhu dan kelembaban yang diinginkan/dipersyaratkan. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Jika seseorang berada di dalam suatu ruangan tertutup untuk jangka waktu yang lama, maka pada suatu ketika ia akan merasa kurang nyaman, begitu juga jika kita berada pada ruang terbuka pada siang hari dengan sinar matahari mengenai tubuh kita akan terasa kurang nyaman. Hal ini diakibatkan dua hal utama yakni temperatur (suhu) dan kelembaban (*humidity*) udara tersebut tidak sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tubuh.

Penyegaran udara gedung, khususnya gedung perkantoran diperlukan untuk memberikan kenyamanan lingkungan kerja bagi para karyawan. Dalam banyak hal penyegaran udara itu juga diadakan untuk melindungi peralatan kantor, sebaiknya terdapat pengatur suhu dan kelembaban atau pembagian ruangan

berdasar aktivitas yang sama untuk mempermudah melakukan penyejarian udara jika dikehendaki adanya perlakuan yang berbeda.

Penyegar udara yang baik harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Dapat mengatur dan menyesuaikan suhu di dalam ruangan.
- b. Dapat menjaga dan mengatur kelembaban udara.
- c. Memperlengkapi penukaran udara dengan baik.
- d. Dapat mengedarkan kembali udara yang telah ada di dalam ruang yang sudah diberikan pengaturan udara.
- e. Dapat menyaring dan membersihkan udara.

Untuk dapat melakukan penghematan pada sistem tata udara, kita harus tetap berpatokan pada standar penyegar udara yang baik. Berikut sistem tata udara yang umum digunakan di gedung perkantoran komersial.

Aplikasi penghematan energi listrik pada peralatan energi listrik dilakukan antara lain pada:

a. Motor listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Pembersihan kumparan yang teratur akan membuat mesin bekerja dengan baik dan menghemat energi listrik.

b. *Fan/blower* dan pompa

Prosedur yang benar saat menyalakan pompa atau menyalakan *blower/fan* berkapasitas besar adalah dengan cara menutup aliran terlebih dahulu sebelum tombol *start up* dinyalakan dengan cara menutup katup (untuk pompa) atau *dampner* (untuk *fan/blower*) di saluran keluaran. Yang dimaksud *menutup* di sini adalah menutup katup atau dampner 100% atau lebih dari

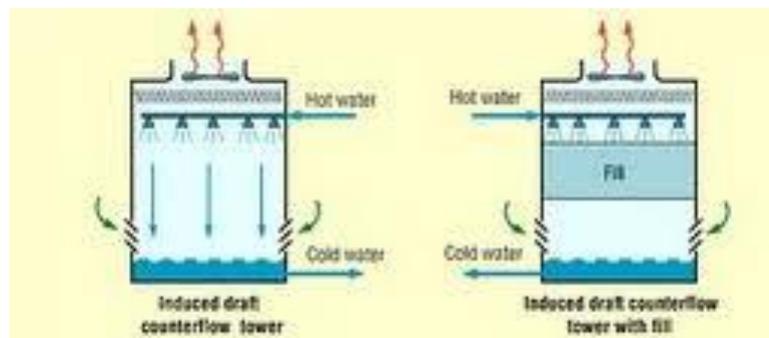
sekitar 80%. Tindakan ini untuk mengurangi tingginya arus *start up* yang berarti penghematan energi dan mengamankan motor.

c. Menara pendingin

Menara pendingin (*cooling tower*) adalah alat penghilang panas yang digunakan untuk memindahkan kalor buangan ke atmosfer. Menara pendingin dapat menggunakan penguapan air atau hanya menggunakan udara saja untuk mendinginkannya. Menara pendingin umumnya digunakan untuk mendinginkan air yang dialirkan pada: kilang minyak, pabrik kimia, pusat pembangkit listrik, dan pendinginan gedung. Penggunaan alat ini meminimalisir penggunaan bahan bakar primer

Gambar 4.18.

Menara Pendingin



(Sumber: www.zlite.com)

d. AC dan alat pendingin

- Mengatur penggunaan AC dalam ruangan sesuai suhu ruang, jangan terlalu dingin karena semakin rendah suhu semakin banyak energi listrik yang digunakan. Suhu ruang yang dianjurkan adalah 25°C. Pemakaian suhu dibawahnya akan menyedot listrik lebih banyak.
- Menggunakan timer pada AC sehingga pemakaian dapat lebih sesuai dengan kebutuhan.
- Tidak sering menyalakan AC lalu mematikannya, karena setiap tarikan awal dari alat ini memerlukan daya yang cukup tinggi.

- Tidak membuka pintu/jendela dan membiarkan sinar matahari masuk ke dalam ruangan saat AC sedang digunakan. Hal ini akan memperberat kerja AC.

e. Kompresor

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Secara umum biasanya mengisap udara dari atmosfer, yang secara fisika merupakan campuran beberapa gas dengan susunan 78% Nitrogen, 21% Oksigen dan 1% Campuran Argon, Carbon Dioksida, Uap Air, Minyak, dan lainnya. Namun ada juga kompresor yang mengisap udara/ gas dengan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer dan biasa disebut penguat (*booster*). Sebaliknya ada pula kompresor yang menghisap udara/ gas bertekanan lebih rendah dari tekanan atmosfer dan biasanya disebut pompa vakum. Penggunaan kompresor sistem udara tekan lebih hemat energi.

Aplikasi penghematan energi pada pengguna BBM:

1) Kendaraan bermotor

Beberapa solusi untuk menghemat konsumsi BBM kendaraan bermotor:

a) Menggunakan kendaraan bermotor seperlunya

Gunakan kendaraan bermotor secara bijaksana. Untuk jarak dekat bisa berjalan kaki atau naik sepeda. Jika bepergian sendiri atau berdua sebaiknya gunakan sepeda motor untuk jarak yang relatif jauh. Menggunakan mobil jika penumpang lebih dari 2 orang.

b) Menghindari jalan macet

Menghindari jalur macet dengan mempelajari jalan-jalan utama dan alternatif yang ada serta memantau kondisi jalan melalui alat komunikasi, gps atau media lainnya.

c) Merawat kendaraan dengan baik

Secara rutin membiasakan perawatan berkala di tempat yang resmi atau terpercaya agar kondisi mesin dan fisik kendaraan tidak membuat boros penggunaan bbm. Dengan rajin *service* berkala seperti: melumasi kendaraan, menjaga kebersihan kendaraan, menjaga tekanan angin ban, dan sebagainya bisa membantu kendaraan berjalan maksimal yang hemat bahan bakar.

d) Tidak mengaktifkan fasilitas kendaraan yang kurang perlu

Penggunaan AC, musik, TV, radio, DVD dan lain-lain akan menaikkan pemakaian bahan bakar minyak. Oleh karena itu selama berkendara hendaknya mengurangi menggunakan fasilitas yang membutuhkan energi, di mana energi tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar minyak.

e) Menghindari kebiasaan buruk yang memboroskan BBM

Tindakan yang dapat dilakukan berkaitan dengan hal tersebut antara lain: waktu pengisian bahan bakar dilakukan pada pagi hari agar tidak banyak BBM yang menguap karena faktor panas, waktu pemanasan kendaraan sesuai dengan petunjuk pabrikan agar tidak banyak bahan bakar yang terbuang percuma, dan saat mengendarai kendaraan jangan menginjak gas terlalu dalam.

f) Menggunakan alat tambahan penghemat BBM

Pengembangan teknologi penghemat bahan bakar pada saat sekarang sangat pesat, cobalah untuk menggunakan alat tambahan ini, dengan memilih yang sudah teruji.

2) *Boiler*

Agar *boiler* bekerja dengan maksimal sehingga dapat menghemat bahan bakar, maka perlu dilakukan pemeriksaan dan perawatan secara berkala

seperti: memastikan seluruh pintu akses dan bidang kerja kedap udara, sistem cerobong asap memiliki sambungan yang tertutup secara efektif dan bila perlu diisolasi, *shell boiler* dan bagiannya harus terisolasi dengan baik dan harus dipastikan bahwa isolasinya sudah cukup, dan menambah ketebalan isolasi yang digunakan pada *boiler* dan pipa serta silinder air panas yang sudah menipis.

Tindakan lain untuk memaksimalkan kinerja *boiler* sehingga hemat bahan bakar adalah: kotoran air dalam *boiler* yang terkumpul memiliki batasan konsentrasi yang bergantung pada jenis dan bebannya sehingga *blow down boiler* harus diminimalkan dengan ketentuan densitas air harus dijaga, dan panas dari air *blow down* sebaiknya dimanfaatkan.

Gambar 4.19.

Perawatan boiler



(Sumber: ndtrigtubularpht.indonetwork.co.id)

3) Pemanfaatan limbah panas

Limbah panas adalah panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar atau reaksi kimia yang kemudian dibuang ke lingkungan dan tidak dipergunakan ulang untuk tujuan ekonomis. Padahal limbah panas terbuang ini dapat dipergunakan kembali. Sumber limbah panas ini antara

lain dari: *boiler*, oven dan tungku. Pemanfaatan limbah panas kembali akan menghemat sejumlah bahan bakar primer.

Gambar 4. 20.

Limbah boiler



(Sumber: rovicky.wordpress.com)

4) Kogenerasi

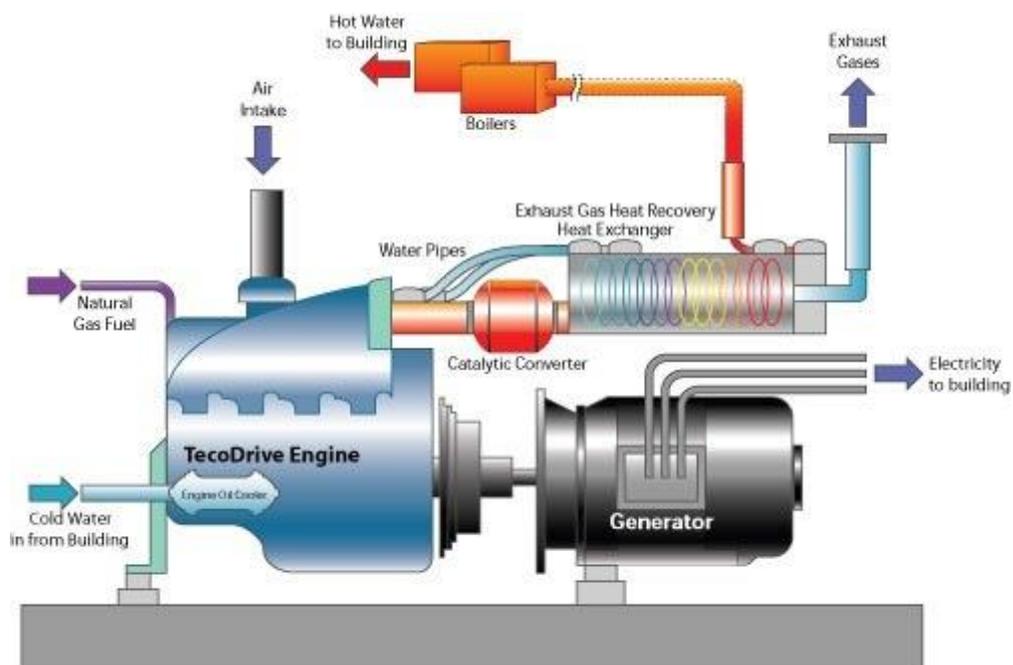
Di antara sejumlah teknologi yang mampu mengefisienkan penggunaan energi adalah teknologi kogenerasi (*cogeneration technology*). Teknologi kogenerasi atau pembangkit kombinasi panas dan daya (*combined heat and power generation*) adalah sistem termal yang mampu membangkitkan listrik dan termal secara simultan dari satu pembangkit listrik.

Pembangkit listrik konvensional, umumnya mampu mengkonversi energi dari bahan bakar yang dikonsumsinya menjadi listrik dengan efisiensi sekitar 30 sampai 40% saja. Jadi ada sekitar 60 hingga 70% panas yang hilang dari proses konversi tersebut. Panas yang terbuang buang ini merupakan kerugian karena inefisiensi dari proses pembakaran, panas buang melalui proses radiasi dan konveksi dari dinding peralatan, sampai

panas buang yang terbawa gas panas hasil pembakaran yang bisa mencapai 50-60% dari total energi yang dibakar.

Teknologi kogenerasi pada prinsipnya adalah mendaur ulang panas buang tersebut untuk kemudian dimanfaatkan kembali sebagai produk samping, yakni berupa panas selain dari listrik yang merupakan produk utama dari proses konversi pada sistem pembangkit listrik. Dengan cara ini maka efisiensi pemanfaatan energi dari peralatan dapat ditingkatkan hingga mencapai 80-85%.

Gambar 4. 21. Teknologi kogenerasi



(Sumber: www.zigersnead.com)

Peningkatan efisiensi ini dengan sendirinya berdampak pada pengurangan emisi CO₂ dari sistem pembangkit kogenerasi yang terpasang. Diperkirakan sebuah sistem kogenerasi dapat mengurangi emisi CO₂ sekitar 25% dibanding sistem konvensional yang menggunakan alat yang sama.

Pengurangan CO₂ akan jauh lebih besar apabila dipasang menggantikan sistem yang berbahan bakar batubara menjadi sistem berbahan bakar gas yang rendah emisi.

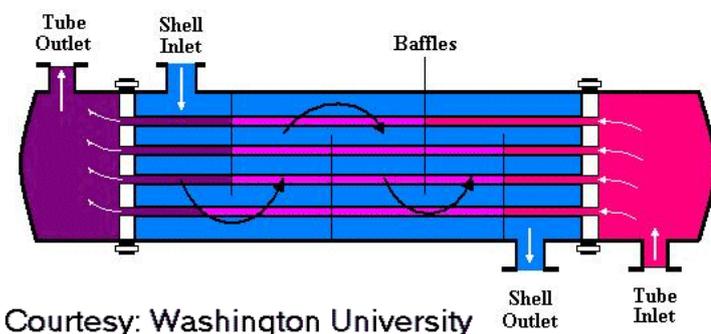
5) Alat penukar panas

Alat penukar panas atau *heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari satu sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*).

Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*). Penukar panas sangat luas di pakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik. Salah satu contoh sederhana dari alat penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

Pemanfaatan bahan-bahan yang tepat untuk teknologi penukar panas akan menghemat sumber-sumber energi primer.

Gambar 4. 22. Heat exchanger



(Sumber: www.cheresources.com)

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 konversi energi dan efisiensi 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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-02**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran selanjutnya.

E. Rangkuman

1. Konservasi Energi secara umum adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.
2. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika.
3. Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.
4. Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi.

5. Tahap Pengelolaan energi meliputi kegiatan: penyediaan energi, pengusahaan energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi.
6. Pelaksanaan konservasi dalam pemanfaatan energi antara lain dengan adanya ketentuan bahwa pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien serta pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi.
7. Konservasi lingkungan yaitu upaya perlindungan dan pengelolaan yang hati-hati terhadap lingkungan, memperbaiki lingkungan yang karena faktor alam atau manusia kondisinya menjadi rusak, dan menanamkan kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan.
8. Penghematan energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi atau penggunaan energi yang optimal sesuai dengan kebutuhan sehingga akan menurunkan biaya energi yang dikeluarkan.
9. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien di mana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi.
10. Penghematan energi merupakan bagian penting dari mencegah atau mengurangi perubahan iklim. Penghematan energi juga memudahkan digantinya sumber-sumber tak dapat diperbaharui dengan sumber-sumber yang dapat diperbaharui.
11. Penghematan energi antara lain dilakukan pada penggunaan energi listrik dan peralatan energi thermal. Aplikasi penghematan pada penggunaan energi listrik dilakukan melalui sistem pencahayaan dan pada peralatan yang menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaga.
12. Teknologi kogenerasi atau pembangkit kombinasi panas dan daya (*combined heat and power generation*) adalah sistem termal yang mampu membangkitkan listrik dan termal secara simultan dari satu pembangkit listrik.

13. Alat penukar panas atau *heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin.

F. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling tepat dari soal-soal di bawah ini:

- 1) Upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya disebut....
- a. Konservasi energi
 - b. Konversi energi
 - c. Rehabilitasi energi
 - d. Potensi energi
- 2) Kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika merupakan pengertian dari....
- a. Sumber energi
 - b. Energi
 - c. Sumber daya energi
 - d. Sumber daya
- 3) Apakah pengertian sumber energi yang paling tepat....
- a. Sesuatu yang dapat menambah energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.
 - b. Sesuatu yang dapat mengurangi energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.
 - c. Sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.
 - d. Sesuatu yang dapat menjamin energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.
- 4) Berikut ini merupakan tahap dalam kegiatan pengelolaan energi, kecuali....
- a. Penyediaan energi
 - b. Pengusahaan energi
 - c. Pemanfaatan energi
 - d. Konservasi hayati

- 5) Manakah pengertian konservasi energi yang paling tepat....
- Upaya perlindungan dan pengelolaan yang hati-hati terhadap lingkungan, memperbaiki lingkungan yang karena faktor alam atau manusia kondisinya menjadi rusak, dan menanamkan kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan.
 - Upaya perlindungan yang hati-hati terhadap lingkungan, memperbaiki lingkungan, yang karena faktor alam atau manusia, kondisinya menjadi rusak, dan menanamkan kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan.
 - Upaya pengelolaan yang hati-hati terhadap lingkungan, memperbaiki lingkungan, yang karena faktor alam atau manusia kondisinya menjadi rusak, dan menanamkan kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan.
 - Upaya perbaikan yang hati-hati terhadap lingkungan, memperbaiki lingkungan, yang karena faktor alam atau manusia kondisinya menjadi rusak.
- 6) Berikut ini yang bukan aplikasi penghematan energi pada peralatan energi thermal adalah....
- Bahan bakar minyak
 - Boiler
 - Pemanfaatan limbah panas
 - Penghematan AC
- 7) Berikut ini yang merupakan aplikasi penghematan energi pada peralatan listrik adalah....
- Bahan bakar minyak
 - Pemanfaatan limbah panas
 - Pompa
 - Alat penukar panas
- 8) Yang bukan merupakan tindakan untuk menghemat pemakaian energi listrik berkaitan dengan sistem pencahayaan bangunan adalah....
- Jendela yang besar
 - Bangunan kopel
 - Warna lantai terang
 - Cat rumah terang

- 9) Di bawah ini merupakan tindakan untuk menghemat konsumsi bahan bakar minyak kendaraan bermotor, kecuali....
- a. Selalu menggunakan kendaraan bermotor kemanapun bepergian.
 - b. Tidak mengaktifkan fasilitas kendaraan yang kurang perlu secara berlebihan.
 - c. Menghindari jalan macet.
 - d. Menggunakan kendaraan bermotor seperlunya.
- 10) Sistem termal yang mampu membangkitkan listrik dan termal secara simultan dari satu pembangkit listrik adalah....
- a. Teknologi kogenerasi
 - b. PLTS
 - c. PLTB
 - d. PLTMH

G. Kunci Jawaban

1. a

2. b

3. c

4. d

5. a

6. d

7. c

8. b

9. a

10. a

LEMBAR KERJA KB-4

LK - 02

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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Kegiatan Pembelajaran 5 Audit Energi di Sekolah

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini, siswa dapat menjelaskan tentang audit energi di sekolah.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada desain bangunan gedung.
2. Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada bangunan gedung.

C. Uraian Materi

Audit energi adalah proses evaluasi pemanfaat energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi dilaksanakan sekurang-kurangnya pada proses dan pengguna energi utama secara berkala paling sedikit satu kali dalam tiga tahun. Proses audit dapat dilakukan oleh auditor internal maupun eksternal, namun auditor-auditor tersebut wajib memiliki sertifikat kompetensi sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Audit energi pada bangunan gedung adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya.

Konsumsi energi listrik di sekolah secara umum mengalami peningkatan setiap bulannya sehingga perlu dilakukan perhitungan konsumsi energi listrik ulang guna mengetahui apakah konsumsi energi listriknya masih hemat dan efisien atau tidak. Setelah dilakukan perhitungan konsumsi energi listrik, kemudian mencari alternatif peluang untuk penghematannya. Untuk maksud inilah perlu dilaksanakan kegiatan audit energi listrik di sekolah.

Gambar 5. 1. Pemanfaatan ventilasi



(Sumber: energychallenge.tunashijau.org)

Audit energi listrik diawali dengan pengumpulan data historis gedung sekolah. Kemudian menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik dari setiap gedung yang ada. Dari hasil perhitungan IKE tersebut akan diketahui tingkat efisien konsumsi energi listriknya.

Manfaat dari audit antara lain: mengetahui besarnya intensitas konsumsi energi listrik, mencegah pemborosan tanpa mengurangi kenyamanan penghuni gedung, mengetahui profil penggunaan energi listrik, meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, memberikan masukan kepada sekolah tentang peluang penghematan energi yang dapat dilakukan pada gedung dalam rangka konservasi energi listrik.

1. Prosedur Sederhana Audit Energi pada Bangunan Gedung

a. Audit energi awal

Kegiatan yang dilakukan pada saat audit energi awal adalah sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan dan penyusunan data energi bangunan gedung. Data-data tersebut antara lain:
 - a) Dokumentasi bangunan terdiri dari: denah bangunan gedung, denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai.
 - b) Pembayaran rekening listrik bulanan.
 - c) Tingkat hunian bangunan (occupancy rate).
- 2) Menghitung besarnya intensitas konsumsi energi (IKE) gedung.

b. Intensitas konsumsi energi listrik dan standar

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik adalah pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung. Menurut pedoman pelaksanaan konservasi energi dan pengawasannya di lingkungan departemen pendidikan nasional nilai IKE dari suatu bangunan gedung digolongkan dalam dua kriteria, yaitu untuk bangunan ber-AC dan bangunan tidak ber-AC.

Tabel 5. 1. iKE bangunan gedung tidak ber-AC

Kriteria	Keterangan
Efisien (0,84 – 1,67) kWh/m ² /bulan	a) Pengeloaan gedung dan peralatan energi dilakukan dengan prinsip konversi energi listrik b) Pemeliharaan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur c) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu
Cukup Efisien (1,67 – 2,5) kWh/m ² /bulan	a) Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi b) Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan

Boros (2,5 – 3,34) kWh/m ² /bulan	<p>a) Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari</p> <p>b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi</p>
Sangat Boros (3,34 – 4,17) kWh/m ² /bulan	<p>a) Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi</p> <p>b) Peninjauan ulang atas semua instalasi /peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan</p> <p>c) Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan</p>

Tabel 5. 2. Kriteria IKE bangunan gedung ber-AC

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (4,17 – 7,92) kWh/m ² /bulan	<p>a) Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi</p> <p>b) Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energi</p>
Efisien (7,93 – 12,08) kWh/m ² /bulan	<p>a) Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur</p> <p>b) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu</p>
Cukup Efisien (12,08 – 14,58) kWh/m ² /bulan	<p>a) Penggunaan energi cukup efisien melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih memungkinkan</p> <p>b) Pengoperasian dan pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi</p>
Agak Boros (14,58 – 19,17) kWh/m ² /bulan	<p>a) Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan</p> <p>b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan</p>

	pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi
--	---------------------------------------------------------------

c. Karakteristik pemakaian energi

Karakteristik pemakaian energi dibuat berdasarkan tabel pembayaran rekening listrik per bulan, kemudian dibuat grafiknya.

Tabel 5. 3. Format Karakteristik pemakaian energi

No	Bulan	Pemakaian Daya (kW)	Pembayaran (Rp)
1	Januari	.....	.....
2	Februari	.....	.....
dst	.....	.....	.....

d. Audit awal energi sistem tata udara pada bangunan gedung

Kondisi suhu dan kelembaban dalam suatu ruangan sangat mempengaruhi kenyamanan penghuni. Rasa nyaman dapat diperoleh apabila suhu ruangan berkisar antara 24°C - 26°C dan dengan kelembaban udara antara 50 - 70%.

Untuk mencapai kondisi yang diinginkan tersebut maka digunakan peralatan penyejuk udara misalnya kipas angin dan air conditioning (AC). Audit energi sistem tata udara bertujuan untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembaban dalam suatu ruangan dan mengetahui efisiensi penggunaan peralatan penyejuk udara.

Audit awal energi sistem tata udara pada bangunan gedung dianalisa dengan tabel sampel pengukuran sistem tata udara.

e. Audit awal energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung

Audit energi sistem pencahayaan bertujuan untuk mengetahui tingkat kuat penerangan dalam suatu ruangan. Tingkat kuat penerangan dalam suatu ruangan harus disesuaikan dengan jenis aktifitas di dalam ruangan tersebut. Jika aktifitasnya membutuhkan ketelitian yang tinggi, maka tingkat kuat penerangan yang dibutuhkan juga semakin besar.

Selain untuk mengetahui tingkat kuat penerangan dalam suatu ruangan, audit energi sistem pencahayaan juga bertujuan untuk mengetahui efisiensi penggunaan energi untuk sistem pencahayaan dalam suatu ruangan. Kuat penerangan lampu pada suatu ruangan di hitung dengan satuan lux. Audit awal energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung dianalisa dengan tabel sampel pengukuran sistem tata udara gedung.

Tabel 5. 4. Format perhitungan IKE untuk ruang ber-AC

No	Ruang	Konsumsi Energi (kWh/hari)				Luas (m ²)	IKE kWh/m ² /bln	IKE kWh/m ² /thn
		Penerangan	AC	Beban lain	Jumlah			
1								
2								
dst								

Tabel 5. 5. Format perhitungan IKE untuk ruang non-AC

No	Ruang	Konsumsi Energi (kWh/hari)			Luas (m ²)	IKE kWh/m ² /bln	IKE kWh/m ² /thn
		Penerangan	Beban lain	Jumlah			
1							

2							
dst							

2. Prosedur Audit Sesuai SNI

Audit energi di sekolah mengacu kepada SNI 6196 Tahun 2011 yang berisi tentang audit energi pada bangunan gedung. Isi dari SNI 6196 Tahun 2011 tentang prosedur audit energi pada bangunan gedung yaitu:

a. Ruang lingkup

Standar ini memuat prosedur audit energi pada bangunan gedung. Standar ini diperuntukkan bagi semua pihak yang berperan dalam pelaksanaan audit energi pada bangunan gedung. Bangunan gedung dalam standar ini mencakup: kantor, hotel, toko/pusat belanja, rumah sakit, apartemen, rumah tinggal, sekolah, bandara, dan pelabuhan.

b. Acuan normatif

SNI 05-3052-1992, Cara uji unit pengkondisian udara.

BOCA, International energy conservation code 2000.

ASHRAE, *Standard 90.1: energy efficiency*.

BOMA, *Standard methode for measuring floor area in office buildings*.

c. Istilah dan definisi

Audit energi yaitu proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi.

Audit energi singkat (*walk through audit*) yaitu kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

Audit energi awal (*preliminary audit*) yaitu kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

Audit energi rinci (*detail audit*) yaitu kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit.

Energi yaitu kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika.

Konsumsi energi yaitu besarnya energi yang digunakan oleh bangunan gedung dalam periode waktu tertentu dan merupakan perkalian antara daya dan waktu operasi (tWn/bulan atau kWh/tahun).

Intensitas konsumsi energi (IKE) yaitu perbandingan antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m²/bulan atau kWh/m²/tahun).

Konservasi energi bangunan gedung yaitu upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia dan/atau menurunkan kinerja alat.

Pengelolaan energi bangunan gedung yaitu penyelenggaraan kegiatan penyediaan dan pemanfaatan energi serta konservasi energi bangunan gedung.

Bangunan gedung yaitu bangunan yang didirikan dan/atau diletakkan dalam suatu lingkungan sebagian atau seluruhnya pada, di atas, atau di dalam tanah dan/atau perairan secara tetap yang berfungsi sebagai tempat manusia untuk melakukan kegiatan, bertempat tinggal, berusaha, bersosial budaya, dan beraktifitas lainnya.

Peluang konservasi energi (PKE) yaitu peluang yang mungkin bisa diperoleh dalam rangka penghematan energi dengan cara perbaikan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, atau melakukan tindakan konservasi energi pada fasilitas energi.

Potret penggunaan energi yaitu gambaran pemanfaatan energi menyeluruh pada bangunan gedung, meliputi: jenis, jumlah penggunaan, peralatan, intensitas, profil beban penggunaan, kinerja peralatan, dan peluang konservasi energi, maupun bagian bangunan gedung dalam periode tertentu.

Target penghematan energi yaitu nilai IKE yang ditetapkan untuk bangunan gedung.

d. Prosedur audit energi

1) Proses audit energi

Proses audit energi dilakukan secara bertahap.

2) Audit energi singkat

a) Persiapan

Persiapan yang dilakukan mencakup:

- Penyiapan dokumen terkait termasuk kuisisioner;
- Penyiapan sumber daya manusia (SDM);
- Penetapan jadwal singkat perencanaan.

b) Pengumpulan data

Data historis terdiri atas:

- Luas total lantai gedung;
- Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama 1 (satu) sampai 2 (dua) tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air;
- Beban penghunian bangunan (occupancy rate) selama 1 (satu) sampai 2 (dua) tahun terakhir;
- Daya terpasang;
- Masukan dari observasi visual.
- Berdasarkan observasi langsung dan hasil wawancara singkat dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan operasi penggunaan energi obyek yang diteliti maupun kebutuhan energi keseluruhan bangunan gedung.

c) Perhitungan dan analisis data

Perhitungan dilakukan menggunakan data yang tersedia dan diperoleh melalui wawancara dan observasi. Perhitungan profil dan efisiensi penggunaan energi:

- Hitung intensitas konsumsi energi (kWh/m²/tahun) dan indeks konsumsi energi;
- Hitung kecenderungan konsumsi energi;
- Hitung persentase potensi penghematan energi;
- Pilihan untuk audit lanjutan (awal atau rinci).

d) Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan pengumpulan dan analisis data yang dilaksanakan, maka laporan audit energi disusun. Laporan audit energi memuat:

- Potret penggunaan energi;
- Rekomendasi yang mencakup langkah konservasi energi yang bisa dilaksanakan serta pilihan untuk melanjutkan audit yang lebih lanjut (awal atau rinci).

3. Audit energi awal

a. Persiapan

Audit energi awal perlu dilakukan bila audit energi singkat merekomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut pada seluruh bangunan gedung. Atau secara langsung tanpa melalui audit energi singkat.

Persiapan audit energi yang dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan mencakup:

- 1) Penyiapan dokumen terkait termasuk cek list data;
- 2) Penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis;
- 3) Penyiapan alat ukur untuk pengukuran sampling;
- 4) Penetapan jadwal rinci perencanaan.

b. Pengumpulan data

1) Data historis

Mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai gambar konstruksi terpasang (*as built drawing*), terdiri atas:

- a) Tapak, denah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai;
- b) Denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai;
- c) Diagram garis tunggal, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator;

- d) Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air;
 - e) Beban penghunian bangunan selama 1 (satu) tahun terakhir.
- 2) Pengukuran singkat
- Alat ukur yang digunakan adalah yang *portable* dan pengukuran dilakukan secara *sampling* di sejumlah titik pengguna energi utama.
- 3) Masukan dari observasi visual
- Dikumpulkan berdasarkan observasi langsung dan hasil wawancara dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan kinerja operasi penggunaan energi pada obyek yang diaudit maupun kebutuhan energi total bangunan gedung.
- c. Perhitungan dan analisis data
- Perhitungan sederhana untuk profil dan efisiensi penggunaan energi dilakukan dengan menggunakan data yang terkumpul menghasilkan:
- 1) Intensitas konsumsi energi (kWh/m²/tahun) dan indeks konsumsi energi;
 - 2) Simple payback period;
 - 3) Neraca energi sederhana;
 - 4) Persentase peluang penghematan energi;
 - 5) Rekomendasi pilihan dengan urutan prioritas langkah penghematan energi.
- d. Pembahasan hasil sementara audit
- Untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan dari pemilik gedung maka diskusi dan presentasi harus dilakukan minimal satu kali sebelum laporan akhir.

e. Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan yang dilaksanakan, maka laporan audit energi awal disusun. Laporan audit energi awal harus memuat:

- 1) Potret penggunaan energi;
- 2) Potensi penghematan energi dan biaya pada obyek yang diteliti;
- 3) Rekomendasi spesifik;
- 4) Apabila diperlukan, rekomendasi tindak lanjut ke audit energi rinci.

4. Audit energi rinci

a. Persiapan

Audit energi rinci perlu dilakukan bila audit energi singkat/audit energi awal merekomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut pada seluruh bangunan gedung atau pada obyek khusus/spesifik yang dianggap memiliki potensi penghematan energi besar dan menjanjikan tingkat kelaikan yang cukup menarik. Umumnya nilai IKE yang lebih besar dari nilai *benchmark* atau target yang ditentukan merupakan alasan untuk merekomendasikan kegiatan audit energi rinci. Persiapan audit energi dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan.

Persiapan yang dilakukan mencakup:

- 1) Penyiapan dokumen terkait termasuk daftar periksa data audit;
- 2) Penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis serta arsitektur;
- 3) Penyiapan alat ukur untuk pengukuran detail yang dilakukan secara periodik;
- 4) Penetapan jadwal rinci perencanaan.

b. Pengumpulan data

1) Data historis

Mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai gambar konstruksi terpasang, terdiri atas:

- a) Tapak, denah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai;
- b) Denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai;
- c) Diagram garis tunggal, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator;
- d) Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air;
- e) Beban penghunian bangunan selama 1 (satu) tahun terakhir.

2) Pengukuran langsung

Alat ukur terkalibrasi yang digunakan dapat berupa alat ukur magun (*fixed*) pada instalasi atau alat ukur *portabel*. Pengukuran langsung pada peralatan utama mencakup:

- a) Paramater operasi;
- b) Profil (jam, harian);
- c) Kinerja alat.

3) Masukan dari pengamatan

Dikumpulkan berdasarkan observasi langsung dan hasil wawancara mendalam dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan kinerja operasi penggunaan energi obyek yang diteliti maupun kebutuhan energi keseluruhan bangunan gedung.

c. Perhitungan dan analisis data

Berdasarkan data, pembuatan profil penggunaan energi, perhitungan neraca energi, analisis data teknis maupun finansial secara mendalam dapat dilakukan. Analisis data energi dapat dilakukan dengan penggunaan program komputer yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi.

- 1) Perhitungan profil dan efisiensi penggunaan energi:
 - a) Hitung rincian penggunaan energi pada obyek yang diteliti;
 - b) Hitung Intensitas konsumsi energi (kWh/m²/tahun) dan Indeks konsumsi energi;
 - c) Hitung kinerja operasi aktual(rata-rata, maksimum dan minimum).

- 2) Analisis Data
 - a) Gambarkan grafik kecenderungan konsumsi energi atau energi spesifik dengan parameter operasi, jam, harian, mingguan atau bulanan;
 - b) Lihat korelasi antara intensitas energi atau konsumsi energi dengan parameter operasi;
 - c) Tentukan parameter operasi yang dominan terhadap konsumsi energi maupun intensitas energi dari obyek yang diteliti;
 - d) Lihat kemungkinan perbaikan kinerja dan efisiensi penggunaan energi;
 - e) Hitung peluang penghematan energi jika perbaikan kinerja tersebut dilakukan;
 - Apabila peluang hemat energi telah diidentifikasi, selanjutnya perlu ditindak lanjuti dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan;

- Analisis peluang hemat energi dapat juga dilakukan dengan penggunaan program komputer yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi;
- Penghematan energi pada bangunan gedung harus tetap memperhatikan kenyamanan penghuni. Analisis peluang hemat energi dilakukan dengan usaha antara lain: menekan penggunaan energi hingga sekecil mungkin (mengurangi daya terpasang/terpakai dan jam operasi); memperbaiki kinerja peralatan; menggunakan sumber energi yang murah.

3) Analisis finansial hemat energi

- a) Hitung biaya yang diperlukan untuk implementasi perbaikan dimaksud;
- b) Lakukan analisis finansial untuk setiap peluang penghematan energi yang ada;
- c) Lakukan analisis sensitifitas penghematan energi yang menjanjikan penghematan besar dengan tingkat kelaikan yang cukup menarik;
- d) Rekomendasikan pilihan dengan urutan prioritas langkah penghematan energi.

d. Pembahasan hasil sementara audit

Untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan dari pemilik gedung maka diskusi dan presentasi harus dilakukan minimal satu kali sebelum laporan akhir final.

e. Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan yang dilaksanakan, maka laporan audit energi rinci disusun. Laporan audit energi rinci harus memuat:

- 1) Potret penggunaan energi;
- 2) Kinerja operasi aktual pengguna energi untuk berbagai kondisi dan beban;
- 3) Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja operasi;
- 4) Potensi penghematan energi dan biaya pada obyek yang diteliti;
- 5) Kajian teknis dan finansial penghematan energi;
- 6) Rekomendasi spesifik dan saran tindak lanjut.

Laporan audit energi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- 1) Ringkasan eksekutif;
- 2) Latar belakang;
- 3) Pelaksanaan audit energi;
- 4) Potret penggunaan energi;
- 5) Pengelolaan energi;
- 6) Analisis;
- 7) Peluang-peluang penghematan energi;
- 8) Rekomendasi.

f. Rekomendasi

Rekomendasi yang dibuat mencakup masalah:

- 1) Pengelolaan energi termasuk program manajemen yang perlu diperbaiki, implementasi audit energi yang lebih baik, dan cara meningkatkan kesadaran penghematan energi;
- 2) Pemanfaatan energi, termasuk langkah-langkah :
 - a) Peningkatan efisiensi penggunaan energi tanpa biaya, misalnya mengubah prosedur;
 - b) Perbaikan dengan investasi kecil;
 - c) Perbaikan dengan investasi besar.

5. Pengenalan Program LEAP

LEAP adalah singkatan dari *Long-range Energy Alternatives Planning system*. *LEAP* adalah suatu *software* komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi.

LEAP dikembangkan oleh *Stockholm Environment Institute*, yang berkantor pusat di boston, amerika serikat. Versi pertama *LEAP* diluncurkan tahun 1981. Versi *LEAP* terakhir adalah *LEAP 2006*, yang merupakan pengembangan dari *LEAP 2000*. Mulai *LEAP 2000*, *software LEAP* telah berbasis *windows*.

Dalam *software LEAP* disediakan 4 (empat) modul utama dan 3 (tiga) modul tambahan. Modul utama adalah modul-modul standar yang umum digunakan dalam pemodelan energi, yaitu: *key assumptions*, *demand*, *transformation*, dan *resources*. Modul tambahan adalah pelengkap terhadap modul utama jika diperlukan, yaitu: *statistical differences*, *stock changes*, dan *non energy sector effects*.

a. Terminologi Umum Dalam *LEAP*

- 1) *Area*: sistem yang sedang dikaji (contoh: negara atau wilayah).
- 2) *Current accounts*: data yang menggambarkan tahun dasar (tahun awal) dari jangka waktu kajian.
- 3) *Scenario*: sekumpulan asumsi mengenai kondisi masa depan.
- 4) *Tree*: diagram yang merepresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam *windows explorer*. *Tree* terdiri atas beberapa *branch*.
- 5) *Branch*: cabang atau bagian dari *tree*, *branch* utama ada empat, yaitu *key assumptions*, *demand*, *transformation*, dan *resources*. Masing-masing *branch* utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa *branch* tambahan (anak cabang).

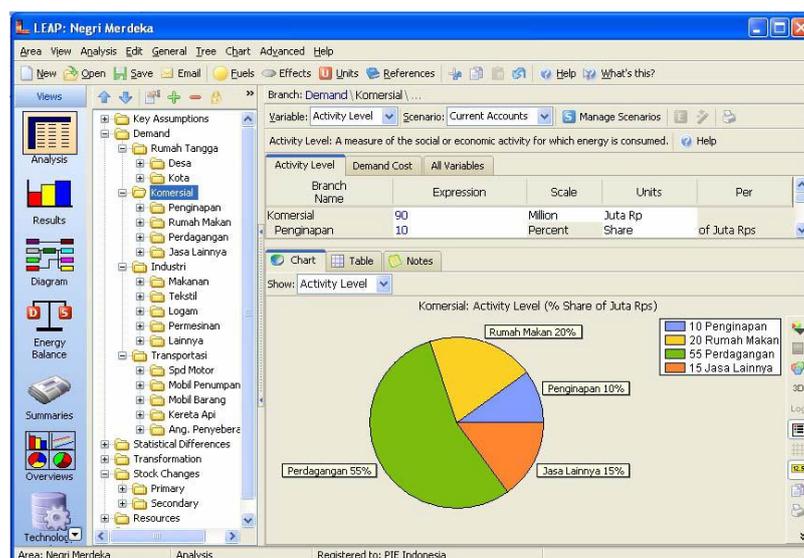
- 6) *Expression*: formula matematis untuk menghitung perubahan nilai suatu variabel. *Expression* akan muncul pada saat membuat suatu skenario.
- 7) *Saturation*: perilaku suatu variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan tertentu. Persentase kejenuhan adalah $0\% \leq X \leq 100\%$. Nilai dari total persen dalam suatu *branch* dengan *saturation* tidak perlu berjumlah 100% (sebagai contoh: % *saturation* dari rumah tangga yang menggunakan lemari es).
- 8) *Share*: perilaku suatu variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan 100%. Nilai dari total persen dalam suatu *branch* dengan *share* harus berjumlah 100 %.

b. Menu-Menu LEAP

LEAP 2006 adalah *software* berbasis *windows*. Pada saat pertama kali menjalankan *software* LEAP, akan diminta untuk melakukan registrasi. Apabila tidak melakukan registrasi, *software* LEAP tetap dapat digunakan, tetapi tidak dapat menyimpan. Cara registrasi disampaikan di bagian lain. Selanjutnya akan muncul layar LEAP, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.2.

Gambar 5. 2.

Layar LEAP



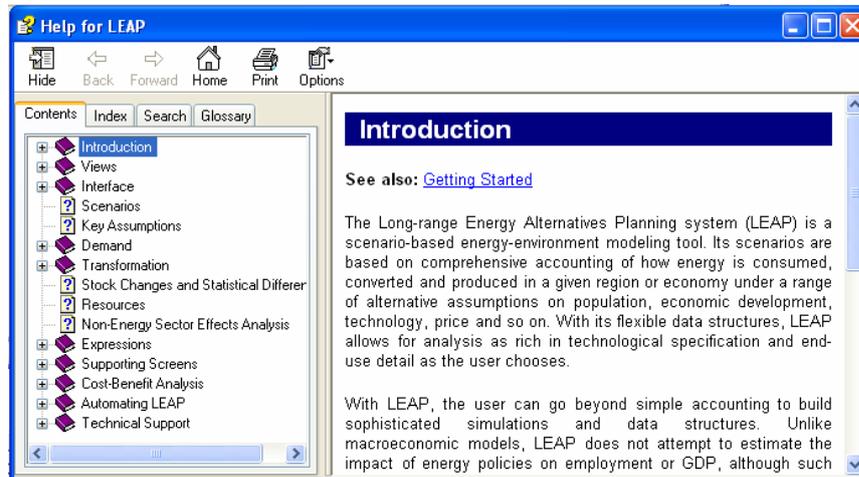
Layar *LEAP* terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

- 1) Baris teratas terdapat tulisan *LEAP* dan nama *file* yang sedang dibuka.
- 2) Baris kedua adalah menu-menu utama (*main menu*): *area, view, analysis, edit, general, tree, chart, advanced, dan help*.
- 3) Baris ketiga adalah *main toolbar* : *new, open, save, email, fuels, effects, units, references, dsb*.
- 4) *View bar* adalah menu vertikal di sisi kiri layar, yang terdiri atas: *analysis, result, diagram, energy balance, summaries, overviews, technology database, dan notes*.
- 5) Kolom di sebelah *view bar* adalah tempat untuk menuliskan diagram pohon (*tree*). Pada baris paling atas dari kolom ini terdapat *toolbar* untuk membuat/mengedit *tree*.
- 6) Kolom berikutnya terdiri atas tiga bagian, yaitu:
 - a) *Toolbar* untuk membuat/mengedit *scenario*.
 - b) Bagian untuk menginput data.
 - c) Tampilan input data.
- 7) Baris terbawah adalah *status bar*, yang berisi: nama *file* yang sedang dibuka, *view* yang sedang dibuka, dan status registrasi.

Tampilan dalam kolom kedua dan ketiga akan berubah sesuai *view* yang dipilih. Sebagai contoh, pada Gambar 5.2. di atas sedang dibuka *view Analysis*.

c. Tutorial Dan Help

Di dalam *software LEAP* disediakan menu tutorial dan menu *help* (di dalam *menu help*), sehingga pengguna *LEAP* dapat dengan mudah mempelajari sendiri *software LEAP*. Tutorial dan *help* disusun berdasarkan kata-kata kunci, yang dapat di-*search* dengan menuliskan kata kuncinya. Tampilan tutorial dan *help* ditunjukkan pada Gambar 5.3.



d. *View Bar*

LEAP mempunyai delapan *view bar*, yang tersusun secara vertikal pada kolom paling kiri dari layar *LEAP*. Masing-masing *icon view bar* dapat di-klik untuk menampilkan *view* yang dimaksud. Pada beberapa *icon view*, diperlukan waktu beberapa saat untuk melakukan perhitungan sebelum *view* ditampilkan. Pada Gambar 5.4. ditampilkan *view bar*:



Analysis view : untuk membuat/mengedit diagram pohon (*tree*), mengisikan data, dan membuat skenario.

Result view : untuk mensimulasikan model dan menampilkan hasil simulasi dari berbagai skenario. Tampilan hasil berupa grafik dan tabel.

Diagram view : untuk menampilkan diagram rangkaian alur pemasokan energi (dalam bentuk *reference energy system*).

Energy balance view : untuk menampilkan hasil simulasi dalam bentuk tabel dan grafik neraca energi.

Summaries view : untuk menyusun dan menampilkan variabel-variabel tertentu untuk ditampilkan dalam suatu tabel.

Overviews view : untuk menyusun dan menampilkan grafik-grafik tertentu untuk keperluan presentasi.

Technology and environmental database view : untuk menampilkan informasi mengenai *supply demand* energi, teknologi energi dan lingkungan.

Notes view : untuk mendokumentasikan penjelasan model, sehingga pengguna model dapat memahami apa yang dimaksud penyusun model.

e. *Tree*

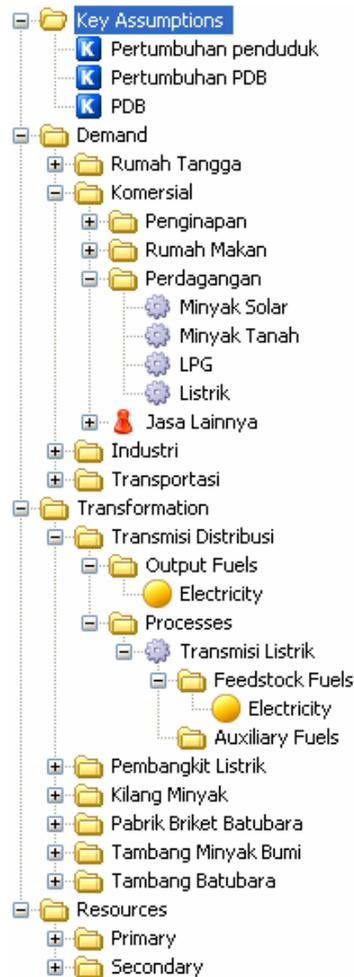
Tree adalah diagram yang merepresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam *windows explorer*. *Tree* terdiri atas beberapa *branch* (cabang). Terdapat empat *branch* utama, yaitu *key assumptions*, *demand*, *transformation*, dan *resources*. Masing-masing *branch* utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa *branch* tambahan (anak cabang).

K adalah *key assumptions branch*, yaitu variabel bebas yang diletakkan dalam *branch key assumptions*, yang digunakan sebagai input bagi modul *demand* maupun modul transformasi.

- 📁 adalah *category branch*, yaitu cabang untuk pengelompokan data: pada modul *demand* (pengelompokan aktivitas pemakaian energi), pada modul transformasi (pengelompokan kegiatan konversi energi).
- ⚙️ adalah *technology branch*, yaitu jenis teknologi dalam masing-masing *branch*. Pada modul *demand* (teknologi pemakaian energi yang berhubungan dengan jenis energi yang digunakan), Pada modul transformasi (menunjukkan jenis proses, energi input dan energi output dari proses).
- 📄 adalah *category branch* gabungan, yang tidak mempunyai *branch* lagi.
- 🟡 adalah *fuel branch*, yang merupakan input dan output energi dalam modul transformasi.

Gambar 5.5.

Tree dan branch



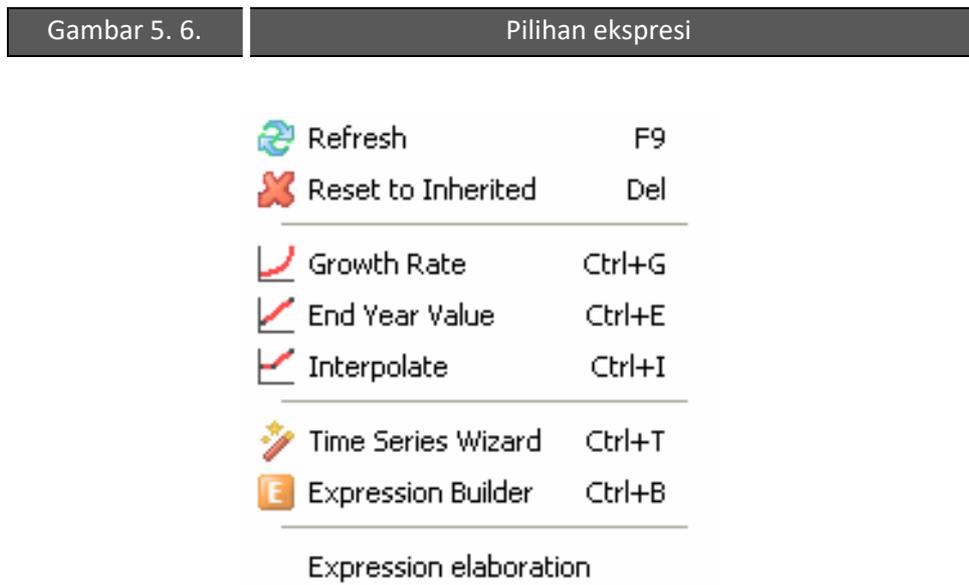
f. Ekspresi-Ekspresi dalam LEAP

Ekspresi adalah formula atau rumus perhitungan untuk melakukan proyeksi suatu variabel. Di dalam *LEAP* disediakan berbagai ekspresi. Masing-masing variabel dapat mempunyai ekspresi yang berbeda.

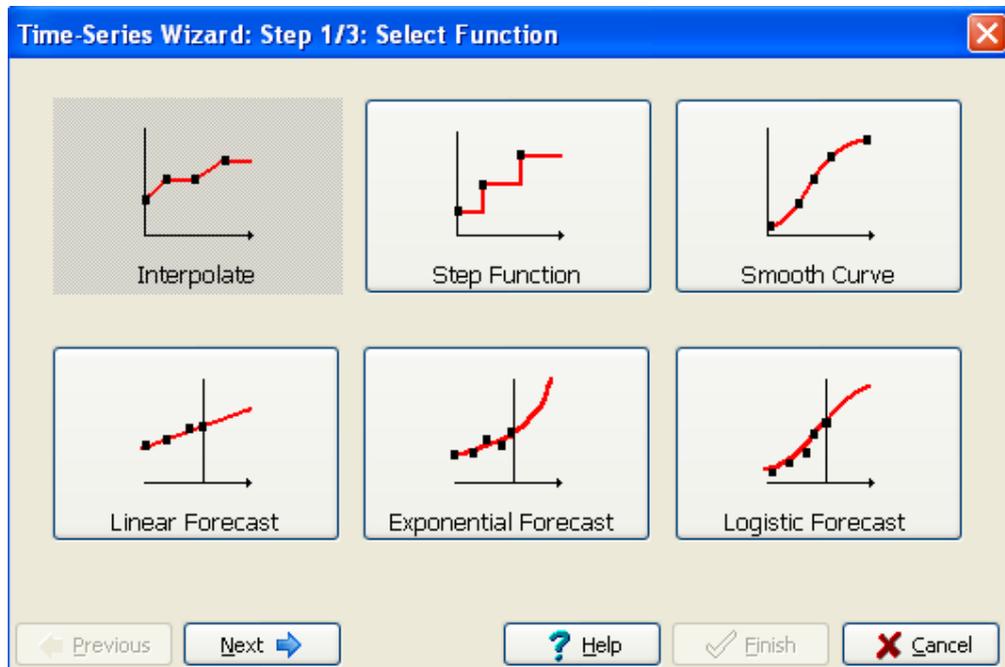
Di dalam *LEAP* 1995 hanya ada tiga ekspresi, yaitu: *growth rate*, *end year value*, dan *interpolate*. Dalam *LEAP* 2006, selain ketiga ekspresi baku tersebut, disediakan pilihan untuk menyusun ekspresi sendiri, seperti dalam:

time series wizard dan *expression builder*. Selain itu, dapat juga menggunakan (meng-*import*) data dari *spreadsheet excell*.

Dalam bahasan selanjutnya dijelaskan ekspresi-ekspresi tersebut lebih mendalam. Gambar 5.6 memperlihatkan pilihan-pilihan ekspresi, tampilan ini muncul pada saat suatu parameter di-klik sewaktu tampilan “*scenario*” dibuka.



Ekspresi *growth rate* adalah dengan memberikan persen angka pertumbuhan terhadap parameter *current account*. Ekspresi *end year value* adalah memberikan parameter akhir simulasi dari suatu variabel, dan *LEAP* akan menginterpolasi linier terhadap parameter *current account*-nya. Ekspresi *Interpolation* adalah menentukan titik-titik perubahan parameter dari suatu variabel. Titik-titik perubahan terdiri atas dua atau lebih. Antara titik-titik tersebut, *LEAP* akan membuat interpolasi linier.

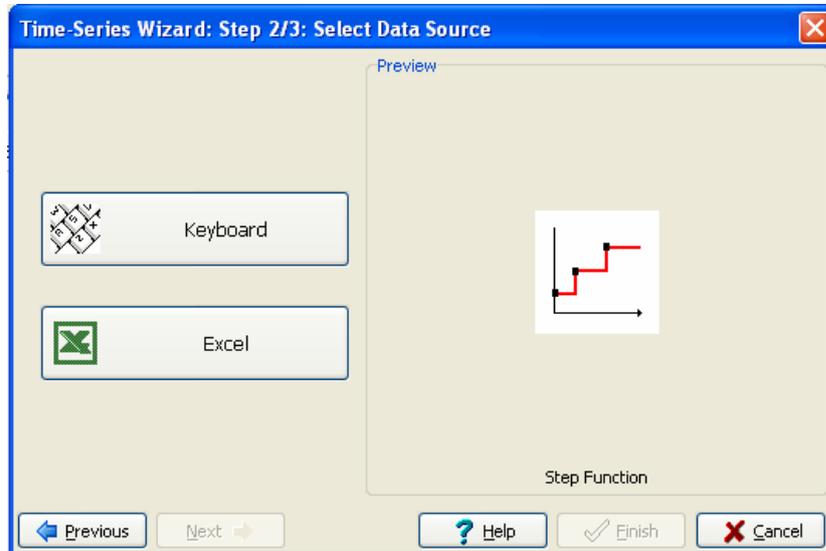


Time series wizard terdiri atas enam bentuk kurva, yaitu: interpolasi, grafik tangga (*step function*), grafik *smooth* (penghalusan dari ekspresi interpolasi), grafik fungsi linier, grafik fungsi eksponensial, dan grafik fungsi logistik (kurva S).

Time series wizard terdiri atas tiga langkah. Langkah pertama adalah memilih bentuk grafik, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7. Langkah kedua adalah memilih apakah mengisikan data atau menggunakan/mengimpor data dari *spreadsheet excell*. Langkah ketiga adalah mengisikan data. Apabila menggunakan data dari *excell*, maka harus diisikan nama *file* dan alamat *cell* yang akan di-*import*.

Gambar 5. 8.

Time series wizard step 2



Gambar 5. 9.

Time series wizard step 3

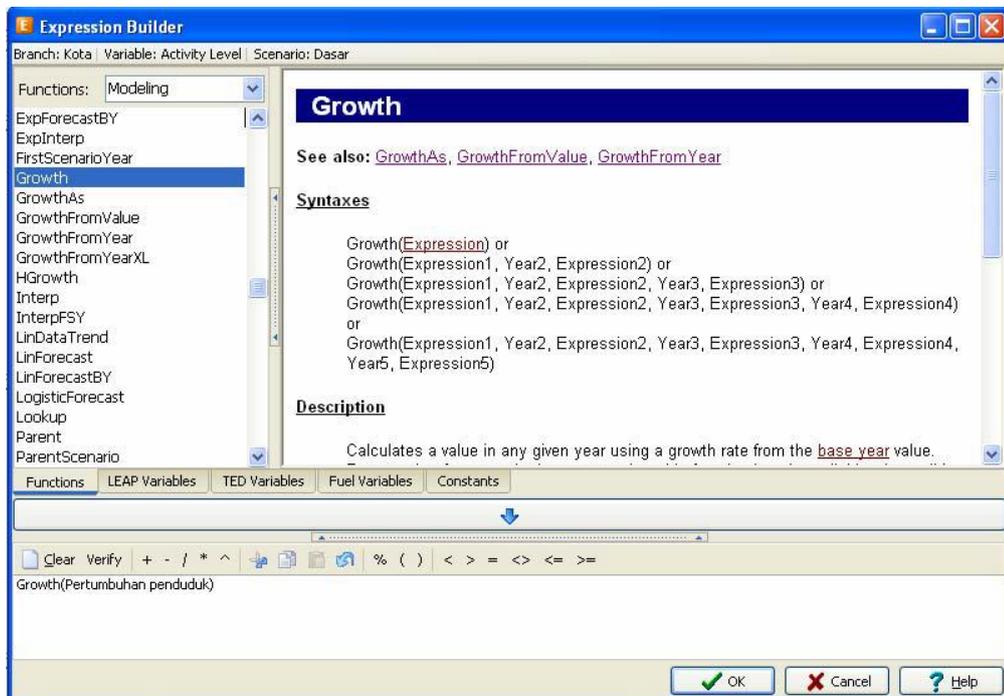


Expression builder digunakan untuk membuat ekspresi sendiri seperti yang dikehendaki pembuat model. Dengan *expression builder* ini, pemodel mempunyai keleluasaan membuat ekspresi sendiri, serta membuat suatu hubungan (korelasi) antar variable model.

Di dalam *expression builder* juga disediakan beberapa ekspresi (*built in function*), yang terdiri atas ekspresi *modeling*, ekspresi matematika, dan ekspresi logika. Dalam tampilan *expression builder* tercantum juga *syntax* (cara penulisan) dan penjelasan dari masing-masing *built in function*. Hubungan dengan variable lain (khususnya *key assumptions*), dapat diketik langsung atau pun melalui tombol *LEAP variables*.

Gambar 5. 10.

Expression builder



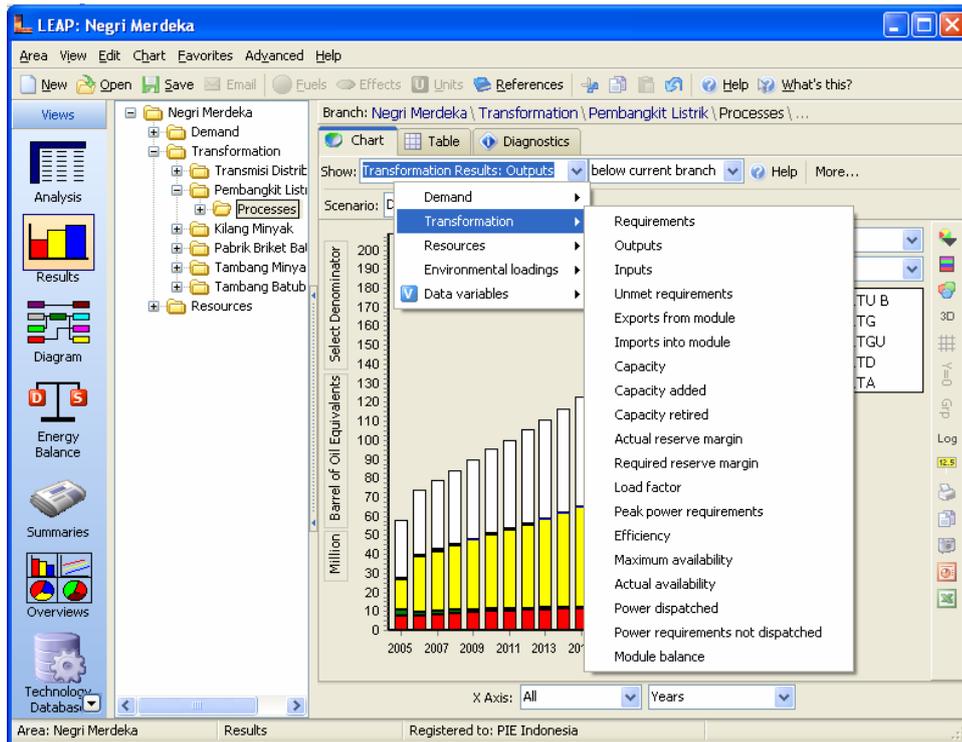
g. Simulasi dan Melihat Hasil

Simulasi model adalah menjalankan model (*running model*), atau memerintahkan *LEAP* melakukan perhitungan terhadap model sepanjang jangka waktu yang ditentukan dalam model. Simulasi model dilakukan dengan mengaktifkan *view Result*. Setiap *view result* diaktifkan, maka *LEAP* akan melakukan perhitungan terhadap model. Simulasi akan berhasil apabila

semua syarat-syarat telah dipenuhi, khususnya apabila parameter *current account* dan skenario (minimal satu skenario) telah lengkap diisikan.

Gambar 5. 11.

View result



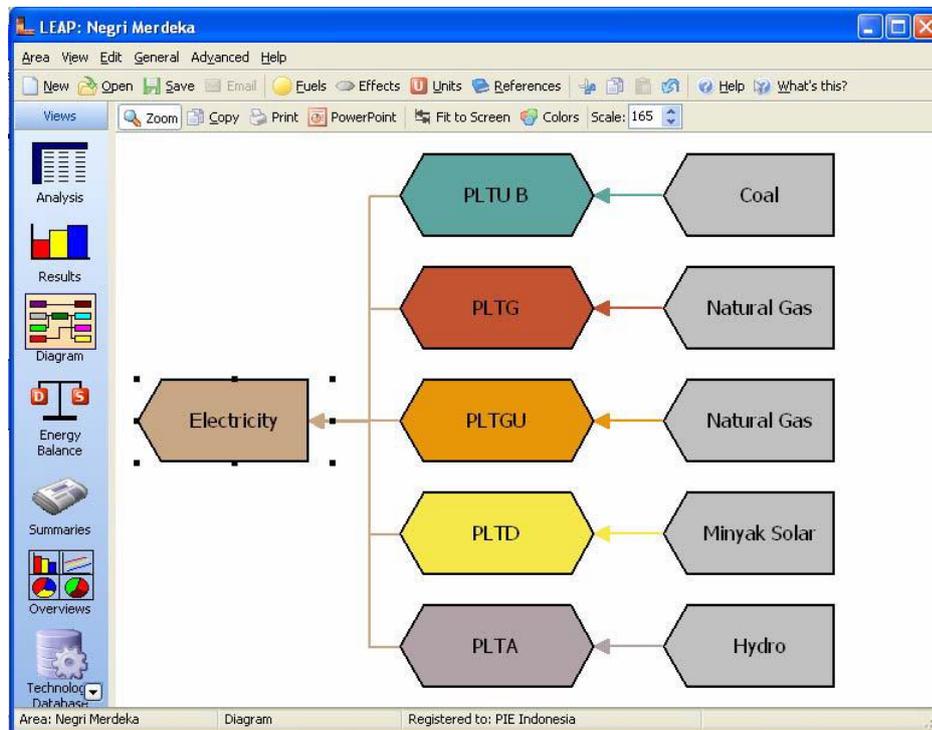
Proses perhitungan selama simulasi memerlukan waktu selama beberapa menit. Kemajuan proses perhitungan diperlihatkan di monitor. Apabila terjadi kesalahan dalam penulisan model, perhitungan akan berhenti dan pesan kesalahan akan ditunjukkan. Perbaikan model dapat dilakukan dengan merujuk pesan kesalahan yang ditampilkan.

Setelah selesai perhitungan, maka muncul grafik hasil perhitungan. Terdapat bermacam-macam pilihan tampilan hasil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.11. Pilihan tampilan meliputi: kategori hasil, jenis bahan bakar, dan jenis skenario.

Tampilan hasil dapat berupa grafik atau tabel. Grafik dan tabel hasil dapat di-export ke *powerpoint* atau *excell*. Hasil perhitungan dapat juga dilihat dengan menggunakan *view diagram*. Hasil perhitungan yang dilihat melalui *view* ini adalah diagram RES (*reference energy system*) dari model. Pada Gambar 5.12 diperlihatkan contoh *view diagram*. Diagram RES ini juga dapat di-export ke *powerpoint*.

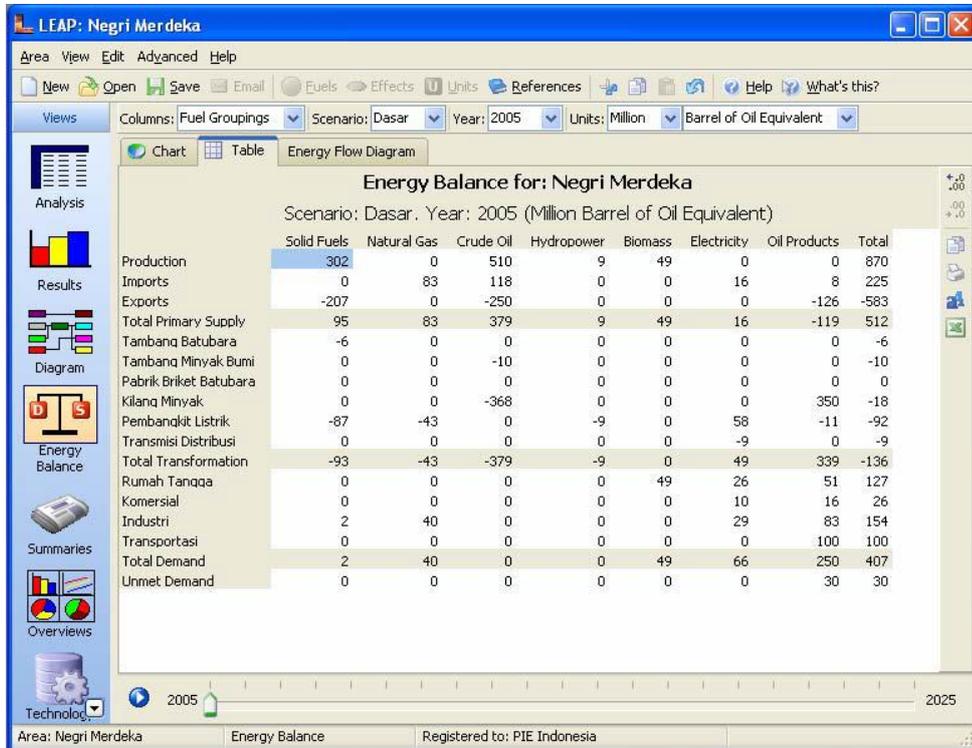
Gambar 5. 12.

View diagram



Gambar 5. 13.

View energy balance



Tampilan hasil lainnya adalah *view energy balance*, *summaries*, dan *overviews*. *View energy balance* adalah untuk menampilkan *energy balance* dari model, dalam bentuk grafik atau tabel. *View energy balance*, seperti halnya *view diagram*, merupakan *default* dari *LEAP* (muncul dengan sendirinya tanpa di-set). Tampilan *view* ini dapat di-export ke *powerpoint* ataupun *excell*. *View energy balance* diperlihatkan pada Gambar 5.13. *View summaries* dan *overviews* adalah untuk menampilkan tabel-tabel atau gambar-gambar tertentu dari hasil perhitungan.

Kedua *view* ini dapat digunakan untuk menonjolkan hasil-hasil perhitungan tertentu, sehingga dapat lebih mudah dimengerti oleh pembaca model.

Kedua *view* ini dapat di-set untuk menampilkan hasil yang dimaksud. Contoh *view summaries* dan *overviews* diperlihatkan pada Gambar 5.14 dan 5.15.

Gambar 5. 14.

View summaries

LEAP: Negri Merdeka

Area View Edit Advanced Help

Summary: Cost-Benefit Summary Manage Summaries

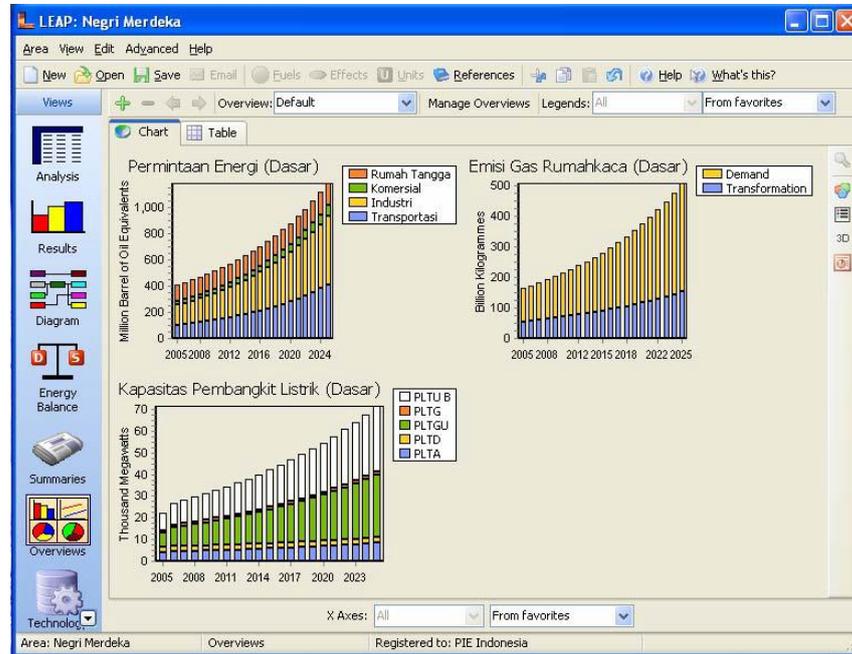
Compared to: Dasar Units: Juta Rp Discount Rate: 12 %

Table

Costs and Benefits. Compared to: Scenario: Dasar. Region: All Regions. Years: (1993 Juta Rp, discounted at 12.0%)

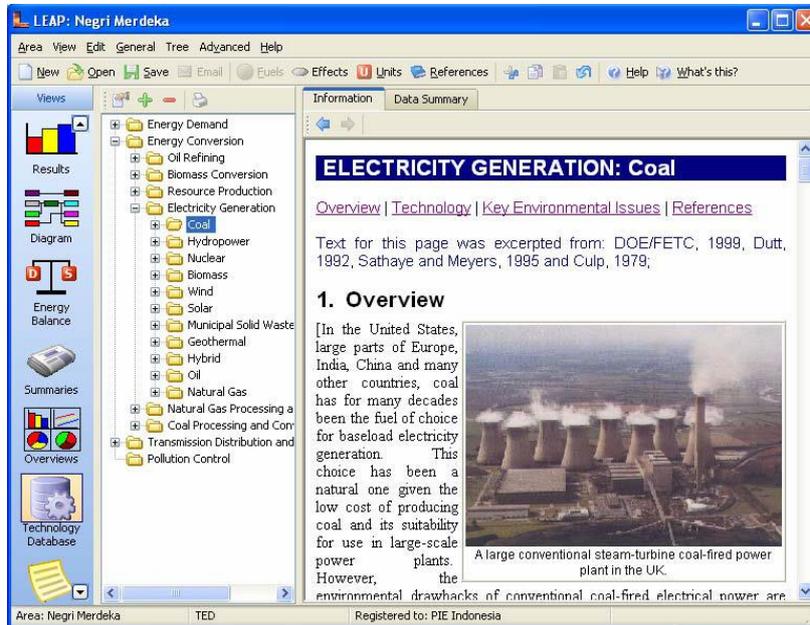
	Optimis	Pesimis
Demand		
Rumah Tangga	0.0	0.0
Komersial	0.0	0.0
Industri	0.0	0.0
Transportasi	0.0	0.0
Transformation		
Pembangkit Listrik	0.0	0.0
Kilang Minyak	0.0	0.0
Transmisi Distribusi	0.0	0.0
Tambang Minyak Bumi	0.0	0.0
Tambang Batubara	0.0	0.0
Pabrik Briket Batubara	0.0	0.0
Resources		
Production	0.0	0.0
Imports	0.0	0.0
Exports	0.0	0.0
Environmental Externalities	0.0	0.0
Net Costs	0.0	0.0
GHG Savings (Mill, Tonnes C Eq.)	-2.57471429505906E25	-4.12433327452841E18

Area: Negri Merdeka Summaries Registered to: PIE Indonesia



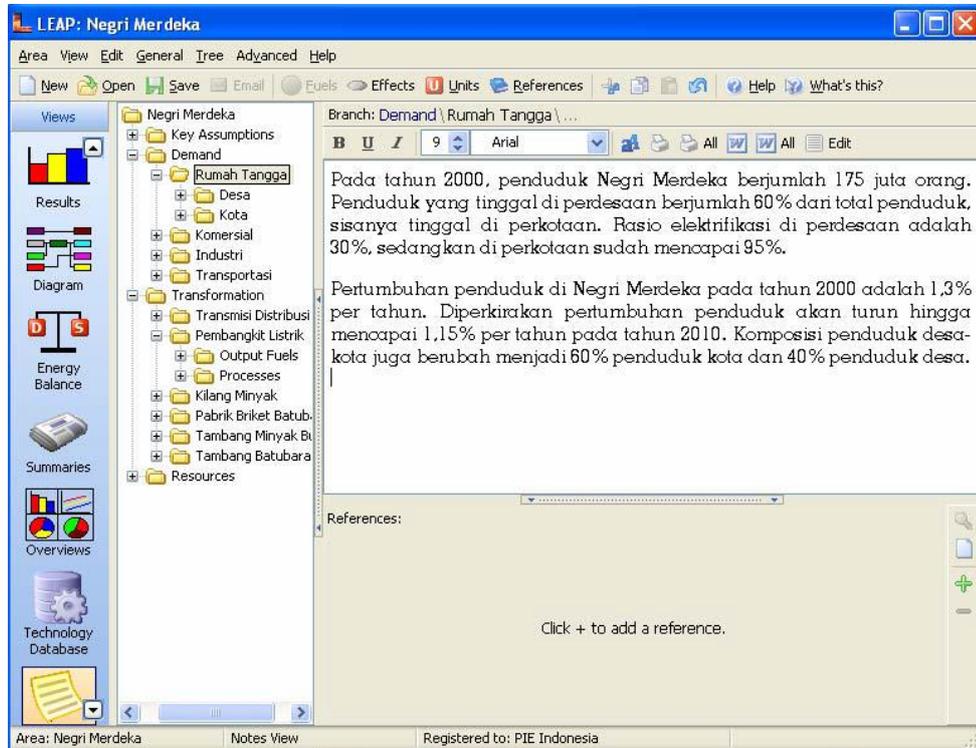
h. Kliping Informasi Teknologi dan Lingkungan

Di dalam *LEAP* disediakan kliping informasi mengenai teknologi energi dan efeknya terhadap lingkungan. Kliping ini dapat dilihat dalam *view TED* (*technology and environmental database*). Informasi yang diperlukan dapat dilihat dengan meng-klik *tree* yang bersesuaian. Pada Gambar 5.16 diperlihatkan informasi untuk pembangkit listrik berbahan bakar batubara (pada *tree* sedang disorot *electricity generation: coal*).



i. Dokumentasi Model

Dokumentasi model adalah penjelasan-penjelasan terhadap parameter-parameter model. Penjelasan dapat berupa asumsi-asumsi perhitungan suatu parameter, sumber data, dan sebagainya. Dokumentasi model akan memudahkan pemodel untuk mengkaji ulang model. Selain itu akan memudahkan bagi pembaca model untuk memahami model. Dokumentasi model dapat dituliskan dan dilihat pada *view note*, seperti terlihat pada Gambar 5.17.

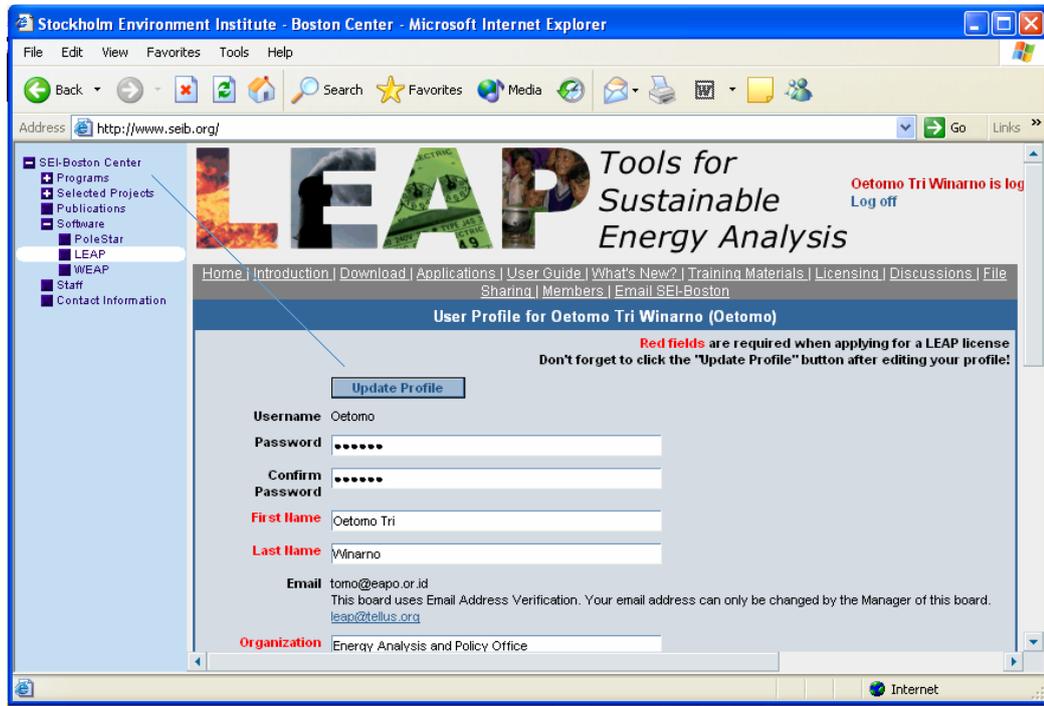


j. **Download dan Registrasi LEAP**

Software LEAP dapat diperoleh dengan *men-download* dari internet, yaitu dengan membuka <http://www.seib.org>.

Software LEAP dapat *di-download* secara cuma-cuma, khususnya untuk lembaga pemerintah, lembaga pendidikan, lembaga penelitian, dan lembaga non profit lainnya di Indonesia (negara berkembang).

Untuk menjalankan *software LEAP* secara penuh, diperlukan registrasi. Registrasi *LEAP* dilakukan dengan mengirimkan surat permintaan melalui email ke alamat leap@tellus.org atau melalui fax/surat ke : Stockholm Environment Institute, 11 Arlington Street, Boston, MA, 02116 USA, Fax (617) 266-8303. *User name* dan *password* untuk registrasi *LEAP* akan dikirimkan melalui *email* selang beberapa hari.



k. **Hardware dan Software Pendukung**

Untuk menjalankan *software* LEAP dengan baik, diperlukan komputer dengan spesifikasi minimal: Pentium 400 Mhz atau yang setara, RAM 64 MB, *software* yang diperlukan (*window 98* atau yang lebih baru atau *microsoft office 2000* atau yang lebih baru).

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 konversi energi dan efisiensi 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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-03**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran selanjutnya.

Lembar Praktek

1. Isilah keterangan intensitas konsumsi energi di sekolah saudara dalam LK-04 untuk bangunan tidak ber-AC.
2. Isilah keterangan intensitas konsumsi energi di sekolah saudara dalam LK-05 untuk bangunan ber-AC.
3. Isilah format contoh karakteristik pemakaian energi di sekolah saudara dalam LK-06.
4. Isilah contoh format perhitungan intensitas konsumsi energi di sekolah saudara dalam LK-07 untuk bangunan ber-AC.
5. Isilah contoh format intensitas konsumsi energi di sekolah saudara dalam LK-07 untuk bangunan tidak ber-AC.

E. Rangkuman

1. Audit energi adalah proses evaluasi pemanfaat energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi.
2. Audit energi dilaksanakan sekurang-kurangnya pada proses dan pengguna energi utama secara berkala paling sedikit satu kali dalam tiga tahun.

3. Proses audit dapat dilakukan oleh auditor internal maupun eksternal, namun auditor-auditor tersebut wajib memiliki sertifikat kompetensi sesuai dengan peraturan perundang-undangan.
4. Audit energi pada bangunan gedung adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya.
5. Manfaat dari audit antara lain: mengetahui besarnya intensitas konsumsi energi (IKE) listrik, mencegah pemborosan tanpa mengurangi kenyamanan penghuni gedung, mengetahui profil penggunaan energi listrik, meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, memberikan masukan kepada sekolah tentang peluang penghematan energi yang dapat dilakukan pada gedung dalam rangka konservasi energi listrik.

F. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang paling tepat dari soal-soal di bawah ini:

1. Disebut apakah kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit....
 - a. Audit energi singkat
 - b. Audit energi awal
 - c. Audit energi rinci
 - d. Manajemen energi

2. Kegiatan audit energi apakah yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit....
 - a. Audit energi singkat
 - b. Audit energi awal
 - c. Audit energi rinci
 - d. Manajemen energi

3. Kegiatan audit energi apakah yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit....
 - a. Audit energi singkat
 - b. Audit energi awal
 - c. Audit energi rinci
 - d. Manajemen energi

4. Disebut apakah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika....
 - a. Energi
 - b. satuan energi
 - b. unjuk kerja
 - d. Daya

5. Besarnya energi yang digunakan oleh bangunan gedung dalam periode waktu tertentu dan merupakan perkalian antara daya dan waktu operasi(tWn /butan atau kWh/tahun) merupakan pengertian dari....
 - a. Intensitas konsumsi energi
 - b. Konsumsi energi
 - c. Manajemen energi
 - d. Efisiensi energi

6. Disebut apakah perbandingan antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m^2 per bulan atau kWh/m^2 per tahun)....
 - a. Intensitas konsumsi energi
 - b. Konsumsi energi
 - c. Manajemen energi
 - d. Efisiensi energi

7. Merupakan pengertian dari apakah upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi

pemanfaatannya tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia dan/atau menurunkan kinerja alat....

- a. Penghematan energi
- b. Konservasi energi
- c. Konservasi energi bangunan gedung
- d. Diversifikasi energi

8. Definisi dari apakah penyelenggaraan kegiatan penyediaan dan pemanfaatan energi serta konservasi energi bangunan gedung....

- a. Penghematan energi
- b. Konservasi energi
- c. Konservasi energi bangunan gedung
- d. Pengelolaan energi

9. Pengertian dari apakah bangunan yang didirikan dan/atau diletakkan dalam suatu lingkungan sebagian atau seluruhnya pada, diatas, atau didalam tanah dan/atau perairan secara permanen yang berfungsi sebagai tempat manusia untuk melakukan kegiatan, bertempat tinggal, berusaha, bersosial budaya, dan beraktifitas lainnya....

- a. Bangunan sipil
- b. Bangunan air
- c. Bangunan gedung
- d. Konstruksi bangunan

10. Pengertian dari apakah peluang yang mungkin bisa diperoleh dalam rangka penghematan energi dengan cara perbaikan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, atau melakukan tindakan konservasi energi pada fasilitas energi....

- a. Peluang konversi energi
- b. Peluang efisiensi energi
- b. Peluang penghematan
- d. Peluang diversifikasi energi

G. Kunci Jawaban

1. a
2. b
3. c
4. a
5. b
6. a
7. c
8. d
9. c
10. a

LEMBAR KERJA KB-5

LK - 03

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 diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

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

LK-04

Kriteria	Keterangan
Efisien (0,84 – 1,67) kWh/m ² /bulan	
Cukup Efisien (1,67 – 2,5) kWh/m ² /bulan	
Boros (2,5 – 3,34) kWh/m ² /bulan	
Sangat Boros (3,34 – 4,17) kWh/m ² /bulan	

LK-05

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (4,17 s.d. 7,92) kWh/m ² /bulan	
Efisien (7,93 s.d. 12,08) kWh/m ² /bulan	
Cukup Efisien (12,08 s.d. 14,58) kWh/m ² /bulan	
Agak Boros (14,58 s.d. 19,17) kWh/m ² /bulan	

LK-06

No	Bulan	Pemakaian Daya (kW)	Pembayaran (Rp)
1	Januari	.....	.....
2	Februari	.....	.....
dst	.....	.....	.....

LK-07

No	Ruang	Konsumsi Energi (kWh/hari)				Luas (m ²)	IKE kWh/m ² /bln	IKE kWh/m ² /thn
		Penerangan	AC	Beban lain	Jumlah			
1								
2								
dst								

LK-08

No	Ruang	Konsumsi Energi (kWh/hari)			Luas (m ²)	IKE kWh/m ² /bln	IKE kWh/m ² /thn
		Penerangan	Beban lain	Jumlah			
1							

2							
dst							

LK – 07

1. Gambarkan bagan alir prosedur audit energi singkat untuk bangunan gedung.

2. Gambarkan bagan alir audit energi awal untuk bangunan gedung.

3. Gambarkan bagan alir audit energi rinci untuk bangunan gedung.

BAB III

PENUTUP

Pembangunan di Indonesia yang sangat pesat menyebabkan permintaan kebutuhan energi meningkat tajam. Permintaan ini meliputi energi listrik dan energi termal. Untuk daerah di pulau Jawa dan Bali penyediaan energi ini sudah cukup baik, akan tetapi di luar wilayah ini masih kurang. Hal ini terjadi karena belum meratanya sarana dan prasarana yang ada serta masih terbatasnya produksi energi di Indonesia, meskipun sebagian sumber energi termal berasal dari luar wilayah Jawa dan Bali. Oleh karena itu kegiatan produksi energi harus terus dilakukan.

Akan tetapi produksi energi sebesar apapun akan kurang menghasilkan efek yang signifikan dalam pemerataan energi di Indonesia jika pemborosan energi terus dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan konservasi energi dan lingkungan, melalui tahapan pengelolaan energi yang meliputi: penyediaan energi, pengusahaan energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi.

Melalui tahapan pengelolaan energi ini diharapkan dilakukan berbagai tindakan untuk mengamankan ketersediaan energi dalam jangka panjang. Tindakan itu meliputi: penghematan energi, pembangkitan sumber energi baru berbasis energi alternatif, serta pemeliharaan dan perbaikan lingkungan.

Uji Kompetensi

Soal Esai

1. Jelaskan berbagai proses konversi energi pada biomassa.
2. Jelaskan proses terjadinya biogas.
3. Sebutkan langkah-langkah dalam pembuatan biodiesel.
4. Sebutkan alat dan bahan pembuatan bioetanol.
5. Jelaskan proses pembuatan bioetanol.
6. Jelaskan tentang gasifikasi.
7. Jelaskan proses pembuatan biobriket.
8. Jelaskan tindakan efisiensi energi.
9. Apa pengertian audit energi rinci.
10. Sebutkan tindakan sederhana untuk efisiensi energi.

Praktek

1. Lakukan Audit Energi pada Bangunan Gedung dengan prosedur yang sederhana.
2. Lakukan praktek tindakan penghematan energi listrik sesuai dengan pengetahuan yang saudara ketahui.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W., Kuwahara, S., 2004, *“Teknik Tenaga Listrik”*, Pradnya Paramita, Jakarta.

BSN, 2000, *“Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000”*, Jakarta.

Hau, E., 2005, *“Wind Turbines”*, Springer, Berlin.

<http://energisurya.files.wordpress.com/2008/07>

<http://harisistanto.files.wordpress.com/2010/07>

<http://i.bp.blogspot.com/-2CefJiQorNAI>

<http://texbuk.blogspot.com/2012/02>

Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2011 Tentang Penghematan Energi dan Air

Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1991 Tentang Konservasi Energi Nasional.

Menet, J.L., Bourabaa, N., *“Increase In The Savonius Rotor Efficiency Via Parameter Investigation” France.*

Nelson, V., 2009, *“Wind Energy”*, CRC, USA

Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional

Sathyajith, W., 2006, "*Wind Energy*", Springer, Brunei Darusalam.

Twidell, J., Weir, T., "*Renewable Energy Resources*", London and Newyork.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi

GLOSARIUM

Alat penukar panas adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin.

Alkalinitas adalah besaran yang menunjukkan jumlah karbonat dalam larutan.

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan mengirimkan data kecepatan angin ke pengontrol.

Angin adalah udara yang bergerak di atas permukaan bumi, yang bertiup dari daerah yang bertekanan tinggi menuju daerah yang bertekanan rendah.

Asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana.

Biomass adalah *bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan.*

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika.

Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana.

Konservasi Energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Konservasi lingkungan yaitu upaya perlindungan dan pengelolaan yang hati-hati terhadap lingkungan, memperbaiki lingkungan yang karena faktor alam atau manusia kondisinya menjadi rusak, dan menanamkan kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan.

Penghematan energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi atau penggunaan energi yang optimal sesuai dengan kebutuhan sehingga akan menurunkan biaya energi yang dikeluarkan.

Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.

Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi.

Teknologi kogenerasi adalah sistem termal yang mampu membangkitkan listrik dan termal secara simultan dari satu pembangkit listrik.

