



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Pedagogik : Pengembangan Strategi Pembelajaran
Profesional : Pemeliharaan Penggerak Mula Sistem
Pembangkit Tenaga Listrik

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Penyusun :

Fivia Eliza, S.Pd., M.Pd
UNP Padang
fivia_eliza@yahoo.com
081266195725

Reviewer :

Dr. Hansi Effendi, ST., M.Kom
UNP Padang
hansieffendi@yahoo.com
08197541179

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK
MEDAN
2016**



KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru Teknik Pembangkit Tenaga Listrik merupakan petunjuk bagi guru di dalam mengikuti Pendidikan dan Pelatihan pasca Uji Kompetensi Guru (UKG). Modul ini disajikan untuk memberikan informasi tentang kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan modul ini, mudah-mudahan modul ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi bagi semua pihak yang terlibat dalam diklat PKB.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	2
C. Peta Kompetensi.....	3
D. Ruang Lingkup.....	5
E. Cara Penggunaan Modul.....	5
II. KEGIATAN PEMBELAJARAN	
Kegiatan Pembelajaran KB1	
Pendekatan Pembelajaran Saintifik, Strategi, Metoda, dan Teknik Pembelajaran	
A. Tujuan.....	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	7
C. Uraian Materi.....	7
Bahan Bacaan 1.....	7
Bahan Bacaan 2.....	14
Bahan Bacaan 3.....	22
D. Aktivitas Pembelajaran.....	27
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	29
F. Rangkuman.....	31
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	32
Lembar Kerja KB 1.....	34
Kegiatan Pembelajaran KB2	
Pemeliharaan Penggerak Mula dalam Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik	
A. Tujuan.....	38
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	38
C. Uraian Materi.....	38
Bahan Bacaan 1.....	38
Bahan Bacaan 2.....	41
Bahan Bacaan 3.....	70
D. Aktivitas Pembelajaran.....	76
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	79
F. Rangkuman.....	79
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	81

Lembar Kerja KB 2	82
Kegiatan Pembelajaran KB3	
Penginspeksian Penggerak Mula dalam Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik	
A. Tujuan	87
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	87
C. Uraian Materi.....	87
Bahan Bacaan 1	87
Bahan Bacaan 2	109
Bahan Bacaan 3	120
D. Aktivitas Pembelajaran.....	122
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	125
F. Rangkuman	125
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	126
Lembar Kerja KB 3	127
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	132
EVALUASI	137
III.PENUTUP	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143
GLOSARIUM	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pembelajaran Saintifik	10
Gambar 2. Proses Inkuiri	32
Gambar 3. Turbin Tekanan tinggi (HP)	65
Gambar 4. Turbin Tekanan rendah (LP)	66
Gambar 5. Kopling	66
Gambar 6. Outer Casing	67
Gambar 7. Journal bearing	68
Gambar 8. Thurst bearing	68
Gambar 9. Stator	68
Gambar 10. Memeriksa dan Menguji Instalasi Gardu Induk	88
Gambar 11. Memeriksa dan Menguji Instalasi Distribusi	88
Gambar 12. Memeriksa dan Menguji Performance	88
Gambar 13. Memeriksa Instalasi Gas Engine	88
Gambar 14. Memeriksa dan Menguji Performance Turbin	89
Gambar 15. Memeriksa dan Menguji Performance Generator	89
Gambar 16. Memeriksa dan Menguji Performance Switchgear	89
Gambar 17. Memeriksa Instalasi Steam Turbine	89
Gambar 18. Memeriksa Instalasi Generator	89
Gambar 19. Memeriksa dan Menguji Performace Transformer	90
Gambar 20. Memeriksa Intalasi Pengamanan Dari Bahaya Petir	90
Gambar 21. Memeriksa Perlengkapan Pengaman Kebakaran	90
Gambar 22. Memeriksa Instalasi Kontrol Panel	90
Gambar 23. Rotor dari turbin gas	110
Gambar 24. Diagram Alir	111
Gambar 25. Foto bagian sudu yang mengalami pengecilan	112
Gambar 26. Pengecilan di daerah ujung	112
Gambar 27. Deformasi creep pada sudu turbin	113
Gambar 28. Hasil uji EDAX material sudu	114
Gambar 29. Produk korosi yang terdapat pada srout	115
Gambar 30. Produk korosi pada sudu turbin	115
Gambar 31. Produk korosi pada sudu turbin	116
Gambar 32. Hasil uji EDXS produk korosi	116

Gambar 33. Struktur mikro produk korosi	117
Gambar 34. Permukaan patahan (fenomena patah getas)	118
Gambar 35. Struktur mikro sudu turbin	119

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sintak Pembelajaran Berdasarkan Masalah	18
Tabel 2. Tahap-tahap pembelajaran metode penemuan terbimbing	21

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidik adalah tenaga kependidikan yang berkualifikasi sebagai guru, dosen, konselor, pamong belajar, widyaiswara, tutor, instruktur, fasilitator, dan sebutan lain yang sesuai dengan kekhususannya, serta berpartisipasi dalam menyelenggarakan pendidikan. Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Uji Kompetensi Guru (UKG) dimaksudkan untuk memastikan bahwa guru telah memiliki standar minimal kompetensi profesional dan pedagogik. Hasil UKG digunakan juga sebagai penentu jenjang pelatihan yang harus diikuti oleh guru dalam rangka melaksanakan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB).

Pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai salah satu strategi pembinaan guru dan tenaga kependidikan diharapkan dapat menjamin guru dan tenaga kependidikan mampu secara terus menerus memelihara, meningkatkan, dan mengembangkan kompetensi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan PKB akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan.

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan diklat PKB dilaksanakan oleh PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Pedoman penyusunan modul diklat PKB bagi guru dan tenaga kependidikan ini merupakan acuan bagi penyelenggara pendidikan dan pelatihan dalam mengembangkan modul pelatihan yang diperlukan guru dalam melaksanakan kegiatan PKB.

B. Tujuan

Tujuan disusunnya modul diklat PKB ini adalah memberikan pemahaman bagi peserta diklat tentang konsep dasar dan penguasaan materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Secara khusus tujuan penyusunan modul ini adalah memberikan informasi awal tentang:

1. Menerapkan Berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu
2. Pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik
3. Penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik

C. Peta Kompetensi

Jenjang Sekolah : SMK

Program Keahlian/Mapel : Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Kompetensi Utama	Standar Kompetensi Guru		Indikator Pencapaian Kompetensi	Materi Modul
	Kompetensi Inti	Kompetensi Mapel		
Pedagogik	1. Menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik	2.2. Menerapkan Berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu	2.2.1 Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan 2.2.2 Berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning) dibedakan dengan tepat 2.2.3 Berbagai metoda dan teknik pembelajaran dijelaskan dengan benar 2.2.4 Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran	Pembelajaran <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pendekatan pembelajaran saintifik ▪ Strategi/model Pembelajaran ▪ Metoda dan teknik pembelajaran
Profesional	20. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu	20.13. Memelihara penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik	20.13.1 Menganalisis pemeliharaan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. 20.13.2 Merumuskan cara pemeliharaan penggerak mula (prime mover) yang digunakan dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. 20.13.3 Merealisasikan pemeliharaan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. 20.13.4 Membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.	Pemeliharaan Penggerak Mula (<i>Prime Mover</i>) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis Pemeliharaan ▪ Cara pemeliharaan ▪ Laporan Pemeliharaan

Kompetensi Utama	Standar Kompetensi Guru		Indikator Pencapaian Kompetensi	Materi Modul
	Kompetensi Inti	Kompetensi Mapel		
		20.14.Menginspeksi penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik	<p>20.14.1 Merencanakan cara penginspeksian penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.</p> <p>20.14.2 Merealisasikan cara penginspeksian penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.</p> <p>20.14.3 Menganalisa hasil penginspeksian penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.</p> <p>20.14.4 Membuat laporan penginspeksian penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.</p>	<p>Penginspeksian Penggerak Mula (<i>Prime Mover</i>) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perencanaan ▪ Analisis Hasil penginspeksian ▪ Laporan penginspeksian

D. Ruang Lingkup

Modul diklat PKB ini berisi rangkaian kegiatan pembelajaran selama mengikuti pendidikan dan pelatihan pasca Uji Kompetensi Guru (UKG), khususnya pendidikan dan pelatihan pada grade/ Level 2 untuk program keahlian Teknik Pembangkit Tenaga Listrik. Modul ini mencakup 2 kegiatan pembelajaran, yakni pedagogik dan profesional. Cakupan materi pedagogik meliputi : Pendekatan pembelajaran saintifik, Berbagai strategi/model pembelajaran (*Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning*), Berbagai metoda dan teknik pembelajaran. Cakupan materi profesional mencakup : Menganalisis pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Merumuskan cara pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) yang digunakan dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Merealisasikan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Merencanakan cara pengecekan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Merealisasikan cara pengecekan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Menganalisa hasil pengecekan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, Membuat laporan pengecekan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

E. Cara Penggunaan Modul

1. Petunjuk Bagi Peserta Diklat :

- a. Bacalah bahan ajar secara seksama pada setiap kegiatan belajar, bila ada uraian yang kurang jelas silakan bertanya pada instruktur.
- b. Kerjakan setiap latihan/tugas pada setiap kegiatan belajar, untuk mengetahui seberapa besar pemahaman saudara terhadap materi yang disampaikan, klarifikasi hasil jawaban saudara pada kunci jawaban yang ada.
- c. Lakukan latihan dengan cermat, teliti dan hati-hati. Jangan melakukan pekerjaan yang belum anda pahami dengan benar.

2. Petunjuk Bagi Guru/Istruktur

Instruktur bertindak sebagai fasilitator, motivator, organisator dan evaluator. Jadi instruktur berperan :

- a. Fasilitator yaitu menyediakan fasilitas berupa informasi, bahan, alat, training objek dan media yang cukup bagi siswa sehingga kompetensi tercapai.
- b. Motivator yaitu memotivasi peserta diklat untuk belajar dengan giat, dan mencapai kompetensi dengan sempurna.
- c. Organisator yaitu bersama peserta diklat menyusun kegiatan belajar dalam mempelajari bahan ajar, berlatih keterampilan, memanfaatkan fasilitas dan sumber lain untuk mendukung terpenuhinya kompetensi.
- d. Evaluator yaitu mengevaluasi kegiatan dan perkembangan kompetensi yang dicapai peserta diklat, sehingga dapat menentukan kegiatan selanjutnya.

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran KB1

Pendekatan Pembelajaran Saintifik, Strategi, Metoda, dan Teknik Pembelajaran

A. Tujuan

1. Mampu menerapkan pendekatan pembelajaran saintifik dalam pembelajaran
2. Menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik
3. Menjelaskan dan Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam pembelajaran

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan
2. Berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning) dibedakan dengan tepat
3. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran dijelaskan dengan benar
4. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1

1. Pendekatan Pembelajaran Saintifik

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, menginspirasi, menguatkan, dan melatari metode pembelajaran dengan cakupan teoretis tertentu.

Pendekatan pembelajaran adalah suatu rancangan /kebijaksanaan dlm memulai serta melaksanakan pengajaran suatu materi pembelajaran

yang memberi arah & corak pd metode pengajarannya. Fungsinya sebagai pedoman umum dan langsung bagi langkah-langkah metode pengajaran yg akan digunakan. Jenis pendekatan :

- Pendekatan Pembelajaran berpusat pada Dosen (Teacher Centered Approach)
- Pendekatan Pembelajaran berpusat pada Mahasiswa (Student Centered Approach)

Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah proses pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa agar peserta didik secara aktif mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan-tahapan mengamati (untuk mengidentifikasi atau menemukan masalah), merumuskan masalah, mengajukan atau merumuskan hipotesis, mengumpulkan data dengan berbagai teknik, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengomunikasikan konsep, hukum atau prinsip yang "ditemukan". Pendekatan saintifik dimaksudkan untuk memberikan pemahaman kepada peserta didik dalam mengenal, memahami berbagai materi menggunakan pendekatan ilmiah, bahwa informasi bisa berasal dari mana saja, kapan saja, tidak bergantung pada informasi searah dari guru. Oleh karena itu kondisi pembelajaran yang diharapkan tercipta diarahkan untuk mendorong peserta didik dalam mencari tahu dari berbagai sumber melalui observasi, dan bukan hanya diberi tahu.

Penerapan pendekatan saintifik dalam pembelajaran melibatkan keterampilan proses seperti mengamati, mengklasifikasi, mengukur, meramalkan, menjelaskan, dan menyimpulkan. Dalam melaksanakan proses-proses tersebut, bantuan guru diperlukan. Akan tetapi bantuan guru tersebut harus semakin berkurang dengan semakin bertambah dewasanya siswa atau semakin tingginya kelas siswa.

Metode saintifik sangat relevan dengan tiga teori belajar yaitu teori Bruner, teori Piaget, dan teori Vygotsky. Teori belajar Bruner disebut juga teori belajar penemuan. Ada empat hal pokok berkaitan dengan teori belajar Bruner (dalam Carin & Sund, 1975). *Pertama*, individu hanya belajar dan mengembangkan pikirannya apabila ia menggunakan

pikirannya. *Kedua*, dengan melakukan proses-proses kognitif dalam proses penemuan, siswa akan memperoleh sensasi dan kepuasan intelektual yang merupakan suatu penghargaan intrinsik. *Ketiga*, satu-satunya cara agar seseorang dapat mempelajari teknik-teknik dalam melakukan penemuan adalah ia memiliki kesempatan untuk melakukan penemuan. *Keempat*, dengan melakukan penemuan maka akan memperkuat retensi ingatan. Empat hal di atas adalah bersesuaian dengan proses kognitif yang diperlukan dalam pembelajaran menggunakan metode saintifik.

Teori Piaget menyatakan bahwa belajar berkaitan dengan pembentukan dan perkembangan skema (jamak skemata). Skema adalah suatu struktur mental atau struktur kognitif yang dengannya seseorang secara intelektual beradaptasi dan mengkoordinasi lingkungan sekitarnya (Baldwin, 1967). Skema tidak pernah berhenti berubah, skemata seorang anak akan berkembang menjadi skemata orang dewasa. Proses yang menyebabkan terjadinya perubahan skemata disebut dengan adaptasi. Proses terbentuknya adaptasi ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu asimilasi dan akomodasi. Asimilasi merupakan proses kognitif yang dengannya seseorang mengintegrasikan stimulus yang dapat berupa persepsi, konsep, hukum, prinsip ataupun pengalaman baru ke dalam skema yang sudah ada didalam pikirannya. Akomodasi dapat berupa pembentukan skema baru yang dapat cocok dengan ciri-ciri rangsangan yang ada atau memodifikasi skema yang telah ada sehingga cocok dengan ciri-ciri stimulus yang ada. Dalam pembelajaran diperlukan adanya penyeimbangan atau ekuilibrasi antara asimilasi dan akomodasi.

Vygotsky, dalam teorinya menyatakan bahwa pembelajaran terjadi apabila peserta didik bekerja atau belajar menangani tugas-tugas yang belum dipelajari namun tugas-tugas itu masih berada dalam jangkauan kemampuan atau tugas itu berada dalam *zone of proximal development* daerah terletak antara tingkat perkembangan anak saat ini yang didefinisikan sebagai kemampuan pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa atau teman sebaya yang lebih mampu.

Pembelajaran dengan metode saintifik memiliki karakteristik sebagai berikut:

- berpusat pada siswa.
- melibatkan keterampilan proses sains dalam mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip
- melibatkan proses-proses kognitif yang potensial dalam merangsang perkembangan intelek, khususnya keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.
- dapat mengembangkan karakter siswa.

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.



Gambar 1. Pembelajaran Saintifik

Kurikulum 2013 mengembangkan sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan peserta didik. Prinsip-prinsip kegiatan pembelajaran dengan pendekatan saintifik kurikulum 2013, yakni :

- a. peserta didik difasilitasi untuk mencari tahu;
- b. peserta didik belajar dari berbagai sumber belajar;
- c. proses pembelajaran menggunakan pendekatan ilmiah;
- d. pembelajaran berbasis kompetensi;
- e. pembelajaran terpadu;
- f. pembelajaran yang menekankan pada jawaban divergen yang memiliki kebenaran multi dimensi;
- g. pembelajaran berbasis keterampilan aplikatif;
- h. peningkatan keseimbangan, kesinambungan, dan keterkaitan antara *hard-skills* dan *soft-skills*;
- i. pembelajaran yang mengutamakan pembudayaan dan pemberdayaan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat;
- j. 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);
- k. pembelajaran yang berlangsung di rumah, di sekolah, dan di masyarakat;
- l. pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran;
- m. pengakuan atas perbedaan individual dan latar belakang budaya peserta didik; dan
- n. suasana belajar menyenangkan dan menantang.

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

- a. **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.

- b. **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.
- c. **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.
- d. **Mengasosiasikan/mengolah informasi:** SISWA mengolah informasi yang sudah dikumpulkan baik terbatas dari hasil kegiatan mengumpulkan/eksperimen mau pun 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.
- e. **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.
- f. **(Dapat dilanjutkan dengan) Mencipta:** SISWA menginovasi, mencipta, mendisain model, rancangan, produk (karya) berdasarkan pengetahuan yang dipelajari.

2. Proses Pembelajaran

Pembelajaran merupakan suatu proses belajar yang dilakukan oleh siswa dan guru. Untuk mencapai proses pembelajaran yang baik hendaknya siswa dapat terlibat aktif dalam proses pelaksanaan pembelajaran dikelas. Pembelajaran pada satuan pendidikan juga harus

diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, agar tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan baik sesuai dengan yang diinginkan. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Sardiman (2004:21) bahwa “didalam proses pembelajaran, guru sebagai pengajar dan siswa sebagai subjek belajar, dituntut adanya profil kualifikasi tertentu dalam hal pengetahuan, sikap dan nilai serta sifat-sifat pribadi, agar proses itu dapat berlangsung secara efektif dan efisien”. Sama halnya dengan pendapat Wena (2011:137), menyatakan bahwa “proses pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang dan memotivasi para siswa untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis para siswa”.

3. Pengertian Hasil Belajar

Belajar adalah suatu proses perubahan tingkah laku individu yang terjadi akibat interaksi dengan lingkungan yaitu perubahan pengetahuan, tingkah laku, dan keterampilan setelah mengalami proses belajar. Hasil belajar merupakan acuan dalam menentukan kemampuan siswa dari ranah kognitif, ranah psikomotor dan ranah afektif. Menurut Sudjana(2009:23) “hasil belajar adalah kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa setelah ia menerima pengalaman belajarnya”. Tingkat kemampuan siswa dalam proses belajar mengajar dapat dilihat dari hasil belajarnya.

Sedangkan Menurut Benyamin Bloom dalam Sudjana (2009:22) mengatakan penilaian hasil belajar mencakup:

- a. Ranah kognitif, berkenaan dengan hasil belajar intelektual yang terdiri dari enam aspek, yakni pengetahuan atau ingatan, pemahaman, aplikasi, analisis, sintesis, dan evaluasi.
- b. Ranah afektif, berkenaan dengan sikap yang terdiri dari lima aspek, yakni penerimaan, jawaban atau reaksi, penilaian, organisasi dan internalisasi.
- c. Ranah psikomotorik, berkenaan dengan hasil belajar, keterampilan dan kemampuan bertindak.

4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hasil Belajar

Menurut Arikunto (2010:5), “Unsur-unsur yang berfungsi sebagai faktor penentu dalam kegiatan belajar antara lain siswa, guru, bahan pelajaran, metode mengajar dan sistem evaluasi, sarana penunjang dan sistem administrasi”. Sedangkan Sudjana (2009:30) berpendapat, “hasil belajar yang dicapai siswa dipengaruhi oleh dua faktor utama yakni faktor dari dalam diri siswa itu sendiri dan faktor yang datang dari luar diri siswa atau faktor lingkungan”.

Bahan Bacaan 2

1. Strategi/ Model Pembelajaran

Strategi Pembelajaran merupakan suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Dalam strategi pembelajaran terkandung makna perencanaan, artinya bahwa strategi pada dasarnya masih bersifat konseptual tentang keputusan-keputusan yang akan diambil dalam suatu pelaksanaan pembelajaran.

Ciri model pembelajaran yang baik :

- Adanya keterlibatan intelektual – emosional peserta didik melalui kegiatan mengalami, menganalisis, berbuat, dan pembentukan sikap
- Adanya keikutsertaan peserta didik secara aktif dan kreatif selama pelaksanaan model pembelajaran
- Dosen bertindak sebagai fasilitator, koordinator, mediator dan motivator dalam kegiatan belajar
- Penggunaan berbagai metode, alat dan media pembelajaran

2. Memilih Strategi Pembelajaran

Dalam memilih strategi pembelajaran yang tepat bisa dilakukan melalui tahapan dan mempertimbangkan hal-hal berikut.

a. Analisis karakteristik Peserta Didik

Langkah awal untuk memilih strategi pembelajaran adalah analisis karakteristik peserta didik yang meliputi: tingkat keberagaman

pengetahuan peserta didik, lingkungan pendukung (orang tua, masyarakat, dan sekolah), dan kondisi melek teknologi.

b. Analisis SK/KD

Analisis SK/KD digunakan untuk menentukan tipe pengetahuan yang diharapkan, tujuan pembelajaran yang diharapkan, dan aspek yang ditekankan. Tipe pengetahuan yang ditetapkan untuk pengetahuan prosedural atau pengetahuan konseptual. Tujuan yang diharapkan untuk pemahaman konsep, meningkatkan keterampilan kejuruan, membentuk interpersonal atau untuk membentuk berpikir kreatif siswa. Aspek yang ditekankan, penguasaan materi pembelajaran; penanaman konsep, aplikasi atau pemecahan masalah. Penekanan yang berbeda tentunya akan membedakan strategi pembelajaran yang harus dipilih. Karena itu ketajaman dalam menganalisis SK dan KD sangat penting untuk merumuskan pembelajaran yang tepat.

c. Analisis Materi Prasyarat

Dalam menentukan langkah-langkah pembelajaran harus mempertimbangkan materi yang sudah pernah didapatkan atau dikuasai oleh siswa. Dalam hal ini bisa dilihat pada SK dan KD yang berkaitan dengan yang sedang dirancang pembelajarannya. Apabila sudah ada KD yang mendukung (prasyarat) bagi KD yang akan disampaikan, maka langkah-langkah pembelajaran yang digunakan bisa diawali dari pemecahan masalah KD prasyarat tersebut. Namun apabila belum ada KD mendukung, maka strategi pembelajaran diawali dengan pengenalan konsep. Karena itu analisis terhadap KD yang terkait sangat penting untuk menentukan strategi pembelajaran yang tepat.

d. Identifikasi Sumber Belajar yang tersedia

Dalam menentukan strategi pembelajaran, juga harus mengidentifikasi sumber belajar atau media pembelajaran yang tersedia. Strategi pembelajaran yang menuntut siswa untuk praktik, tentunya harus ada sumber belajar yang digunakan untuk praktik. Strategi pembelajaran yang menuntut siswa untuk browsing internet, tentunya harus ada fasilitas internet. Karena itu ketersediaan sumber belajar harus dijadikan pertimbangan dalam menyusun strategi pembelajaran.

3. Strategi/ Model Pembelajaran Problem Based Learning

Pembelajaran yang didasari oleh dorongan penyelesaian masalah belajar merupakan pemahaman dari proses kerja sebagai bagian dari pemahaman atau pemecahan masalah. PBL adalah pembelajaran yang didasari oleh dorongan penyelesaian masalah "...*the learning which result from the process of working towards the understanding of, or resolution of, a problem.*" (Barrows & Tamblyn, 1980)

Prinsip dasar :

- Pembelajaran berangkat dari adanya masalah (soal, pertanyaan, dsb) yang perlu diselesaikan
- Masalah yang dihadapi akan merangsang siswa untuk mencari solusinya; siswa mencari/membentuk pengetahuan baru untuk menyelesaikan masalah.

Tujuan :

- Mendorong siswa untuk terlibat secara aktif dalam proses belajar
- Menilai sejauh mana pemahaman siswa tentang materi yang dipelajari

Kompetensi yang dikembangkan :

- Beradaptasi dan berpartisipasi dlm perubahan
- Mengenali dan memahami masalah dan mampu membuat keputusan yg beralasan dlm situasi baru
- Menalar secara kritis dan kreatif

Mengadopsi pendekatan yg lebih universal atau menyeluruh

- Mempraktekkan empati dan menghargai sudut pandang orang lain
- Berkolaborasi secara produktif dalam kelompok
- Menemukenali kekuatan dan kelemahan diri sendiri serta menemukan cara utk mengatasi kelemahan diri; *self-directed learning*.

Karakteristik Model Pembelajaran Berbasis Masalah

Model pembelajaran berbasis masalah mempunyai karakteristik tertentu. Menurut Made (2011: 91), karakteristik model pembelajaran berbasis masalah adalah sebagai berikut:

- 1) Belajar dimulai dari suatu permasalahan.

- 2) Permasalahan yang diberikan harus berhubungan dengan dunia nyata siswa.
- 3) Mengorganisasikan pembelajaran di sekitar permasalahan.
- 4) Memberikan tanggung jawab yang besar dalam membentuk dan menjalankan secara langsung proses belajar mereka sendiri.
- 5) Menuntut siswa untuk mendemonstrasikan apa yang dipelajarinya dalam bentuk kinerja.

Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran Berbasis Masalah

Pembelajaran berbasis masalah tidak dirancang untuk membantu guru memberikan informasi sebanyak-banyaknya kepada siswa. Menurut Trianto (2009: 97) menyatakan bahwa “Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM) dikembangkan untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir, pemecahan masalah, dan keterampilan intelektual, peran orang dewasa melalui pelibatan mereka dalam pengalaman nyata, dan pelajar yang mandiri”. Model PBM ini memiliki keunggulan dan kelemahan yang harus diperhatikan oleh seorang guru, sehingga pembelajaran dapat terlaksana secara efektif dan efisien. Menurut Trianto (2009: 96), keunggulan model PBM yaitu:

- 1) Realistis dengan kehidupan siswa.
- 2) Konsep sesuai dengan kebutuhan siswa.
- 3) Memupuk sifat inquiri siswa.
- 4) Retensi konsep jadi kuat.
- 5) Memupuk kemampuan Problem Solving.

Selain kelebihan tersebut, PBM memiliki beberapa kekurangan antara lain:

- 1) Persiapan pembelajaran yang kompleks.
- 2) Sulitnya mencari problem yang relevan.
- 3) Sering terjadi perbedaan konsep.

- 4) Konsumsi waktu, dimana model ini memerlukan waktu yang cukup dalam proses penyelidikan. Sehingga terkadang banyak waktu yang tersita untuk proses tersebut.

Langkah-Langkah Model Pembelajaran Berbasis Masalah.

Ada beberapa tahapan dalam menerapkan model pembelajaran berbasis masalah dalam pembelajaran. Secara umum penerapan model ini dimulai dengan adanya masalah yang harus dipecahkan atau dicari penyelesaiannya oleh siswa. Masalah tersebut dapat berawal dari siswa atau dapat juga diberikan guru. Siswa akan memusatkan pembelajaran disekitar masalah tersebut melalui langkah-langkah metode ilmiah. Wina (2012: 218) menjelaskan langkah-langkah model Pembelajaran Berbasis Masalah antara lain:

- 1) Menyadari masalah, dimulai dengan kesadaran adanya masalah yang harus dipecahkan.
- 2) Merumuskan masalah, topik masalah difokuskan pada masalah apa yang pantas dikaji.
- 3) Merumuskan hipotesis, dengan menentukan sebab akibat dari masalah yang ingin diselesaikan.
- 4) Mengumpulkan data.
- 5) Menentukan pilihan penyelesaian.

Pembelajaran Berdasarkan Masalah (PBM) ini terdiri dari lima langkah utama. Kelima langkah tersebut digambarkan Tabel 2 berikut:

Tabel 1. Sintak Pembelajaran Berdasarkan Masalah

Fase atau Tahap	Perilaku Guru
Fase 1: Mengorientasikan siswa kepada masalah	Guru menginformasikan tujuan-tujuan pembelajaran, mendeskripsikan kebutuhan logistik dan memotivasi siswa agar terlibat dalam kegiatan pemecahan masalah.
Fase 2: Mengorganisasikan siswa untuk belajar	Guru membantu menentukan dan mengatur tugas-tugas belajar yang berhubungan dengan masalah mengenai bahasan pelajaran.
Fase 3: Membantu penyelidikan mandiri dan kelompok	Guru mendorong siswa mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen, mencari penjelasan, dan solusi.

Fase 4: Mengajikan hasil karya serta memamerkannya	Guru membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan hasil karya yang sesuai seperti laporan, rekaman video, dan model.
Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru membantu siswa melakukan refleksi atas penyelidikan dan proses-proses yang mereka gunakan.

Tujuan Pembelajaran dan Hasil Belajar Pembelajaran Berbasis Masalah

Muhammad Nur (2011: 5), menyatakan tujuan model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM) adalah:

“Pembelajaran Berbasis Masalah tidak dirancang untuk membantu guru memberikan informasi sebanyak-banyaknya kepada peserta didik”. Pembelajaran Berbasis Masalah dikembangkan terutama untuk membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir, pemecahan masalah, dan keterampilan intelektual, belajar tentang berbagai peran orang dewasa melalui pelibatan mereka dalam pengalaman nyata atau simulasi, dan menjadi pembelajar yang otonom dan mandiri”.

Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan, adapun tujuan model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM) adalah sebagai berikut:

- 1) Berpikir adalah proses yang melibatkan operasi mental seperti induksi, deduksi, klasifikasi, dan pelanaran.
- 2) Berpikir adalah proses secara simbolik yang menyatakan objek nyata dan kejadian-kejadian dan penggunaan pernyataan simbolik itu untuk menemukan prinsip-prinsip esensial tentang objek dan kejadian itu. Masalah simbolik seperti itu biasanya berbeda dengan operasi mental yang didasarkan pada tingkat kongkret dari fakta dan kasus.
- 3) Berpikir adalah kemampuan untuk menganalisis, mengkritik, dan mencapai kesimpulan berdasarkan pada inferensi atau pertimbangan yang seksama.

4. Discovery Learning (Penemuan Terbimbing)

a. Pengertian Metode Penemuan Terbimbing

Menurut Muslimin Ibrahim (2000:10), Model penemuan terbimbing menempatkan guru sebagai fasilitator. Guru membimbing siswa dimana ia diperlukan. Dalam model ini, siswa didorong untuk berpikir sendiri, menganalisis sendiri sehingga dapat "menemukan" prinsip umum berdasarkan bahan atau data yang telah disediakan guru. Menurut Jamil (2013:245), Model penemuan terbimbing atau terpimpin adalah model pembelajaran penemuan yang dalam pelaksanaannya dilakukan oleh siswa berdasarkan petunjuk-petunjuk guru. Petunjuk diberikan pada umumnya berbentuk pertanyaan membimbing.

b. Ciri-Ciri Metode Penemuan Terbimbing

Menurut Jamil (2013:249), Pembelajaran dengan penemuan, siswa didorong untuk belajar sebagian besar melalui keterlibatan aktif untuk menemukan konsep-konsep dan prinsip-prinsip. Selain itu, dalam pembelajaran penemuan siswa juga belajar pemecahan masalah secara mandiri dan keterampilan berfikir, karena mereka harus menganalisis dan memanipulasi informasi. Namun dalam proses penemuan ini siswa mendapat bantuan atau bimbingan dari guru agar mereka lebih terarah sehingga pelaksanaan dan tujuan pembelajaran dapat dicapai dengan baik. Bimbingan guru yang dimaksud adalah memberikan bantuan kepada siswa agar dapat memahami tujuan kegiatan yang dilakukan dan berupa arahan tentang prosedur kerja yang perlu dilakukan dalam kegiatan pembelajaran.

c. Langkah-langkah Metode Penemuan Terbimbing

Tahap-tahap pembelajaran metode penemuan terbimbing menurut Jamil (2013:248) yaitu:

Tabel 2. Tahap-tahap pembelajaran metode penemuan terbimbing.

No	Tahap-Tahap	Kegiatan Guru
1	Menjelaskan / mempersiapkan siswa	Menyampaikan tujuan pembelajaran, memotivasi siswa dengan mendorong siswa untuk terlibat dalam kegiatan
2	Orientasi siswa pada masalah	Menjelaskan masalah sederhana yang berkenaan dengan materi pembelajaran
3	Merumuskan hipotesis	Membimbing siswa melakukan hipotesis sesuai permasalahan yang dikemukakan
4	Melakukan kegiatan penemuan	Membimbing siswa melakukan kegiatan penemuan dengan mengarahkan siswa untuk memperoleh informasi yang diperlukan
5	Mempresentasikan hasil kegiatan penemuan	Membimbing siswa dalam menyajikan hasil kegiatan penemuan, merumuskan kesimpulan/menemukan konsep
6	Mengevaluasi kegiatan penemuan	Mengevaluasi langkah-langkah kegiatan yang telah dilakukan

5. Inquiry Learning

Menurut W. Gulo (2002:84) Metode inkuiri berarti suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, logis, analitis, sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri. Sasaran utama kegiatan mengajar pada strategi ini ialah (a) Keterlibatan siswa secara maksimal dalam proses kegiatan belajar, (b) Keterarahan kegiatan secara logis dan sistematis pada tujuan pengajaran, (c) Mengembangkan sikap percaya diri pada diri sendiri (*self belief*) pada diri siswa tentang apa yang ditemukan dalam proses inkuiri.

Kemampuan-kemampuan yang dituntut pada setiap tahap dalam proses inkuiri itu adalah :

- a. Merumuskan masalah

Adapun kemampuan yang dituntut dalam tahap ini adalah kesadaran terhadap masalah, melihat pentingnya masalah, dan merumuskan masalah.

b. Merumuskan hipotesis

Adapun kemampuan yang dituntut dalam tahap ini adalah menguji dan menggolongkan jenis data yang dapat diperoleh, melihat dan merumuskan hubungan yang ada secara logis, dan merumuskan hipotesis.

c. Mengumpulkan bukti

Adapun kemampuan yang dituntut dalam tahap ini adalah merakit peristiwa (mengidentifikasi peristiwa yang dibutuhkan, mengumpulkan data, dan mengevaluasi data).

d. Menguji hipotesis

Adapun kemampuan yang dituntut dalam tahap ini adalah menyusun data (menstranslasikan data, menginterpretasikan data, dan mengklasifikasikan), dan analisis data (melihat hubungan, mencatat persamaan dan perbedaan, dan mengidentifikasi tren, sekuensi dan keteraturan).

e. Menarik kesimpulan sementara

Adapun kemampuan yang dituntut dalam tahap ini adalah mencari pola dan makna hubungan, dan merumuskan kesimpulan.

Bahan Bacaan 3

1. Metode Pembelajaran

a. Pengertian metode pembelajaran

Menurut Uno (2011:65) “metode pembelajaran merupakan cara-cara yang digunakan pengajar atau instruktur untuk menyajikan informasi atau pengalaman baru, menggali pengalaman peserta belajar, menampilkan unjuk kerja peserta belajar dan lain-lain”.Amien (1998:187) mengemukakan, “metode mengajar adalah cara yang digunakan guru dalam mengajarkan satuan atau unit materi pelajaran dengan memusatkan pada keseluruhan proses atau situasi belajar untuk mencapai tujuan”.

b. Kriteria pemilihan metode pembelajaran

Bahan pelajaran yang disampaikan tanpa memperhatikan pemakaian metode justru akan mempersulit bagi guru dalam mencapai tujuan pengajaran. Pengalaman membuktikan bahwa kegagalan pengajaran salah satunya disebabkan oleh pemilihan metode yang kurang tepat. Kelas yang kurang bergairah dan kondisi para siswa yang kurang kreatif dikarenakan penentuan metode yang kurang sesuai dengan sifat bahan dan tidak sesuai dengan tujuan pengajaran.

Menurut Uno (2010:6) ada tiga prinsip yang perlu dipertimbangkan dalam upaya menetapkan metode pembelajaran. ketiga prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Tidak ada satu metode pembelajaran yang unggul untuk semua tujuan dalam semua kondisi.
- 2) metode (strategi) pembelajaran yang berbeda memiliki pengaruh yang berbeda dan konsisten pada hasil pembelajaran.
- 3) kondisi pembelajaran bisa memiliki pengaruh yang konsisten pada hasil pengajaran.

Metode Pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Contoh : ceramah, demonstrasi, diskusi, simulasi, laboratorium, brainstorming, debat, seminar, bermain peran (*role play*), studi kasus, dan sebagainya.

1) Metode Ceramah

- Merupakan metode pembelajaran yang memberikan informasi pada sejumlah siswa pada suatu kesempatan.
- Kekuatan : dapat mencakup banyak siswa, tidak banyak memerlukan peralatan serta penyaji dapat tepat waktu.
- Kelemahannya : tidak mendorong seseorang untuk mengingat semua materi, partisipasi siswa terbatas, penilaian terbatas pada kemampuan siswa dan tidak ada keseimbangan berpikir antara guru-siswa.

2) Metode Demonstrasi

- Merupakan pembelajaran seorang guru yang memperlihatkan suatu proses.
- Kekuatan : lebih menimbulkan minat, dapat menjelaskan prinsip-prinsip dan prosedur yang masih belum jelas serta belum dipahami untuk keterampilan tertentu.
- Kelemahan : memerlukan waktu persiapan yang agak lama, peralatan mahal dan sering dilakukan oleh kelompok terbatas.

3) Metode Diskusi

- Merupakan ajang bertukar pikiran diantara sejumlah orang dalam membahas masalah tertentu yang dilaksanakan secara teratur, dan bertujuan untuk memecahkan masalah secara bersama.
- Kekuatan : siswa dapat berpartisipasi aktif dalam pembelajaran, mengembangkan tanggungjawab, mengembangkan rasa percaya diri, ide berkembang, terbuka, terarah, memperoleh banyak informasi.
- Kelemahan : memerlukan banyak waktu, perlu persiapan yang matang serta perlu waktu untuk siswa yang bersifat pemalu dan otokratif.

4) Metode Simulasi

- Metode pembelajaran yang memberi kesempatan kepada siswa untuk menirukan suatu kegiatan atau pekerjaan dalam kehidupan sehari-hari.
- Kekuatan : bersifat menyenangkan, dapat mengembangkan kreativitas siswa, kegiatan dilakukan tanpa memerlukan lingkungan sebenarnya, menimbulkan interaksi antar siswa, serta menumbuhkan cara berpikir kritis.
- Kelemahan : siswa harus siap mental, lebih mementingkan proses pengertian, tidak memberi kesempatan untuk berpikir kreatif.

5) Metode Laboratorium

- Metode pembelajaran yang memberi kesempatan kepada siswa untuk mempraktekkan konsep pelajaran yang telah diterima.

- Kekuatan : dapat mengembangkan kreativitas siswa, menimbulkan interaksi antar siswa, serta menumbuhkan cara berpikir kritis.
- Kelemahan : membutuhkan waktu lama, tidak semua hal dapat dipraktekkan.

6) Metode Brainstorming

- Metode ini digunakan dalam pemecahan masalah, setiap anggota kelompok mengusulkan dengan cepat kemungkinan pemecahan yang terpikirkan.
- Kekuatan : dapat memunculkan pendapat baru, merangsang semua anggota mengambil bagian, tidak menyita waktu, hanya sedikit pengalaman yang diperlukan.
- Kelemahan : mudah lepas dari kontrol, harus ada evaluasi, dan anggota cenderung mengadakan evaluasi setelah satu pendapat diajukan.

7) Metode Debat

- Merupakan metode pembelajaran yang memilih dan menyusun materi ajar menjadi suatu paket pro dan kontra.
- Kekuatan : dapat mengembangkan kemampuan akademik siswa dan merangsang kemampuan siswa untuk mengeluarkan pendapat sesuai dengan posisinya dalam kelompok debat.
- Kelemahan : tidak semua siswa dapat terlibat langsung, kurang efektif.

Langkah-langkah :

- Guru membagi 2 kelompok peserta debat yang satu pro dan yang lainnya kontra
- Guru memberikan tugas untuk membaca materi yang akan didebatkan oleh kedua kelompok diatas
- Setelah selesai membaca materi, Guru menunjuk salah satu anggota kelompok pro untuk berbicara saat itu, kemudian ditanggapi oleh kelompok kontra. Demikian seterusnya sampai sebagian besar siswa bisa mengemukakan pendapatnya.

- Sementara siswa menyampaikan gagasannya, guru menulis inti/ide-ide dari setiap pembicaraan sampai mendapatkan sejumlah ide diharapkan.
- Guru menambahkan konsep/ide yang belum terungkap
- Dari data-data yang diungkapkan tersebut, guru mengajak siswa membuat kesimpulan/rangkuman yang mengacu pada topik yang ingin dicapai.

8) Metode Seminar

- Metode belajar mengajar yang melibatkan sekelompok orang yang mempunyai pengetahuan yang mendalam tentang suatu hal.
- Kekuatan : melatih menumbuhkan sikap positif siswa, memperkaya pengetahuan siswa serta memberi kesempatan siswa untuk saling berinteraksi.
- Kelemahan : memakan waktu lama dan bila siswa belum kondusif maka seminar tidak berjalan efektif.

9) Metode Bermain peran (*role play*)

- Merupakan metode yang menetapkan seseorang pada situasi tertentu, seolah-olah menggambarkan situasi sebenarnya melalui penokohan, pengekspresian sikap, dan tindakan-tindakan.
- Kekuatan : dapat mendorong keterlibatan lebih mendalam dan memusatkan perhatian pada aspek yang dikehendaki.
- Kelemahan : keengganan melakukan peran, tidak menghayati, kurang realistis, dianggap dialog biasa.

Langkah-langkah :

- Guru menyusun/menyiapkan skenario yang akan ditampilkan
- Menunjuk beberapa siswa untuk mempelajari skenario dalam waktu beberapa hari sebelum KBM
- Guru membentuk kelompok siswa yang anggotanya 5 orang
- Memberikan penjelasan tentang kompetensi yang ingin dicapai
- Memanggil para siswa yang sudah ditunjuk untuk melakonkan skenario yang sudah dipersiapkan
- Masing-masing siswa berada di kelompoknya sambil mengamati skenario yang sedang diperagakan

- Setelah selesai ditampilkan, masing-masing siswa diberikan lembar v kerja untuk membahas penampilan masing-masing kelompok.
- Masing-masing kelompok menyampaikan hasil kesimpulannya
- Guru memberikan kesimpulan secara umum
- Evaluasi
- Penutup

10) Metode Studi kasus

- Metode ini bertujuan untuk menggambarkan penerapan konsep dan teknik analisis dalam proses pemecahan masalah dan pengambilan keputusan.
- Kekuatan : dapat memberikan wawasan yang luas, pertukaran pendapat, membuka kesiapan mental serta menemukan beberapa alternatif.
- Kelemahan : sulit mengukur sikap dan perilaku, hambatan waktu, dapat menimbulkan frustrasi bagi siswa yang tidak punya ide pemecahan masalah.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pendekatan pembelajaran dan metode pembelajaran? Sebutkan!
2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh guru kejuruan bahwa dia 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 dengan mendiskusikan hal-hal berikut ini :

Aktivitas 1. Mendiskusikan cara-cara menerapkan pendekatan pembelajaran saintifik sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan

Saudara diminta untuk menuliskan analisis penerapan pendekatan pembelajaran saintifik sesuai dengan kondisi yang ada.

Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang kondisi penerapan pendekatan pembelajaran saintifik. Apa yang Saudara temukan setelah kegiatan analisis tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya isilah titik-titik pada LK-02 dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa perlu pendekatan pembelajaran? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk melakukan pendekatan pembelajaran pada siswa SMK?
2. Menurut Saudara apakah pendekatan pembelajaran saintifik memerlukan perhatian ekstra?
3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi siswa yang mempunyai kemampuan penguasaan materi yang kurang?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1.

Aktivitas 2. Mendiskusikan Berbagai Strategi/Model Pembelajaran

Setelah Saudara menuliskan analisis pada aktivitas 2, maka pada aktivitas 3 ini Saudara akan mendiskusikan berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning) sesuai

dengan kondisi yang ada. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Mengapa guru perlu menguasai berbagai strategi/model pembelajaran ?
Tuliskan!, apa saja yang perlu dilakukan untuk memilih strategi/model pembelajaran?
2. Apakah menurut Saudara Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning cocok digunakan pada mata pelajaran kejuruan?
3. Apakah menurut Saudara Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning merupakan strategi/model pembelajaran memiliki kesamaan tujuan?
4. Apakah menurut Saudara Problem based learning lebih baik dibandingkan dengan Discovery Learning dan Inquiry Learning, atau sebaliknya?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan LK-03

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 2.

Aktivitas 3. Mendiskusikan Metode dan Teknik Pembelajaran

Setelah Saudara menuliskan analisis pada aktivitas 2, maka pada aktivitas 3 ini Saudara akan mendiskusikan metode dan teknik pembelajaran sesuai dengan kondisi yang ada di lingkungan anda. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Mengapa guru perlu mengetahui dan menguasai metode dan teknik pembelajaran? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk meningkatkan pengetahuan dan penguasaan tentang metode dan teknik pembelajaran?
2. Apakah menurut Saudara metode dan teknik pembelajaran yang dipilih oleh guru akan mempengaruhi hasil belajar dan sikap siswa?
3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan untuk memilih metode dan teknik pembelajaran ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan LK-04

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 3.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

1. Di bawah ini tujuan dari pembelajaran berbasis masalah kecuali :
 - a. Meningkatkan kemampuan intelektual
 - b. Memahami peran orang dewasa
 - c. Meningkatkan kemampuan berfikir holistic
 - d. Membantu siswa untuk menjadi pelajar yang mandiri
2. Hasil analisis kekuatan dan kelemahan pembelajaran yang telah dilaksanakan dapat digunakan guru untuk :
 - a. mempertahankan kebiasaan mengajar karena sudah lama dan banyak pengalaman
 - b. mengusulkan penyediaan media pembelajaran yang canggih untuk meningkatkan pembelajaran
 - c. merancang ulang rancangan pembelajaran yang berdasarkan analisis terbukti memiliki kelemahan
 - d. melakukan latihan tambahan berupa test untuk para siswa
3. Upaya merancang pengayaan bagi peserta didik yang mencapai ketuntasan belajar optimal tampak dalam kegiatan guru sebagai berikut:
 - a. memberikan tambahan materi berupa sumber ajar dari pengarang yang berbeda
 - b. memberikan test tambahan dengan tingkat kesukaran lebih tinggi
 - c. memberian tambahan sumber bacaan yang lebih mendalam dan tingkat variasi yang tinggi berikut instrumen testnya yang sesuai
 - d. diberikan materi bahan ajar yang lebih tinggi tingkatannya dan mengerjakan soal-soal yang memiliki kesulitan tinggi
4. Dasar rancangan program remedial bagi peserta didik yang capaian prestasinya di bawah ketuntasan belajar
 - a. proses pengajaran remedial pada dasarnya adalah proses belajar mengajar biasa
 - b. tujuan pengajaran remedial adalah sama dengan test diagnostic

- c. sasaran terpenting pengajaran remedial adalah peningkatan kecerdasan siswa
 - d. strategi yang dipilih hanya berbentuk test ulang
5. Salah satu prinsip merancang program remedial bagi peserta didik tampak dalam kegiatan guru
- a. membuat rancangan pembelajaran khusus untuk siswa peserta remedial
 - b. menggunakan rancangan pembelajaran yang telah dibuat dengan memperhatikan hasil temuan analisis evaluasi belajar siswa
 - c. menggunakan rancangan pembelajaran baru yang berbeda sama sekali dengan rancangan yang ada.
 - d. merancang test ulang saja tanpa ada pengulangan penjelasan materi
6. Upaya guru menggunakan hasil analisis untuk menentukan ketuntasan belajar antara lain sebagai berikut...
- a. menentukan kriteria keberhasilan belajar
 - b. mengklasifikasi siswa berdasarkan hasil capaian belajarnya
 - c. mencari letak kelemahan secara umum dilihat dari kriteria keberhasilan yang diharapkan
 - d. merencanakan pengajaran remedial
7. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut :
- a. Mendata siswa yang memiliki kecerdasan (IQ) tinggi
 - b. Menganaalisis soal yang paling banyak salah dan pling banyak benar dijawab siswa
 - c. Menganalisis latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya orang tua mereka
 - d. Mengevaluasi sistem PBM secara menyeluruh berdasarkan atas dasar analisis penilaian belajar
- Pernyataan di atas yang merupakan langkah guru menginterpretasi hasil analisis evaluasi hasil belajar adalah...
- a. 1 dan 2
 - b. 1 dan 3
 - c. 2 dan 4
 - d. 3 dan 4

8. Media pembelajaran dalam sistem komunikasi merupakan komponen :
 - a. Sumber
 - b. Tidak ada jawaban
 - c. Saluran
 - d. Penerima
 - e. Pesan

F. Rangkuman

1. 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, menginspirasi, menguatkan, dan melatari metode pembelajaran dengan cakupan teoretis tertentu. Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah proses pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa agar peserta didik secara aktif mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan-tahapan mengamati (untuk mengidentifikasi atau menemukan masalah), merumuskan masalah, mengajukan atau merumuskan hipotesis, mengumpulkan data dengan berbagai teknik, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengomunikasikan konsep, hukum atau prinsip yang “ditemukan”.
2. Strategi Pembelajaran merupakan suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Dalam strategi pembelajaran terkandung makna perencanaan, artinya bahwa strategi pada dasarnya masih bersifat konseptual tentang keputusan-keputusan yang akan diambil dalam suatu pelaksanaan pembelajaran. Model Pembelajaran merupakan bentuk pembelajaran yang tergambar dari awal sampai akhir yang disajikan secara khas oleh guru. Dengan kata lain, model pembelajaran merupakan bungkus atau bingkai dari penerapan suatu pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran.
3. Model pembelajaran berbasis masalah merupakan suatu model pembelajaran yang didasarkan pada banyaknya permasalahan. Permasalahan tersebut membutuhkan penyelidikan autentik. Penyelidikan autentik yaitu penyelidikan yang membutuhkan penyelesaian dari

permasalahan nyata. Kktivitas dalam kelompok untuk memecahkan masalah yang telah disepakati. Guru memandu siswa menguraikan rencana pemecahan masalah menjadi tahap-tahap kegiatan

4. Metode inkuiri berarti suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, logis, analitis, sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik :

1. Dapat menerapkan Pendekatan pembelajaran saintifik sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan.
2. Dapat menguasai dan menerapkan berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning) sesuai dengan tujuan pembelajaran

Tindak Lanjut :

1. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar
2. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
3. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-1

LK - 01

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pendekatan pembelajaran dan metode pembelajaran? Sebutkan!

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

2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

.....
.....

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

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

LK – 02

1. Mengapa perlu pendekatan pembelajaran? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk melakukan pendekatan pembelajaran pada siswa SMK?

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

2. Menurut Saudara apakah pendekatan pembelajaran saintifik memerlukan perhatian ekstra?

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

3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi siswa yang mempunyai kemampuan penguasaan materi yang kurang?

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

LK – 03

1. Mengapa guru perlu menguasai berbagai strategi/model pembelajaran ?
Tuliskan!, apa saja yang perlu dilakukan untuk memilih strategi/model pembelajaran?

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

2. Apakah menurut Saudara Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning cocok digunakan pada mata pelajaran kejuruan?

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

3. Apakah menurut Saudara Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning merupakan strategi/model pembelajaran memiliki kesamaan tujuan?

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

4. Apakah menurut Saudara Problem based learning lebih baik dibandingkan dengan Discovery Learning dan Inquiry Learning, atau sebaliknya?

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

LK – 04

1. Mengapa guru perlu mengetahui dan menguasai metode dan teknik pembelajaran? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk meningkatkan pengetahuan dan penguasaan tentang metode dan teknik pembelajaran?

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

2. Apakah menurut Saudara metode dan teknik pembelajaran yang dipilih oleh guru akan mempengaruhi hasil belajar dan sikap siswa?

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

3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan untuk memilih metode dan teknik pembelajaran ?

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

Kegiatan Pembelajaran KB2

Pemeliharaan Penggerak Mula dalam Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik

A. Tujuan

Peserta diklat dapat memahami dan melakukan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menganalisis pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
2. Merumuskan cara pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) yang digunakan dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
3. Merealisasikan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
4. Membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1

1. Analisis Pemeliharaan Penggerak Mula (Prime Mover)

Pemeliharaan peralatan diperlukan untuk :

- a. Mempertahankan efisiensi.
- b. Mempertahankan keandalan.
- c. Mempertahankan umur ekonomis.

Pemeliharaan bertujuan mempertahankan efisiensi, keandalan, dan umur ekonomis. Tujuan pemeliharaan suatu alat atau mesin adalah:

a. Mempertahankan Efisiensi.

Sebagai contoh, mobil baru dapat mencapai 10 km dengan konsumsi bensin 1 liter. Setelah mencapai jarak tempuh 10.000 km tanpa pemeliharaan, maka dengan konsumsi bensin 1 liter jarak tempuhnya

hanya dapat mencapai 9 km. Setelah dilakukan pemeliharaan, barulah dapat mencapai 10 km lagi.

b. Mempertahankan keandalan.

Sebagai contoh, mobil yang tidak pernah dipelihara akan sering mogok di jalan, mesinnya mendadak mati dan sukar dihidupkan. Hal ini dapat disebabkan karena businya kotor atau saluran bahan bakarnya tersumbat yang pada dasarnya disebabkan karena tidak dilakukannya pemeliharaan.

c. Mempertahankan umur Ekonomis

Contoh mobil seperti butir a dan b di atas, jika mobil diusahakan sebagai taksi, diperkirakan mempunyai umur ekonomis 5 tahun. Tetapi apabila pemeliharaannya tidak baik, maka sebelum mencapai umur 5 tahun, mobil dapat mengalami kerusakan parah, misalnya cincin penghisapnya bocor sehingga tidak ekonomis lagi untuk dioperasikan. Tiga buah contoh sederhana di atas adalah untuk mobil, tetapi hal ini juga berlaku untuk unit pembangkit.

Dalam perkembangannya, pemeliharaan dilaksanakan sebagai berikut :

- a. Pemeliharaan bila ada gangguan atau kerusakan. Cara ini masih dapat digunakan terhadap alat yang peranannya dalam operasi tidak penting.
- b. Pemeliharaan periodik. Pemeliharaan dilakukan berdasarkan jangka waktu tertentu berdasarkan buku petunjuk pabrik atau statistik kerusakan atau statistik gangguan.
- c. Pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*). Cara ini sekarang banyak dikembangkan. Cara ini dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa data kemudian dilakukan analisis atas data ini untuk menentukan kapan perlu dilakukan pemeriksaan atau pemeliharaan suatu alat.

2. Perawatan Secara Rutin Meminimalisir Getaran Pada Turbin

Perawatan mesin merupakan hal yang harus selalu diperhatikan agar terkendalinya performa mesin. Perawatan mesin biasa dikenal dengan sebutan maintenance. Perawatan pada turbin dilakukan untuk menguji tingkat vibrasi pada turbin. Pengawasan dan perawatan serta pengujian

lainnya untuk menjaga kesinambungan mesin agar terjaga performa mesin dan komponen-komponen pendukungnya.

Pada umumnya turbin dilakukan perawatan secara periodik untuk pemeliharaan berdasarkan jam operasi. Setelah turbin yang bersangkutan menjalani jangka waktu operasi tertentu harus dilakukan perbaikan bahkan sampai adanya pergantian pada komponen-komponen turbin. *Maintenance* ini juga memiliki kelebihan untuk meningkatkan kehandalan dan keamanan.

Time based maintenance akan ditunjang oleh *condition base maintenance* (berdasarkan pemeliharaan kondisi) atau ***condition monitoring*** dengan cara memonitor kondisi turbin secara terus menerus dan melakukan pengamatan. Serta perbaikan apabila semua itu dibutuhkan. Tiga jenis pemeliharaan periodik yang diberlakukan pada turbin, khususnya pada turbin :

- *Simple Inspection (SI)*
Periodik check Vibrasi Turbin (*Turbine Vibration*) dilakukan setiap satu tahun operasi (± 8000 jam operasi)
- *Mean Inspection (ME)*
Periodik check Vibrasi Turbin (*Turbine Vibration*) dilakukan setiap dua tahun operasi (± 16000 jam operasi)
- *Serious Inspection (SE)*
- *Periodik check Vibrasi Turbin (Turbine Vibration)* atau overhaul dilakukan setiap empat tahun operasi (± 32000 jam operasi)

Beberapa kegiatan yang dilakukan saat keadaan *maintenance* :

- Pemantauan serta pemulihan blade turbine (korosi, retak, erosi dll)
- Pemantauan serta pemulihan suhu tekanan pada turbin
- Pemantauan serta pemulihan pada nozzle (evaluasi data)
- Pemantauan serta pemulihan minyak pelumas serta bantalan (bearing)
- Pemantauan serta pemulihan rotor dan komponen-komponennya. Kegiatan-kegiatan *maintenance* di atas merupakan kegiatan yang rutin dilakukan untuk meminimalisir kerusakan pada turbin. Turbin bermacam-macam fungsinya, ada turbin uap penghasil energi listrik, turbin air penghasil energi listrik, turbin angin penghasil energi listrik, turbin gas dan

banyak lagi penghasil energi berdasarkan bermacam energi dengan menimbulkan proses gerak.

Bagian-bagian peralatan yang memerlukan pemeliharaan terutama :

- a. Bagian-bagian yang bergeser, seperti : bantalan, cincin pengisap (piston ring), dan engsel-engsel.
- b. Bagian-bagian yang mempertemukan zat-zat dengan suhu yang berbeda, seperti : penukar panas (heat exchanger) dan ketel uap.
- c. Kontak-kontak listrik dalam saklar serta klem-klem penyambung listrik.

Bahan Bacaan 2

Langkah-langkah dalam pemeliharaan Penggerak Mula (*Prime Mover*) :

a. PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover). Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator.

1) Defenisi Pemeliharaan

Melakukan segala aktifitas terhadap PLTD, untuk mempertahankan unjuk kerja semula atau mengembalikan kepada kondisi semula secara optimal, agar aset fisik (PLTD) tersebut dapat memenuhi syarat fungsinya sesuai tujuan dan Sasarannya.

2) Tujuan Pemeliharaan

Sebagaimana peralatan pada umumnya, maka peralatan yang beroperasi dalam sistem pembangkit listrik harus dipelihara secara rutin sesuai dengan buku petunjuk pemeliharaan pabrik. Pemeliharaan PLTD dilakukan untuk mempertahankan unjuk kerja yang optimal telah ditetapkan atau mengembalikan pada posisi semula agar PLTD dapat beroperasi dengan efisien, ekonomis dan handal.

3) Sasaran Pemeliharaan

Sasaran pemeliharaan PLTD diarahkan untuk mencapai :

- a) Jam operasi lebih besar dari 6000 jam pertahun.
- b) Kapasitas mampu kontinue lebih besar dari 80% dari kapasitas terpasang.
- c) Mempertahankan tingkat efisiensi pemakaian bahan bakar dan pelumas sesuai spesifikasinya.
- d) Biaya pemeliharaan pada batas-batas yang ekonomis.
- e) Mempertahankan tingkat keamanan dan keselamatan kerja.

4) Jenis-Jenis Pemeliharaan

a) Pemeliharaan Terencana

Suatu pemeliharaan yang direncanakan sebelumnya dan jauh sebelumnya sudah diketahui bahwa pemeliharaan harus dilakukan pada waktu tertentu yang akan datang dan untuk itu dibuat perencanaannya. Perencanaannya dibuat berdasarkan buku petunjuk pemeliharaan mesin, jam operasi mesin serta pengaruh dari kondisi lingkungan sekitarnya, penggunaan bahan bakar dan pelumasan juga pola operasi mesin. Perencanaan ini termasuk jadwal dimulainya pelaksanaan pemeliharaan, jadwal dimulainya unit pembangkit beroperasi kembali, biaya-biaya yang dibutuhkan untuk suku cadang, material dan jasa.

b) Pemeliharaan Preventif (Preventif Maintenance)

Pada awalnya preventif maintenance adalah perawatan yang dilakukan secara berkala dalam rangka mencegah terjadinya kerusakan dengan melakukan pengecekan, penggantian, overhaul pada sistem interval waktu yang ditentukan. Jenis perawatan ini mulai dikenal sejak dimulainya era perang dunia kedua yaitu ketika dunia membutuhkan mekanisasi yang berlebihan pada semua jenis industri. Mengingat jenis mesin makin banyak dan kompleks, maka down time menjadi masalah sehingga industri membutuhkan cara untuk mencegah kerusakan. Dari sinilah timbul ide overhaul pada interval waktu yang tetap. Selain itu disebabkan oleh biaya

perawatan asset yang makin meningkat terhadap produksi maka lahirlah sistem perencanaan dan kontrol perawatan (maintenance planning and control system). Sistem ini telah sangat mapan dalam praktek perawatan.

c) Pemeliharaan Periodik

Suatu bentuk pemeliharaan terencana yang berulang-ulang secara teratur dan telah diketahui sebelumnya bahwa pada jam kerja mesin tertentu suatu jenis pemeliharaan harus dilakukan. Pemeliharaan tersebut mempunyai periode waktu tertentu yaitu :

a) Top Overhaul (TO 6000 jam)

Pemeliharaan 6000 jam terhadap bagian atas mesin (silinder *head* keatas) yang meliputi pekerjaan pengukuran, penggantian atau merekonduksi komponen-komponen yang aus untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal. Pekerjaan – pekerjaan yang dilakukan pada TOP Overhaul meliputi pemeriksaan pada seluruh bagian-bagian unit yang antara lain :

- Pemeriksaan semua kepala silinder dan komponen yang lainnya.
- Pemeriksaan dan pengukuran satu bantalan dan bantalan luncuran (metal) atau sesuai buku manual pabrikan.
- Pembersihan generator
- Pemeriksaan peralatan listrik
- Pemeriksaan perawat pendingin cooler dan inter cooler
- Pemeriksaan cairan peredam getaran (vibration damper)
- Pemeriksaan Turbocharger (overhaul jika diperlukan pada saatnya)
- Pengetasan kemampuan mesin

b) Semi Overhaul (SO 12000 jam)

Pemeriksaan 12000 jam terhadap bagian connecting rod keatas yang meliputi pengukuran, penggantian atau merekonduksi komponen yang aus untuk mendapatkan operasi yang optimal. pekerjaan yang dilaksanakan pada Top Overhaul meliputi pemeriksaan pada seluruh bagian unit antara lain : Semi Overhaul untuk putaran < 750 rpm

c) Mayor Overhaul (MO 18000 jam)

Pemeliharaan 18000 jam terhadap bagian mesin yang meliputi pekerjaan pengukuran, penggantian atau merekonduksi komponen yang aus untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal. pekerjaan yang dilaksanakan pada Top Overhaul meliputi pemeriksaan bagian unit antara lain :

- Overhaul kepala silinder (silinder head) seluruhnya dan pemeriksaan komponennya.
- Overhaul piston, silinder, bantalan, turbocharger, silinder blok
- Pemeriksaan perlengkapan / peralatan bantu, generator dan panel listrik, pondasi getaran / suara.
- Pengetasan kemampuan mesin.

d) Pemeliharaan Periodik Rutin

Pemeliharaan periodik rutin yaitu pemeliharaan kecil yang dilakukan dalam tahun anggaran yang bersangkutan.

• **Service**

Pemeliharaan rutin jangka pendek meliputi pekerjaan melumasi, membersihkan, mengganti, dan menambah minyak pelumas atau bahan bakar kimia, dengan kegiatan sebagai berikut :

P0 (8-20) jam

- ✓ Melumasi dan menggemuki secara manual
- ✓ Membuang air kondensat dan kotoran-kotoran dari tangki dengan membuka kran.

- ✓ Memeriksa dan menambahkan minyak pelumas atau air pendingin yang kurang.

P1 (100-150) jam

- ✓ Membuka dan membersihkan separator
- ✓ Membuka dan membersihkan filter
- ✓ Membersihkan peralatan bantu dari debu dan minyak yang bocor

P2 (200-300) jam

- ✓ Mengganti minyak pelumas dari peralatan tertentu dengan referensi dari pabrik
- ✓ Meminyaki bantalan-bantalan
- ✓ Menambah bahan kimia pada air pendingin

• **Inspeksi**

Pemeliharaan rutin dengan jangka waktu yang lebih panjang meliputi pekerjaan pengamatan maupun pengukuran, penyetelan, perbaikan dan penggantian pada unit pembangkit tanpa membuka atau melepas bagian-bagian utama, dengan jenis dan macam kegiatan pemeliharaan berikut :

P3 (400-600) jam

- ✓ Memeriksa peralatan-peralatan, bekerja dengan baik
- ✓ Memperbaiki komponen-komponen yang terjadi kerusakan
- ✓ Memeriksa tekanan, temperatur, dan gas asap
- ✓ Memeriksa sistem pelumasan bekerja dengan baik

P4 (1200-1800) jam

- ✓ Memeriksa fungsi dan bekerjanya alat pengaman
- ✓ Memeriksa berfungsinya black star
- ✓ Memeriksa berfungsinya governor
- ✓ Memeriksa kualitas air pendingin dan unit water treatment
- ✓ Memeriksa viskositas minnya dan battery

P5 (2400-3600) jam

- ✓ Memeriksa dan membersihkan injektor
- ✓ Memeriksa sistem timing
- ✓ memeriksa kelonggaran baut, mur, roda gigi, dan bantalan
- ✓ Memeriksa filter oli

e) Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif dilakukan apabila terjadi kegagalan berulang pada suatu mesin atau komponen mesin dalam rangka mencegah jangan sampai terulang kembali di masa depan dengan melakukan studi (Reverse Engeneering), merancang ulang, menetapkan kembali spesifikasi material, memasang dan menguji komponen yang gagal tersebut.

Dengan berjalannya waktu, maka jumlah asset dan biaya yang digunakan untuk merawat asset makin bertambah besar menyebabkan manusia mulai mencari-cari perawatan baru dengan mana mereka dapat memaksimalkan umur peralatan.

Pemeriksaan korektif (tidak periodik) mencakup :

- Perbaikan. Pemeliharaan tidak periodik, meliputi pekerjaan rekondisi dan perbaikan beberapa komponen dengan mengembalikan kepada kondisi semula atau maksimal.
- Penggantian. Pemeliharaan ini meliputi pekerjaan rekondisi dan penggantian sejumlah besar dengan tujuan mengembalikan kepada kondisi semula maksimal.
- Penyempurnaan. Pemeliharaan ini meliputi pekerjaan perubahan desain dari komponen dengan tujuan menaikkan kemampuan dan efisiensi.

f) Pemeliharaan Tidak Terencana

Pemeliharaan tidak terencana adalah pemeliharaan yang dilakukan tanpa ada rencana sebelumnya. Hal ini disebabkan adanya gangguan kerusakan yang tidak terduga, tapi harus

dikerjakan pada tahun yang bersangkutan karena keadaan darurat.

b. PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air)

Masalah utama yang timbul pada pengoperasian PLTA adalah timbulnya kavitasi pada turbin air. Kavitasi adalah peristiwa terjadinya letusan kecil dari gelembung uap air yang sebelumnya terbentuk di daerah aliran yang tekanannya lebih rendah daripada tekanan uap air di tempat tersebut; kemudian gelembung uap air ini akan meletus secara cepat (meletus) ketika uap air ini melewati daerah aliran yang tekanannya lebih besar daripada tekanan uap air tersebut, karena jumlahnya sangat banyak sekali (ribuan per detik) dan 1 letusan itu sangat cepat maka permukaan turbin yang dikenai oleh letusan ini akan terangkat sehingga terjadi burik yang menyebabkan bagian-bagian turbin air (setelah waktu tertentu, kira-kira 40.000 jam) menjadi keropos dan perlu diganti. Kavitasi terjadi di bagian-bagian turbin yang mengalami perubahan tekanan air secara mendadak, misalnya pada pipa pembuangan air turbin. Kavitasi menjadi makin besar apabila beban turbin makin kecil. Oleh karena itu, ada pembatasan beban minimum turbin air (kira-kira 25%). Bagian terbesar dari biaya pemeliharaan PLTA adalah biaya perbaikan atau penggantian bagian-bagian turbin air yang menjadi keropos akibat kavitasi.

1) Pemeliharaan Turbin Air

Pemeliharaan adalah memelihara / merawat serta menjaga setiap saat agar instalasi PLTA beserta alat-alat bantuannya alatselalu dalam kondisi siap operasi. Tujuan pemeliharaan adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan baik unit dalam keadaan beroperasi maupun stand by, mempertahankan unjuk kerjanya.

2) Perawatan PLTA

a) Routine Maintenance

Pemeliharaan yang dilakukan selama mesin ± mesin beroperasi, dilakukan secara berulang ± ulang dengan interval waktu kurang dari 6 bulan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan :

- Pemeriksaan cincin slip dan sikat komulotor
- Pemeriksaan bantalan dan gigi - gigi
- Pergantian dan pemeriksaan bagian pengganti turbin penguat
- Pergantian dan pemeriksaan turbin pembantu
- Pembongkaran kompresor udara dan pemeriksaanya
- Pemeriksaan pompa pengering

b) Periodik *Yearly Maintenance*

➤ **Annual Inspection**

Pemeriksaan Pengukuran Penyetelan Perbaikan kecil
Pengujian kegiatan-kegiatannya

- Pemeriksaan bagian dalam turbin
- Pemeriksaan kualitas minyak
- Penyaringan minyak tekan atau penggantinya
- Penyaringan minyak pelumas atau penggantinya
- Pembongkaran bermacam-macam saringan, bermacam pemeriksaan, dan pembersihannya
- Pemeriksaan baut dan pengencangannya
- Pengukuran tahanan isolasi

➤ **General Inspection**

Pemeriksaan Pengukuran Penyetelan Perbaikan
Penggantian Pengujian. Kegiatan - kegiatannya :

- Pembongkaran peralatan kontrol dan operasi serta pemeriksaannya
- Pembongkaran peralatan minyak tekan dan pemeriksaannya

➤ **Major Overhaul**

Pembongkaran Total : Perbaikan, Pemeriksaan, Pengukuran, Penyetelan, Penggantian, Pengujian.
Kegiatan – kegiatannya :

- Pembongkaran bantalan dan pemeriksaannya
- Pembongkaran katup masuk dan pemeriksaannya
- Rotor dikeluarkan dan dibersihkan
- Pemeriksaan bantalan dan pengukuran celah-celahnya

- Pemeriksaan pipa pendingin bantalan dan pembersihannya
- Pembongkaran bantalan poros dorong dan pemeriksaannya

3) Sasaran Pemeliharaan Pita

- Annual Inspection : Menjaga keandalan
- General Inspection dan Major Overhaul : Meningkatkan daya mampu Meningkatkan keandalan Meningkatkan efisiensi

4) Condition Base Maintenance Predictive

Pemeliharaan predictive adalah sistem pemeliharaan preventive berbasis kondisi peralatan dengan cara memonitor secara terus menerus-menerus (berkala) pada menerussaat mesin operasi atau stop.

5) Pemantauan :

Pemantauan rutin kondisi mesin ada 2 macam: Kondisi langsung Mengikuti pengukuran volume, suhu, kecepatan, dan tekanan Kondisi tidak langsung Meliputi pengukuran vibrasi, kondisi keretakan, dan tahanan listrik

6) Analisa Kerusakan

- Analisa Teknik Menentukan sebab dan tingkat kerusakan
- Analisa Statistic Merupakan hubungan kerusakan terhadap waktu

7) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui atau sebagai tolok ukur bahwa pemeliharaan yang dilaksanakan telah sesuai dengan tujuannya.

8) Persiapan Pengujian

- Pengukuran mutu tahanan isolasi stator generator
- Hasil uji minyak pelumas
- Hasil pemeriksaan alignment poros
- Hasil pengukuran clearence bantalan-bantalan, sudu atur, dan lain-lain lain
- Setting relay-relay proteksi relay
- Kalibrasi

9) Macam-Macam Pengujian

- Running test Dry out
- running operation test
- Pembebanan bertahap Load rejection test
- Sudden load increase test
- Emergency stop test Quick stop test
- Over speed test
- Load test
- Automatic start and stop operation

c. PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas)

Perawatan (*maintenance*) adalah suatu kegiatan yang menjamin mesin/alat mampu untuk terus-menerus melakukan apa yang diinginkan oleh pemakai (*user*). Tujuan dari kegiatan perawatan tersebut antara lain adalah :

- Menjamin mesin/alat tersedia dalam kondisi baik
- Menjamin kesiapan peralatan cadangan dalam kondisi darurat
- Menjamin keselamatan manusia dan lingkungan
- Menjamin usia pakai mesin/alat lebih panjang

Banyak sekali jenis-jenis dari kegiatan *maintenance*, tetapi hal ini tergantung kebijakan dari tiap-tiap perusahaan dalam penerapannya :

- *Breakdown Maintenance*
- *Preventive Maintenance*
- *Reliability Centered Monitoring*
- *Risk Base Inspection*
- *Total Preventive Maintenance*

Lalu untuk jenis-jenis standar pemeliharaan, antara lain adalah :

- Standar Inspeksi : Standar untuk memeriksa mesin atau teknik untuk mengukur atau menemukan kemunduran mesin
- Standar Servis : Standar untuk menetapkan bagaimana servis atau pemeliharaan rutin dilakukan dengan menggunakan handtool

- Standar Repair : Standar untuk menetapkan kondisi dan metode untuk pengerjaan repair
- Prosedur Pekerjaan Pemeliharaan : Standar disusun untuk pemeliharaan yang sering dikerjakan

Hal-hal yang mempengaruhi kinerja dari gas turbin adalah :

- 1) Ketinggian tempat operasi turbin; dimana setiap kenaikan 100 mdpl, maka daya turbin berkurang 1%
- 2) Kelembaban (*humidity*) udara lingkungan; peningkatan kelembaban udara akan menurunkan kinerja dan daya dari turbin
- 3) Kelembaban spesifik udara; Peningkatan kelembaban spesifik akan menurunkan daya dan efisiensi turbin gas sebanyak : 0,0015% dan 0,0035%

Pemeliharaan Turbin Gas adalah suatu kegiatan pekerjaan perawatan yang dilakukan terhadap peralatan / instalasi Turbin Gas dengan tujuan agar supaya peralatan / instalasi tersebut dapat dioperasikan secara maksimal, andal, efisien, aman dan dapat mencapai umur pakai (life time) sesuai dengan yang direncanakan. Pemeliharaan akan diperlukan karena setiap peralatan yang dioperasikan akan mengalami kerusakan.

Pemeliharaan yang baik akan mencegah atau memperlambat terjadinya kerusakan tersebut. Faktor-faktor penyebab kerusakan diantaranya adalah :

- Design dan material
- Pengoperasian
- Pemeliharaan
- Kondisi lingkungan

Program pemeliharaan yang berhasil selain akan memperlambat terjadinya kerusakan, juga akan dapat meningkatkan kemampuan dari peralatan / instalasi yang dipelihara. Untuk berhasilnya suatu pemeliharaan harus didukung dengan :

- Tenaga kerja yang terampil, baik personil operasi, pemeliharaan, perencanaan dan semua personil terkait.
- Tersedia spare part / material / dana yang cukup
- Tersedia cukup waktu untuk pemeliharaan.
- “Case History” (catatan kejadian-kejadian) selama peralatan / instalasi dioperasikan. “Case History” yang lengkap dan rinci dan log sheet harus diarsipkan, baik mengenai operasi maupun pemeliharaannya. Case History harus mencakup uraian dan analisa mengenai gangguan-gangguan atau masalah-masalah yang tidak biasa yang terjadi selama operasi, termasuk juga kondisi kerusakan yang dijumpai saat inspection serta tindakan penanggulangan yang dilakukan. Catat hasil hasil pengukuran vibrasi disemua bearing, dengan menggunakan vibrasi meter portable diukur sesaat sebelum turbin gas distop. Juga catat hasil pengukuran vibrasi pada alat ukur / meter terpasang di panel.
- Apakah ditemukan kebocoran bahan bakar dari pipa dan lain-lainnya? Catat lokasinya.
- Apakah ditemukan kebocoran minyak pelumas dari pipa dan lain-lainnya? Catat lokasinya.
- Apakah sistem kontrol bekerja dengan stabil dan secara keseluruhan bekerja dengan baik?
- Apakah pengaman Overspeed berfungsi dengan baik dan bekerja pada kecepatan putaran yang telah ditetapkan?
- Apakah Overspeed Valve dan Shut off Valve bekerja dengan baik saat turbin dapat trip.
- Apakah terjadi gesekan pada ujung blades dan atau seal?
- Apakah terjadi perubahan tekanan pada sistem minyak pelumas?
- Apakah terjadi perubahan temperatur pada sistem minyak pelumas?
- Pada saat membersihkan filter minyak pelumas, apakah ditemukan material babbitt?

Pemeliharaan Turbin Gas, Auxiliary beserta instalasi/peralatan lainnya yang direkomendasikan oleh pabrik merupakan Periodic Inspection yang terdiri dari pemeliharaan kecil yang dilaksanakan ketika Turbin

Gas beberapa sampai dengan pemeliharaan menyeluruh berupa Major Inspection. Efisiensi Turbin Gas sangat mempengaruhi daya mampu unit PLTG. Oleh karenanya stop berkala (periodic shut-down) akan hilangnya kesempatan produksi yang tidak direncanakan terlebih dahulu dan mungkin juga akan berarti suatu kondisi yang berbahaya. Stop terencana (scheduled shut-down) harus dikoordinasikan dengan unit pembangkit lainnya sehingga tidak terjadi kekurangan cadangan unit pembangkit. Turbin Gas memerlukan Periodic Inspection, perbaikan dan penggantian parts-nya.

1) Pemeliharaan Selama Unit Beroperasi.

Merupakan pengamatan yang terus menerus selama Turbin Gasdioperasikan. Pengamatan ini biasanya dilaksanakan setiap hari, setiap minggu atau setiap bulan dan setiap tahun. Bagian-bagian yang diamati diantaranya :

- Tekanan bahan bakar pada Fuel Nozzle
- Differential Pressure pada filter-filter
- Exhaust Gas Temperature
- Kebocoran-kebocoran.
- Vibrasi
- Tingkat kekotoran Kompresor

Kotoran pada kompresor dapat dikurangi dengan Catalyst atau campuran air dengan detergent yang dilakukan pada saat Turbin Gas beroperasi, atau dapat juga dengan Water Wash yang dilakukan ketika Turbin Gas pada posisi spin (600 RPM). Besarnya vibrasi Turbin Gas dan peralatan lainnya perlu diamati. Sedikit perubahan besarnya vibrasi mungkin diakibatkan oleh perubahan beban. Akan tetapi bila vibrasi naik dengan cepat atau secara kontinyu terlihat ada tendensi kenaikan vibrasi, ini merupakan suatu indikator untuk dilaksanakan aksi korektif (perbaikan). Mungkin yang paling perlu untuk diamati adalah exhaust gas temperature (temperatur gas keluar turbin), karena batas operasi Turbin Gas diset terhadap exhaust gas temperature.

2) Pemeliharaan Selama Unit Stop

a) Fuel Nozzle Inspection.

Inspection ini adalah membuka, melepas serta membersihkan Fuel Nozzle dan memeriksa bagian dalam Combustor Basket dan Transition Piece melalui lubang tempat memasang Nozzle. Untuk pemeriksaan pertama (terhitung sejak Turbin Gas dioperasikan sesudah erection atau sesudah Major Inspection), pemeriksaan Fuel Nozzle ini selambat-lambatnya-lambatnya dilaksanakan setelah mencapai 50 jam operasi. Apakah dari pemeriksaan pertama ini tidak terlihat adanya kelain-kelain maka pemeriksaan selanjutnya bersama dengan Combustor Section Inspection.

b) Combustor Section Inspection

Bagian pekerjaan yang termasuk dalam Combustor Section Inspection adalah membongkar, memeriksa dan memperbaiki Fuel Nozzle, Combustor Basket, Transition Pieces dan komponen lain yang berada didalam Combustor Chamber. Bagian-bagian yang dibuka tersebut harus dibersihkan dengan teliti, diperiksa dan diperbaiki. Pada kesempatan ini juga diperiksa sudu-sudu turbin tingkat pertama yang dapat diperiksa dari lubang tempat pemasangan Transition Pieces.

c) Turbin Section Inspection

Inspection ini biasa disebut juga sebagai HOT GAS PATH INSPECTION, yang meliputi Combustor Section Inspection ditambah dengan memeriksa / memperbaiki bagian dalam Turbin Gas dengan terlebih dahulu membuka Combustor Chamber Cylinder. Sudu-sudu turbin dilepaskan dari rotornya kemudian dibersihkan dan diperbaiki. Diaphragma dan seal labirin juga dilepas, dibersihkan dan diperbaiki. Dianjurkan juga agar bantalan aksial (Thrust Bearing) serta bantalan journal (Journal Bearing) dibuka, diperiksa dan diperbaiki.

d) Major Inspection

Major Inspection adalah pemeriksaan dan perbaikan menyeluruh yang dilakukan terhadap semua komponen unit

PLTG (Turbin Gas, Kompresor, Peralatan bantu dll). Pekerjaan yang dilaksanakan mencakup pekerjaan Combustor Section Inspection, Turbine Section Inspection, ditambah dengan membuka Compresor Casing, melepas sudu-sudu kompresor untuk diperiksa / diperbaiki. Diaphragma Kompresor, Seal labirin, bantalan-bantalan juga dilepas, dibersihkan diperiksa dan diperbaiki. Dalam pelaksanaan Major Inspection ini juga dilakukan alignment (penyetelan-penyetulan) secara menyeluruh. Kriteria pemeriksaan, perbaikan dan penggantian dapat dilihat dari Service Bulletin yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat atau dari buku manual.

3) Faktor Operasi Yang Mempengaruhi Pemeliharaan.

Pemeliharaan yang rekomendasikan diperoleh dari pengalaman / penelitian terhadap sejumlah Turbin Gas dengan jam operasi total lebih dari 12 juta jam. Cara pemeliharaan serta Periode Pemeliharaan masih mungkin untuk berubah, untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

4) Jumlah Start Dalam Satu Periode (Starting Frequency)

Setiap kali start dan stop turbin akan menimbulkan efek termal atau perubahan temperatur yang besar pada bagian turbin. Selain periode start-up, sistem kontrol akan berbuat sedemikian rupa untuk mengurangi efek termal tersebut, namun walaupun demikian umur pakai (life-time) Turbin Gas yang sering di start akan lebih pendek dibandingkan dengan Turbin Gas yang selalu beroperasi pada beban dasar (base load) terus menerus. Kemungkinan yang terjadi saat Turbin gas di start adalah :

- Start yang berhasil, bilamana start diikuti kenaikan putaran mencapai putaran sinkron.
- Penyalaan gagal, bilamana start diikuti kenaikan putaran mencapai ignition, terjadi ignition tapi gagal untuk mencapai putaran sinkron.
- Tidak terjadi penyalaan, bilamana start diikuti kenaikan putaran tapi gagal untuk mencapai putaran ignition.

- Emergency Start (Fast Start), bilamana start diikuti kenaikan putaran yang sangat cepat.
- Start yang tidak diikuti penyalaan tidak akan menyebabkan efek termal.

5) Siklus Beban (Load Cycle)

Turbin Gas yang dibebani terus menerus dengan beban konstan atau sedikit perubahannya akan menimbulkan sedikit pengaruh pada life-time parts turbin. Sedang turbin gas yang dibebani naik turun dengan cepat, pengaruhnya terdapat life-timer parts turbin akan sama dengan yang sering Start-Stop. Banyak Turbin gas yang dioperasikan hanya untuk menampung beban puncak dengan jam kerja yang pendek. Cara pengoperasian seperti ini disebut Peak Rating dan dioperasikan sampai batas tertinggi temperatur exhaust gas. Untuk kondisi seperti ini jam kerjanya dipehitungkan dengan “Jam Kerja Ekuivalen”.

6) Kondisi Lingkungan

Pengaruh lingkungan terhadap pemeliharaan Turbin gas adalah timbulnya korosi dan atau abrasi / pengikisan. Pengaruh lingkungan yang akan mengakibatkan abrasi dapat dikurangi dengan memasang filter udara yang baik disisi masuk kompresor, sedang bila pengaruhnya korosi dapat dikurangi dengan pelindung / coating cat. Untuk keadaan tertentu mungkin perlu dipasang instalasi “pencuci udara”

7) Proses *Washing* Kompresor Pada Sistem Turbin Gas

Proses *washing* adalah salah satu bentuk perawatan dari kompresor dengan cara pembersihan. Proses *washing* ini dilakukan apabila temperatur pada sisi keluar kompresor tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya pengendapan pada sudu rotor maupun stator yang dapat disebabkan oleh debu atau zat pengotor lain yang ikut masuk ke dalam kompresor pada proses masuknya udara ke dalam kompresor. Dengan adanya pengendapan pada sudu rotor maupun sudu stator tersebut berpengaruh besar terhadap kinerja dari kompresor itu sendiri dan

secara otomatis juga dengan kinerja dari sistem turbin gas itu. Hal ini disebabkan oleh jarak *clearance* antara sudu rotor dan sudu stator semakin kecil, sehingga mengakibatkan terjadinya kerugian tekanan di setiap tingkatnya. Dengan kondisi yang demikian ini aliran massa udara dan perbandingan tekanan kompresor akan semakin turun dan temperatur pada sisi keluar semakin meningkat. Proses *washing* ini sendiri harus dilakukan dengan tujuan menjaga kondisi operasi dari kompresor pada kondisi yang optimal. Berdasarkan waktu operasi, cara melakukan proses *washing* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- a) *On Line Washing*, yaitu proses *washing* yang dilakukan pada saat kompresor beroperasi.
- b) *Off Line Washing*, yaitu proses *washing* yang dilakukan pada saat kompresor tidak beroperasi. Adapun komponen utama dalam proses *washing* ini sendiri adalah:
 - 1) Motor *pump*, berfungsi untuk menyalurkan air dan *detergent* ke dalam kompresor pada saat proses *washing* berlangsung.
 - 2) Tangki air yang mempunyai pemanas (*heater*), berfungsi sebagai penyuplai air pada saat proses *washing* berlangsung. Air ini mempunyai temperatur 79^oC sampai 85^oC.
 - 3) Tangki *detergent*, berfungsi sebagai tempat penyuplai *detergent*. Pada pembahasan tulisan ini yang dijelaskan adalah proses *off line washing*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam *washing* ini adalah setelah unit tidak beroperasi, pertama-tama kompresor tersebut dibilas dengan air yang mempunyai temperatur 79^oC sampai 85^oC sekitar 5 sampai 10 menit. Setelah itu baru disemprotkan campuran *detergent* dengan air sampai habis. *Detergent* yang digunakan sekitar 5 liter. Setelah itu didiamkan sekitar 30 menit sampai 45 menit dan langkah selanjutnya dibilas dengan air yang mempunyai temperatur 79^oC sampai 85^oC sampai bersih. Selama proses *washing*

tersebut kompresor digerakkan oleh motor *start* aksesoris pada putaran 50 rpm. Air dan *detergent* tersebut disalurkan melalui *spray distributor* yang berjumlah delapan buah.

d. PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)

Apabila turbin sedang berbeban penuh kemudian terjadi gangguan yang menyebabkan pemutus tenaga (PMT) generator yang digerakkan turbin trip, maka turbin kehilangan beban secara mendadak. Hal ini menyebabkan putaran turbin akan naik secara mendadak dan apabila hal ini tidak dihentikan, maka akan merusak bagian-bagian yang berputar pada turbin maupun pada generator, seperti : bantalan, sudu jalan turbin, dan kumparan arus searah yang ada pada rotor generator. Untuk mencegah hal ini, aliran uap ke turbin harus dihentikan, yaitu dengan cara menutup katup uap turbin. Pemberhentian aliran uap ke turbin dengan menutup katup uap turbin secara mendadak menyebabkan uap mengumpul dalam drum ketel sehingga tekanan uap dalam drum ketel naik dengan cepat dan akhirnya menyebabkan katup pengaman pada drum membuka dan uap dibuang ke udara. Bisa juga sebagian dari uap di by pass ke kondensor. Dengan cara by pass ini tidak terlalu banyak uap yang hilang sehingga waktu turbin akan dioperasikan kembali banyak waktu dapat dihemat sewaktu start. Tetapi system by pass memerlukan biaya investasi tambahan karena kondensor harus tahan suhu tinggi dan tekanan tinggi dari hasil by pass.

1) Pemeliharaan Turbin Uap

❖ Pemeliharaan Berdasarkan Periode (Time Based Maintenance)

Pada umumnya ada tiga jenis pemeliharaan periodik yang ada pada turbin uap yaitu :

- Simple Inspection atau Si (8.000 jam operasi)
- Mean Inspection atau Me (16.000 jam operasi)
- Serious Inspection atau Se (32.000 jam operasi)

Dalam Mean Inspection, terdapat pekerjaan yang sama dengan Simple Inspection yang ditambah dengan beberapa pekerjaan lain yang diperlukan, demikian juga halnya dengan Serious Inspection akan ada pekerjaan yang sama dengan Mean Inspection yang ditambah dengan beberapa pekerjaanlain yang harus dilakukan sesuai dengan Maintenance Manual Book.

Serious Inspection juga dilakukan pada tahun pertama operasi, hal ini biasanya disebut First Year Inspection. Hal ini sangat penting dilakukan untuk mengamati kemungkinan kerusakan yang terjadi dan juga dapat digunakan untuk mendapatkan jaminan atau garansi dari kontraktor atau pabrik pembuat turbin uap yang bersangkutan. First Year Inspection biasanya dilakukan oleh kontraktor atau pabrik pembuatnya. Siklus inspection tersebut diatas apabila dihitung dari saat dimulainya operasi turbin uap akan berurutan sebagai berikut :

❖ **Pemeliharaan Berdasarkan Kondisi (Condition Based Maintenance)**

Pemeliharaan yang waktu pelaksanaannya direncanakan sebelumnya, berdasarkan data operasi yang dicatat dan unit diberhentikan beberapa saat sebelum sampai pada kondisi rusak. Apabila pemberhentian mesin dilaksanakan atas hasil analisa data, maka disebut pemeliharaan prediktif. Pemeliharaan berdasarkan kondisi pada umumnya dibagi dua macam yaitu :

- Pemeliharaan dalam keadaan beroperasi (In Service Maintenance)
- Pemeliharaan dalam keadaan tidak beroperasi (Outage Maintenance)

❖ **Pemeliharaan Dalam Keadaan Beroperasi**

Pemeliharaan dalam keadaan beroperasi adalah pekerjaan yang dilakukan tanpa mengganggu jalannya operasi turbin. Pada umumnya pekerjaan yang dilakukan adalah pekerjaan-pekerjaan ringan seperti pembersihan, pengukuran,

pengamatan dan sebagainya pada turbin maupun peralatan bantuannya. Pemeliharaan dalam keadaan beroperasi mencakup kegiatan :

Pemeliharaan Rutin

Beberapa pemeliharaan rutin yang dapat dilakukan pada saat turbin beroperasi, diantaranya :

- Penambahan grease pada bagian yang memerlukannya
- Menambah minyak pelumas ke dalam tangki
- Membersihkan minyak pelumas melalui instalasi pemurniminyak pelumas.
- Membuang air dan lumpur melalui drain tangki minyak pelumas dan memeriksa kondisi minyak pelumas.
- Mengencangkan baut-baut yang longgar
- Menutup atau mengurangi kebocoran pada seal katup-katup.

Peralatan Stand-by

Beberapa peralatan bantu untuk mengoperasikan turbin uap memiliki unit cadangan atau stand-by, sehingga apabila peralatan bantu tersebut memiliki unit cadangan, maka unit cadangan itu dapat dipelihara seperti dalam keadaan stop.

Pengaman Turbin

Pemeliharaan lengkap dari pengaman turbin beserta sistemnya dilakukan pada saat turbin tidak beroperasi, akan tetapi untuk melihat unjuk kerja dari peralatan pengaman tersebut, banyak pabrikan turbin membuat peralatan pengamatan yang dapat diuji pada saat turbin bekerja dengan cara pengujian simulasi. Pengujian pada saat bekerja ini amat riskan, karena dapat menyebabkan turbin akan trip apabila tidak dilakukan dengan benar dan sangat berhati-hati.

Turbin Supervisory

Pengamatan terhadap pengukuran yang didapat dari peralatan turbine supervisory haruslah dicatat, diamati dan dievaluasi dengan tepat untuk melihat gejala kerusakan yang terjadi dan parameter-parameter itu tidak boleh dilampaui.

Peralatan turbin supervisory adalah alat-alat untuk mengukur eksentrisitas, getaran, temperatur bantalan, kecepatan, posisi rotor dan pemakaian thrust bearing.

Kebersihan

Dalam pemeliharaan turbin uap, kebersihan sangat besar pengaruhnya terhadap keamanan operasi turbin, oleh sebab itu kebersihan pada saat turbin beroperasi tidak boleh ditinggalkan, seperti kebocoran minyak pelumas.

❖ Pemeliharaan Dalam Keadaan Tidak Beroperasi

Biasanya pemeliharaan dalam keadaan tidak beroperasi dapat dilakukan pada saat periodic inspection yaitu pada simple inspection, mean inspection dan serious inspection. Pada keadaan tertentu dapat dilakukan juga pemeliharaan tak terjadwal, tetapi hal ini tidak boleh melampaui lama waktu yang diperlukan oleh kegiatan utama dan ini hanya dilakukan pada peralatan yang pada pengamatan sebelumnya menunjukkan adanya kelainan.

Pemeliharaan dalam keadaan beroperasi mencakup :

Pemeliharaan Rotor Turbin

Pemeliharaan simple inspection pada rotor turbin dilakukan tanpa harus mengangkat upper casing. Hal ini hanya berupa pemeriksaan pada sudu turbin tingkat akhir dengan jalan melihatnya dari bagian atas kondensor setelah menhole disisi turbin exhaust dibuka. Pemeriksaan yang dilakukan diantaranya adalah :

- Kemungkinan adanya kerak yang menempel pada sudu akhir.
- Kemungkinan terjadinya keretakan.
- Kemungkinan terjadinya gesekan.
- Kerusakan akibat benda asing.
- Korosi dan erosi.

Sedangkan pada mean inspection dan serious inspection, seluruh bagian atas rotor diperiksa dan diperbaiki. Pemeriksaan dilakukan dengan cara membuka upper casing,

melepas kopling, membuka bantalan dan komponen lainnya hingga rotor dapat diangkat dan ditopang pada dudukan khusus yang disediakan.

Pemeliharaan Stator Turbin

Pemeliharaan ini dilakukan dengan terlebih dahulu membuka upper casing, kemudian angkat rotor dengan hati-hati, lalu lakukan pekerjaan pemeliharaan, pemeriksaan dan perbaikannya, yaitu :

- Periksa adanya kerak pada sudu tetap, bersihkan dengan sand-blast.
- Laksanakan pemeriksaan pada permukaan flanges upper dan lower casing.
- Bersihkan ulir-ulir pada baut dan mur.
- Periksa bekas bocoran uap melalui celah pada flanges antara upper dan lower casing.
- Periksa akibat korosi dan erosi pada labyrinth dan sudu-sudu.
- Periksa dan perbaiki kerusakan pada sudu-sudu tetap.
- Periksa keretakan-keretakan pada setiap bagian stator.

Pemeriksaan Bantalan

Turbin uap memiliki dua jenis bantalan yaitu bantalan journal aksial dan bantalan aksial (thrust bearing). Pemeriksaan dan pemeliharaan pada bantalan-bantalan ini dilakukan baik pada Si, Me maupun Se. Pemeriksaan yang perlu dilakukan diantaranya :

- Pengukuran Clearance.
- Pemeriksaan bekas kontak / gesekan antara journal dengan bearing.
- Goresan-goresan pada permukaan babbitt (white metal).
- Babbitt yang terkelupas.
- Keretakan.
- Cacat cathodic.

Pemeriksaan Labyrinth (Gland seal)

Pada Si, labyrinth tidak dibuka karena tidak dilakukan pemeriksaan terhadapnya, tetapi hanya dilakukan pemeriksaan pada sistem uap perapatnya. Sedangkan pada Me dan Se juga dilakukan pemeriksaan pada keadaan labyrinth-nya.

Penyetelan Clearance Rotor dan Stator

Jarak celah atau clearance antara rotor turbin dan stator, terutama pada sisi tekanan tinggi sangatlah sempit dan kemungkinan akan terjadinya gesekan antara rotor dengan stator apabila celah ini tidak disetel dengan baik. Jarak clearance ini telah ditetapkan oleh pabrikan dan penyetelannya harus dalam batas-batas yang ditentukan pabrikan. Pengukuran dapat dilakukan dengan fuller, dial gauge, kawat timah dan alat ukur lainnya.

Penyebarisan Poros

Dalam kenyataannya posisi turbin dalam keadaan diam dan dingin, tidak lurus sama sekali, sehingga posisi satu poros dengan poros lainnya tidak lurus/ sebaris, misalnya poros turbin dengan poros generator, atau poros turbin tekanan tinggi dengan poros turbin tekanan rendah. Ketidaksebarisan ini diakibatkan oleh melengkungnya poros akibat dibebani rotor. Besarnya kelelengkungan akan tergantung dari beban rotor dan kekakuan poros.

Dengan demikian satu poros dengan poros lainnya sengaja tidak dibuat sebaris, akan tetapi dibuat sedemikian rupa sehingga ada ketidaksebarisan yang besarnya sudah ditentukan oleh pabrik pembuat. Diharapkan pada saat turbin berputar dan panas, posisi poros akan menjadi sebaris baik arah aksial maupun radial. Dalam pelaksanaan penyebarisan pada turbin generator tertentu harus sesuai dengan ketentuan pabrik.

Pemeliharaan Sistem Governor

Pemeliharaan ini meliputi pemeliharaan terhadap katup uap utama, katup pengatur (governor valve) dan intercept valve serta sistem kontrol governor dan proteksi putaran lebih (over speed).

Hal-hal yang dilakukan mencakup pemeriksaan, pembersihan dan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak. Setelah dilakukan pemeriksaan dan perbaikan pada katup-katup, kemudian dilakukan penyetelan kembali yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pengujian pada Peralatan Proteksi

Setelah pekerjaan inspection selesai dilakukan, perlu adanya pengujian pada peralatan proteksi untuk menjamin agar turbin bekerja dengan aman. Pengujian dilakukan pada :

- Overspeed trip
- Low bearing oil pressure trip

Turbin uap merupakan komponen utama di dalam suatu Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang perlu dipelihara dengan baik, karena pemeliharaan merupakan salah satu faktor yang menentukan keandalan, safety, efisiensi dan life time. Karena itu masalah pemeliharaan harus mendapat perhatian yang sungguh-sungguh baik segi pengorganisasiannya, perencanaannya maupun pelaksanaannya. Akan lebih baik apabila telah dimiliki buku pedoman standard untuk pemeliharaan turbin uap, sehingga didalam merencanakan, pemeliharaan dapat digunakan untuk mempersiapkan tenaga kerja, peralatan, spare parts/material serta waktu yang diperlukan.

Karena sifat turbin uap yang sangat utama, maka pada umumnya turbin uap dipelihara secara periodik atau *Time Based Maintenance* (Pemeliharaan berdasarkan jam operasi) sehingga setelah turbin uap yang bersangkutan menjalani jangka waktu operasi tertentu harus dilakukan pemeriksaan, perbaikan atau penggantian pada komponen-komponennya.

Untuk lebih meningkatkan keandalan dan safety, *Time Based Maintenance* tersebut diatas akan di tunjang oleh *Condition Based Maintenance* (Pemeliharaan berdasarkan kondisi) dengan cara memonitor kondisi turbin uap secara terus menerus dan melakukan koreksi/perbaikan apabila diperlukan. Pemeriksaan secara harian sebaiknya dilakukan untuk mengetahui keadaan alat secara menyeluruh dan umum, beberapa kegiatan yang dilakukan harus tercatat dan beberapa nilai counter yang cukup penting harus dicek sesering mungkin, sehingga bila ada masalah dapat dilakukan penghentian alat secara terjadwal.

❖ **Langkah – langkah kerja Overhaul Turbin**

a. Penanggung Jawab

Instruksi kerja Overhaul ini yang bertanggung jawab melaksanakan adalah Kasi Mekanik Turbin.

b. Langkah – langkah kerja

Disassembling

❖ Buka kap seng rumah Turbin tekanan tinggi (HP)



Gambar 3. Turbin Tekanan tinggi (HP)



Gambar 4. Turbin Tekanan rendah (LP)

- ❖ Pasang Scaffolding di sekitar rumah Turbin tekanan tinggi (HP) & tekanan rendah (LP)
- ❖ Bongkar isolasi rumah Turbin HP dan LP
- ❖ Pengukuran dan blokir pegas – pegas rumah Turbin dan kondensor
- ❖ Pengambilan data alignment antara rotor Turbin HP – LP – Rotor generator
- ❖ Buka pipa oli control system, pelumasan dan pipa gland bushing
- ❖ Membuka seluruh kop bearing bagian – bagian kopling



Gambar 5. Kopling

- ❖ Buka baut flangs pipa uap masuk turbin sisi kiri dan kanan
- ❖ Potong welded gasket pipa uap masuk sisi kiri dan kanan
- ❖ Potong pipa extraction 2
- ❖ Buka baut chasing dengan alat pemanas baut



Gambar 6. Outer Casing

- ❖ Angkat rumah turbin HP bagian atas
- ❖ Angkat rumah turbin LP bagian atas
- ❖ Buka gland bushing HP LP depan dan belakang bagian atas
- ❖ Membuka stator dan steam chamber HP bagian atas
- ❖ Membuka stator LP bagian atas dengan alat pemanas baut
- ❖ Membuka stator LP bagian atas
- ❖ Membuka Journal bearing HP – LP depan dan belakang bagian atas dan axial bearing



Gambar 7. Journal bearing



Gambar 8. Thurst bearing

- ❖ Mengangkat rotor turbin HP dan rotor turbin LP
- ❖ Membuka gland bushing HP – LP depan dan belakang bagian bawah
- ❖ Membuka stator dan steam chamber HP bagian bawah



Gambar 9. Stator

- ❖ Membuka stator LP bagian Bawah
- ❖ Membuka katup penutup cepat (SSV) sebelah kiri dan kanan
- ❖ Membuka semua bearing bagian bawah
- ❖ Pembersihan komponen – komponen yang telah di lepas
- ❖ Membuka semua pompa – pompa oli
- ❖ Perbaiki dan persiapan penggantian komponen – komponen turbin yang rusak

Assembling HP – LP

- ❖ Perataan permukaan rumah turbin HP – LP bagian atas dengan rumah turbin bagian bawah memakai blue check
- ❖ Pasang bearing bagian bawah Turbin HP/LP depan dan belakang
- ❖ Pasang inner chasing turbin HP/LP bagian bawah
- ❖ Pasang rotor turbin HP/LP dalam rangka penyetelan
- ❖ Pasang stator turbin HP/LP bagian atas
- ❖ Penyetelan clearance axial dan radial rotor terhadap stator secara berurutan
- ❖ Pasang gland bushing depan dan belakang bagian bawah turbin LP
- ❖ Pasang rumah turbin HP/LP bagian atas
- ❖ Pengencangan baut chasing dengan alat pemanas baut
- ❖ Pengukuran delta panjang baut pengikat rumah turbin
- ❖ Pasang baut flanges pipa uap masuk turbin pada empat posisi sisi kiri dan kanan
- ❖ Pengelasan welded gasket pada pipa uap masuk turbin sisi kiri dan kanan
- ❖ Pengencangan baut flanges pipa masuk uap turbin sisi kiri dan kanan
- ❖ Pemasangan pipa extraction 2 dengan pengelasan

- ❖ Cek alignment rotor terhadap rumah turbin bagian depan dan bagian belakang HP/LP
- ❖ Cek axial roto terhadap rumah turbin HP/LP
- ❖ Pemasangan kop bearing HP/LP bagian depan dan belakang
- ❖ Pemasangan isoolasi rumah turbin
- ❖ Pemasangan instalasi control system (Hidraulik & EHU) dan pelumas
- ❖ Pemasangan pompa – pompa oli dan komponennya
- ❖ Bongkar scaffolding
- ❖ Melepas mur blokir pegas – pegas rumah turbin HP dan kondensor
- ❖ Allignment Rotor turbin HP/LP dangenerator
- ❖ Flushing instalasi pipa oli pelumas
- ❖ Drehvorrichtung (putaran stsndby dengan oli)
- ❖ Penyemenan isolasi rumah turbin
- ❖ Asang kap seng rumah turbin

Pengujian

- ❖ pengujian proteksi turbin
- ❖ pengujin control system (Hidralik & EHU)
- ❖ Star Up

Data pendukung

- ❖ Manual of operation and maintenance. Guide No : 0300 – 00YM – 50
- ❖ Steam turbin starup diagram
- ❖ Formulir Assembling

Bahan Bacaan 3

1. Laporan Pemeliharaan Penggerak Mula (Prime Mover)

a. Laporan Pemeliharaan

Laporan pemeliharaan, khususnya pemeliharaan besar (*overhaul*), haruslah memuat hal-hal sebagai berikut:

1) Tanggal pelaksanaan

Hal-hal yang dibutuhkan antara lain adalah:

- Membandingkan pelaksanaan pemeliharaan dengan rencananya
- Jika ada penyimpangan terhadap rencana, harus dijelaskan penyebabnya.
- Membandingkan pelaksanaan pemeliharaan kali ini dengan pelaksanaan pemeliharaan sebelumnya. Perlu dicatat selang waktunya (*time between overhaul*) serta kecenderungan yang teramati, misalnya tampak poros peralatan memerlukan penggantian bantalan yang lebih tebal.

○ Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan

Pekerjaan pemeliharaan secara umum adalah sebagai berikut:

- Membongkar dan atau membuka bagian-bagian tertentu dari unit pembangkit, misalnya membuka tutup stator generator, tutup drum ketel PLTU atau membuka *cylinder head* mesin diesel.
- Memeriksa secara visual atau menggunakan instrumen terhadap bagian-bagian yang telah dibuka, misalnya memeriksa keadaan kontak-kontak saklar dan mengukur tahanan kontakannya serta mengukur kecepatan mekanisme penggerakannya, termasuk relai pengamannya.
- Melakukan pembersihan bagian-bagian alat atau instalasi, baik secara manual maupun menggunakan alat atau menggunakan bahan kimia, misalnya membersihkan kontak-kontak saklar dengan kertas gosok (*amplas*) dan bahan kimia serta membersihkan bagian-bagian pipa ketel uap yang tidak terjangkau oleh *soot blower* (*peniup jelaga*). Pembersihan saluran air pendingin beserta pipa-pipanya untuk PLTU yang menggunakan air laut sebagai air pendingin memerlukan alat-alat mekanik dan bahan kimia.
- Melakukan penggantian suku-suku (*parts*) tertentu dan melakukan perbaikan-perbaikan, misalnya penggantian perapat (*seal*) pada katup uap PLTU atau pada katup air PLTA dan melakukan pekerjaan las untuk memperbaiki ruang bakar (*combustion*

chamber) PLTG yang retak. Pada mesin diesel, suku-suku (*parts*) yang perlu diganti umumnya adalah *piston ring* (*cincin pengisap*), *seals* (*perapat*), *injector* BBM, dan bantalan-bantalan.

- Melakukan penyetelan dan peneraan alat-alat ukur, alat-alat kontrol, dan alat-alat proteksi.
- Menutup kembali bagian-bagian yang dibuka.
- Melakukan uji-coba dan membandingkan kinerja unit pembangkit sebelum dan sesudah menjalani pemeliharaan.
- Penggunaan suku-suku (*parts*) serta material dalam melaksanakan pekerjaan pemeliharaan, volume maupun harganya.
- Penggunaan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan pemeliharaan, baik hari, orangnya beserta klasifikasi dan biayanya.
- Rekomendasi untuk operasi dan pemeliharaan yang akan datang.
- Perhitungan biaya pemeliharaan dalam rupiah per kWh, yaitu jumlah biaya pemeliharaan kali ini dibagi dengan jumlah produksi kWh dalam selang waktu antara pemeliharaan sebelum ini dengan pemeliharaan ini.

Berdasarkan laporan pemeliharaan, maka pihak manajemen akan menentukan langkah-langkah selanjutnya, misalnya unit pembangkit yang bersangkutan masih tetap akan digunakan atau lebih baik dihapus. Pertimbangan ini juga mencakup perkembangan teknologi unit pembangkit yang lebih efisien dan ekonomis.

Laporan Kerusakan

Kerusakan adalah hal yang tidak dikehendaki untuk terjadi, tetapi kenyataannya dalam praktik, hal ini banyak terjadi. Oleh karena itu, setiap kerusakan perlu dianalisis penyebabnya dengan harapan agar tidak terulang kembali (dapat dihindari). Untuk dapat menganalisis penyebab kerusakan, diperlukan laporan kerusakan yang memadai. Oleh karena itu, laporan kerusakan harus berisi hal-hal sebagai berikut:

- Tanggal dan jam (pukul) terjadinya kerusakan.
- Situasi sistem tenaga listrik sewaktu terjadi kerusakan tersebut. Hal ini terutama diperlukan apabila yang mengalami kerusakan adalah suatu alat yang beroperasi dalam sistem interkoneksi, misalnya generator unit pembangkit. Ada kalanya gangguan dalam sistem menyebabkan rusaknya suatu alat, tetapi ada kalanya juga kerusakan suatu alat akan menimbulkan gangguan dalam sistem.
- Data dan informasi mengenai kerusakan yang sudah pernah terjadi sebelumnya.
- Parameter-parameter, seperti: arus, tegangan, daya, suhu, tekanan, dan lain-lain yang berkaitan dengan alat yang rusak, sebelum dan sesudah kerusakan terjadi.
- Jika menyangkut kerusakan unit pembangkit, maka laporan *overhaul* (pemeliharaan besar) yang terakhir perlu dilampirkan.

Berdasarkan laporan kerusakan tersebut di atas, kemudian perlu dianalisis penyebab timbulnya kerusakan tersebut. Jika penyebab kerusakan sudah ditemukan, pihak manajemen harus melakukan langkah-langkah pencegahan terulangnya kerusakan serupa.

Analisa kerusakan

Beberapa kerusakan berat beserta penyebabnya berdasarkan hasil pengamatan adalah sebagai berikut:

- Kerusakan sudu-sudu turbin PLTU
Penyebab kerusakan, sudu-sudu kebocoran kondensor yang menyebabkan air laut pendingin masuk ke dalam sirkuit uap sehingga garam laut (NaCl) ikut dalam uap dan menggigit sudu-sudu turbin uap sampai akhirnya rusak. Langkah pencegahan antara lain adalah Unit PLTU harus segera dihentikan apabila ada tanda-tanda air laut masuk ke dalam sirkuit uap. Air ketel harus dibersihkan dari kontaminasi NaCl dan kebocoran kondensor diperbaiki.

- Poros engkol mesin diesel patah
Penyebab kerusakan, bantalan utama (*main bearing*) dari poros engkol aus dan tidak diganti dengan yang baru sehingga defleksi poros engkol menjadi besar. Ini mengakibatkan poros engkol mengalami getaran besar dan patah. Langkah pencegahan defleksi poros engkol harus selalu dikontrol sebulan sekali sesuai lihat buku petunjuk dari pabrik dan defleksi ini harus diperbaiki dengan mengganti bantalan utama yang aus.
- *Cylinder head* mesin diesel retak, penyebabnya adalah:
 - Pengabut BBM (*fuel injection*) fungsinya kurang baik sehingga pengabutan BBM dalam silinder tidak sempurna dan terjadi *hot spot* pada *cylinder head* yang menimbulkan keretakan. Tidak sempurnanya kerja pengabutan ini terlihat dari tingginya suhu gas buang di mana dapat mencapai 5000 C pada beban penuh (seharusnya hanya sekitar 4500 C). Langkah pencegahannya mengganti pengabut tersebut di atas dengan baik atau menyetelnya supaya fungsinya normal kembali.
 - Air pendingin *cylinder head* yang kurang bersih sehingga timbul kerak dalam lubang-lubang air pendingin *cylinder head* tersebut. Hal ini menyebabkan pendinginan *cylinder head* terganggu sehingga timbul *hot spot* yang selanjutnya menyebabkan keretakan, langkah pencegahannya adalah membersihkan air pendingin.
- Sudu-sudu turbin gas rusak, penyebabnya adalah:
 - Kompresor kotor sehingga tekanan udara yang dihasilkannya kurang besar. Akibatnya adalah tekanan udara pembakaran dalam ruang bakar yang berasal dari kompresor berkurang sehingga gas hasil pembakaran yang menuju turbin suhunya naik.
 - Tekanan udara pendingin sudu-sudu turbin yang berasal dari kompresor turun sehingga efektivitas pendinginannya turun. Akibat dari butir 1 dan butir 2 di atas, sudu-sudu turbin gas mengalami pemanasan berlebihan (*overheating*) karena suhu gas hasil pembakaran penggerak turbin sekitar 1.3000C

(sudah mendekati titik cair besi), maka *overheating* inilah yang merusak sudu-sudu turbin gas. Langkah pencegahannya, kompresor dibersihkan dan saringan udaranya diganti. Kondisi tersebut di atas dapat dideteksi dari pengamatan suhu gas buang yang lebih tinggi dari suhu normal. Suhu normal adalah sekitar 4000⁰C.

- *Overheating* seperti tersebut di atas juga dapat terjadi karena pengabut (khususnya jika menggunakan BBM) tidak berfungsi dengan baik sehingga pengabutan BBM tidak berlangsung sempurna dalam ruang bakar dan ada butir-butir BBM (yang relatif besar) terbakar dalam ruang turbin. Inilah yang menyebabkan *overheating* pada sudu-sudu turbin. Kejadian ini terdeteksi dari naiknya suhu gas buang dan turunnya efisiensi unit. Langkah pencegahannya, memperbaiki atau mengganti pengabut.
- Kerusakan saluran air di sisi hilir PLTA sehingga air masuk ke ruang turbin dan generator dan akhirnya menimbulkan kerusakan pada turbin dan generator
Penyebab kerusakan adalah tanah longsor di tepi saluran air sisi PLTA. Tanah longsor ini menimbun saluran air tersebut sehingga permukaan air saluran naik dan masuk ke ruang turbin serta generator. *Langkah pencegahannya adalah dengan memasang talud yang cukup kuat dan menanam tanaman pencegah tanah mengalami longsor.*
- Laporan dan Analisis Gangguan
Gangguan adalah kejadian yang menyebabkan PMT trip tidak atas kehendak (tindakan) operator. Laporan gangguan harus mencantumkan hal-hal sebagai berikut:
 - Tanggal dan waktu terjadinya gangguan.
 - Relai-relai yang bekerja.
 - Proses mengatasi gangguan.
 - Kerugian yang terjadi akibat gangguan.
 - Penyebab gangguan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran Pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)? Sebutkan!
2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-05. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mendiskusikan hal-hal berikut ini.

Aktivitas 1. Menganalisis Kegiatan Pemeliharaan Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Saudara diminta untuk Menganalisis pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang kegiatan pemeliharaan. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati kegiatan pemeliharaan? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya kerjakan LK-06 dengan dipandu pertanyaan berikut :

1. Mengapa diperlukan kegiatan pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk merawat penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah dirawat?
2. Menurut Saudara kegiatan perawatan manakah yang memerlukan perhatian ekstra?
3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1 tentang analisis pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)

Aktivitas 2. Merumuskan Cara Pemeliharaan Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Setelah saudara melakukan aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 saudara akan mendiskusikan cara melakukan pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*) pada sebuah sistem pembangkit tenaga listrik. Untuk kegiatan ini saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Apa yang diperlukan untuk melakukan kegiatan pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, apa saja yang perlu dirawat pada penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah dirawat?
2. Bagaimana cara pemeliharaan pada turbin air?
3. Bagaimana cara pemeliharaan pada turbin uap?
4. Bagaimana cara pemeliharaan pada turbin gas?

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-07 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 2 sebagai referensi.

Aktivitas 3. Mendiskusikan Realisasi Pemeliharaan Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Setelah saudara melakukan aktivitas 2, maka pada aktivitas 3 saudara akan mendiskusikan bagaimana melakukan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. Untuk kegiatan ini saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !
2. Menurut pendapat saudara jenis perawatan apa yang perlu dilakukan pada turbin air dan turbin uap? Jelaskan !
3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan perawatan rutin (harian) ? Jelaskan !
4. Lakukan pengelompokan bagian-bagian turbin menurut cara perawatannya !

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-08 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 1 dan 2 sebagai referensi.

Aktivitas 4. Mendiskusikan Laporan Pemeliharaan Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Setelah saudara melakukan aktivitas 3, maka pada aktivitas 4 saudara akan mendiskusikan bagaimana membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. Untuk kegiatan ini saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !
2. Menurut pendapat saudara apa yang paling penting yang harus ada di dalam laporan pemeliharaan turbin air, turbin uap, dan turbin gas? Jelaskan !

3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan perawatan rutin (harian) ? Jelaskan !
 4. Buatlah laporan pemeliharaan turbin air, turbin uap, dan turbin gas !
- Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-08 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 3 sebagai referensi.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

1. Jelaskan tujuan pemeliharaan!
2. Langkah-langkah apa saja yang harus dilakukan dalam melakukan pemeliharaan unit pembangkit?
3. Jelaskan perencanaan pemeliharaan periodic rutin pada salah satu unit pembangkit, terutama penggerak mula (*prime mover*)!
4. Buatlah rancangan laporan kegiatan persiapan dan pelaksanaan pemeliharaan unit pembangkit. Diskusikan bersama peserta diklat yang lain!
5. Buatlah rancangan pemeliharaan pada penggerak mula (*prime mover*) pada unit pembangkit yang belum dijelaskan di dalam modul ini (mulai dari perencanaan, tahap pelaksanaan, sampai penyusunan laporan)!

F. Rangkuman

1. Pemeliharaan bertujuan mempertahankan efisiensi, kehandalan, dan umur ekonomis. Tujuan pemeliharaan suatu alat atau mesin adalah: Mempertahankan efisiensi, Mempertahankan keandalan, dan Mempertahankan umur Ekonomis. Dalam perkembangannya, pemeliharaan dilaksanakan sebagai berikut : Pemeliharaan bila ada gangguan atau kerusakan, Pemeliharaan periodik. Pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*).
2. Pemeliharaan pada PLTD bertujuan Melakukan segala aktifitas terhadap PLTD, untuk mempertahankan unjuk kerja semula atau mengembalikan

kepada kondisi semula secara optimal, agar aset fisik (PLTD) tersebut dapat memenuhi syarat fungsinya sesuai tujuan dan Sasarannya.

3. Masalah utama yang timbul pada pengoperasian PLTA adalah timbulnya kavitasi pada turbin air. Kavitasi terjadi di bagian-bagian turbin yang mengalami perubahan tekanan air secara mendadak, misalnya pada pipa pembuangan air turbin. Kavitasi menjadi makin besar apabila beban turbin makin kecil. Oleh karena itu, ada pembatasan beban minimum turbin air (kira-kira 25%). Bagian terbesar dari biaya pemeliharaan PLTA adalah biaya perbaikan atau penggantian bagian-bagian turbin air yang menjadi keropos akibat kavitasi.
4. Pemeliharaan adalah memelihara / merawat serta menjaga setiap saat agar instalasi PLTA beserta alat-alat bantu selalu dalam kondisi siap operasi. Tujuan pemeliharaan adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan baik unit dalam keadaan beroperasi maupun stand by, mempertahankan unjuk kerjanya. perawatan plta terdiri dari : Time base maintenance, Routine maintenance, Periodic yerly maitenance
5. Pada PLTG Perawatan (*maintenance*) adalah suatu kegiatan yang menjamin mesin/alat mampu untuk terus-menerus melakukan apa yang diinginkan oleh pemakai (*user*). Banyak sekali jenis-jenis dari kegiatan *maintenance*, tetapi hal ini tergantung kebijakan dari tiap-tiap perusahaan dalam penerapannya : *Breakdown Maintenance*, *Preventive Maintenance*, *Reliability Centered Monitoring*, *Risk Base Inspection*, dan *Total Preventive Maintenance*. Didalam pelaksanaan strategi pemeliharaan terdapat tiga macam cara / katagori yakni *Breakdown maintenance*, *Regular preventive maintenance / time based maintenance*, *Condition based maintenance / Predictive maintenance*
6. Pemeliharaan Turbin Uap terdiri atas Pemeliharaan Berdasarkan Periode (*Time Based Maintenance*), yaitu *Simple Inspection* atau *Si* (8.000 jam operasi), *Mean Inspection* atau *Me* (16.000 jam operasi), *Serious Inspection* atau *Se* (32.000 jam operasi). Pemeliharaan Berdasarkan Kondisi (*Condition Based Maintenance*), Pemeliharaan Dalam Keadaan Beroperasi (Pemeliharaan Rutin, Peralatan Stand-by), Pemeliharaan Dalam Keadaan Tidak Beroperasi

7. Laporan pemeliharaan, khususnya pemeliharaan besar (*overhaul*), haruslah memuat hal-hal sebagai berikut Tanggal pelaksanaan, Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan, Penggunaan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan pemeliharaan, baik hari, orangnya beserta klasifikasi dan biayanya, Rekomendasi untuk operasi dan pemeliharaan yang akan datang, Perhitungan biaya pemeliharaan dalam rupiah per kWh, yaitu jumlah biaya pemeliharaan kali ini dibagi dengan jumlah produksi kWh dalam selang waktu antara pemeliharaan sebelum ini dengan pemeliharaan ini.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik :

1. Dapat Menganalisis pemeliharaan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
2. Dapat Merumuskan cara pemeliharaan penggerak mula (prime mover) yang digunakan dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
3. Dapat Merealisasikan pemeliharaan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
4. Dapat Membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

Tindak Lanjut :

4. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar
5. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
6. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-2

LK - 05

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)? 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 – 06

1. Mengapa diperlukan kegiatan pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk merawat penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah dirawat?

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

2. Menurut Saudara kegiatan perawatan manakah yang memerlukan perhatian ekstra?

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

3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

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

LK-07

1. Apa yang diperlukan untuk melakukan kegiatan pemeliharaan penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, apa saja yang perlu dirawat pada penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah dirawat?

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

2. Bagaimana cara pemeliharaan pada turbin air?

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

3. Bagaimana cara pemeliharaan pada turbin uap?

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

4. Bagaimana cara pemeliharaan pada turbin gas?

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

LK-08

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !

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

2. Menurut pendapat saudara jenis perawatan apa yang perlu dilakukan pada turbin air dan turbin uap? Jelaskan !

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

3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan perawatan rutin (harian) ? Jelaskan !

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

4. Lakukan pengelompokan bagian-bagian turbin menurut cara perawatannya !

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

LK-09

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam membuat laporan pemeliharaan penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !

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

2. Menurut pendapat saudara apa yang paling penting yang harus ada di dalam laporan pemeliharaan turbin air, turbin uap, dan turbin gas? Jelaskan !

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

3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan perawatan rutin (harian) ? Jelaskan !

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

4. Buatlah laporan pemeliharaan turbin air, turbin uap, dan turbin gas !

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

Kegiatan Pembelajaran KB3

Penginspeksian Penggerak Mula dalam Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik

A. Tujuan

Peserta diklat dapat memahami dan melakukan penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Merencanakan cara penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
2. Merealisasikan cara penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
3. Menganalisa hasil penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
4. Membuat laporan penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1

1. Perencanaan Inspeksi pada Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Pada dasarnya inspeksi adalah pemeliharaan, bedanya adalah inspeksi dilakukan oleh orang-orang terlatih, dan berasal dari lembaga resmi yang diakui oleh Pemerintah. Inspeksi adalah pemeriksaan kritis terhadap sesuatu yang diarahkan ke beberapa tujuan yang telah ditentukan. Inspeksi ini adalah membandingkan dan menentukan kesesuaian suatu produk dengan spesifikasinya. Sebelum pemeriksaan dilakukan, pemeriksa harus mengetahui dan memahami kriteria pemeriksaan (spesifikasi yang) untuk item yang sedang diperiksa. Misalnya, inspector (orang yang melakukan pemeriksaan) yang memeriksa *compressor blade*, pada spesifikasi untuk pisau kompresor menyatakan pencampuran mulus tanpa goresan, dan ketajaman, umur dan perubahan warna.

Setiap instalasi tenaga listrik yang beroperasi wajib memiliki Sertifikat Laik Operasi (Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009, Tentang Ketenagalistrikan). Untuk itu, harus dilakukan inspeksi berkala. Berikut ini adalah beberapa kegiatan yang dilakukan pada saat inspeksi ketenagalistrikan, termasuk pada bagian penggerak mula (*prime mover*) :



Gambar 10. Memeriksa dan Menguji Instalasi Gardu Induk



Gambar 11. Memeriksa dan Menguji Instalasi Distribusi Tenaga Listrik



Gambar 12. Memeriksa dan Menguji Performance Sebuah Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik



Gambar 13. Memeriksa Instalasi Gas Engine



Gambar 14. Memeriksa dan Menguji Performance Turbin



Gambar 15. Memeriksa dan Menguji Performance Generator



Gambar 16. Memeriksa dan Menguji Performance Switchgear



Gambar 17. Memeriksa Instalasi Steam Turbine



Gambar 18. Memeriksa Instalasi Generator



Gambar 19. Memeriksa dan Menguji Performace Transformer



Gambar 20. Memeriksa Intalasi Pengamanan Dari Bahaya Petir



Gambar 21. Memeriksa Perlengkapan Pengaman Kebakaran



Gambar 22. Memeriksa Instalasi Kontrol Panel

2. PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air)

Komisioning (inspeksi) pada instalasi Unit PLTA merupakan rangkaian dari beberapa kegiatan pemeriksaan dan pengujian atas beberapa subsistemnya, yaitu:

- Komisioning Turbin Air

- Komisioning Generator dan Eksitasi
- Komisioning Bay Trafo Generator
- Komisioning Unjuk Kerja
- Komisioning Instalasi Listrik Bangunan lainnya

Masing-masing komisioning tersebut di atas dilaksanakan dalam beberapa tahapan kegiatan meliputi pemeriksaan /inspeksi dan pengujian, yaitu:

- Inspeksi dan pemeriksaan pendahuluan (**Preliminary Inspection**)
- Uji Individual
- Uji Subsisitem
- Uji Sistem

1. **Pengertian**

- Yang dimaksud dengan Unit PLTA dalam pedoman ini adalah kesatuan peralatan-peralatan utama dan alat-alat bantu serta perlengkapannya yang tersusun dalam hubungan kerja.
- Membentuk sistem untuk mengubah energi potensial yang terkandung pada air menjadi tenaga mekanis dan terakhir menjadi tenaga listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak utamanya.

2. **Dokumen Komisioning Yang Harus Disiapkan**

Dokumen harus disiapkan oleh kontraktor dan pemasok/pabrik peralatan dalam rangka komisioning adalah:

- Dokumen kontrak, terutama yang menyangkut spesifikasi teknik dan garansi.
- Daftar material/peralatan (material lists), diskripsi dan sertifikat uji untuk bagian atau komponen utama.
- Gambar teknik pemasangan dan data instalasi
- Diagram logik, diagram garis tunggal, diagram skematis
- Kurva unjuk kerja dan kurva koreksi
- Instruksi atau buku petunjuk pengoperasian, inspeksi dan pemeliharaan

- Instruksi perakitan atau pembongkaran dari peralatan atau bagian peralatan
- Instruksi tentang keselamatan (safety instruction)
- Daftar suku cadang asli, sebagaimana disebutkan dalam kontrak
- Buku-buku standar yang berkaitan dengan instalasi/peralatan yang diuji
- Buku petunjuk pabrik, tabel ataupun kurva-kurva untuk koreksi perhitungan.
- Jadwal komisioning
- Prosedur pengujian
- Laporan pengujian pabrik
- Hasil pemeriksaan, pengujian dan pengukuran yang dilakukan oleh kontraktor dan pabrikan yang dituangkan dalam blangko atau formulir yang sesuai beserta evaluasinya.
- Data-data lain yang diperlukan untuk pengoperasian dan pemeliharaan unit seperti: data dan karakteristik peralatan; diskripsi tentang berbagai sistem bahan bakar; sistim pendinginan; sistem pelumasan; nilai-nilai batas suhu; nilai batas tekanan.
- Dokumen tersebut di atas harus sudah tersedia sebelum dan selama komisioning dilaksanakan

3. Tahapan Kegiatan Komisioning

Secara umum pelaksanaan komisioning unit pembangkit terbagi dalam beberapa tahap kegiatan sbb.:

- Pemeriksaan pendahuluan
- Uji individual
- Uji sub sistem, meliputi: Uji sequential interlock, Uji proteksi, Uji kontrol elektrik/pneumatic, Uji jalan sistim
- Uji sistim, meliputi: Uji alat-alat pengaman/Uji jalan tanpa beban, Uji Jalan berbeban (loading test), Uji lepas beban (load rejection test)
- Pemeriksaan (inspection)
- Uji keandalan (reability test)
- Uji unjuk kerja (performance test)

- Komisioning dimulai setelah pemasangan selesai, yaitu setelah Uji Pra Komisioning selesai dilakukan ditandai dengan diserahkannya Lembar Pernyataan yang menyatakan bahwa peralatan siap untuk diuji.
- Setelah komisioning selesai dan serah terima unit pembangkit dapat dilaksanakan, mulailah masa garansi dalam kurun waktu tertentu yang telah disepakati bersama. Setelah masa garansi berakhir, penerimaan akhir (**final acceptance**) dapat dilakukan dan tanggung jawab beralih sepenuhnya pada pemilik

4. **Pedoman Pokok**

Kriteria yang dipakai untuk menilai instalasi didasarkan pada:

- Ketentuan-ketentuan pada kontrak terutama yang menyangkut spesifikasi peralatan dan yang menyangkut garansi.
- Standar yang berlaku
- Sertifikat pengujian pabrik
- Ketentuan-ketentuan dari pabrik penjualnya yang telah disepakati oleh kedua pihak.

5. **Ketentuan Penilaian / Evaluasi**

- Instalasi PLTA harus memenuhi semua persyaratan yang menyangkut keselamatan kerja dan keselamatan umum serta persyaratan lingkungan yang diatur dalam pedoman pokok Pedoman Komisioning ini.
- Hal-hal yang menyangkut keandalan sistem, instalasi PLTA harus memenuhi semua persyaratan persyaratan yang disebut dalam kontrak. Bila persyaratan mengenai keandalan ini tidak diatur dalam kontrak, maka dipakai tolok ukur yang lazim digunakan .atas dasar kesepakatan bersama antara pemilik dan kontraktor.
- Dalam menilai /mengevaluasi hasil pengujian dalam komisioning, tidak dapat ditentukanhanya sepihak saja, mengingat banyak variable-variable. Dengan demikian maka harus ditempuh beberapa kesepakatan antara lain :
 - 1) Semua pihak harus sepakat mengenai cara penyelesaian yang akan ditempuh bila terjadi perbedaan pendapat

mengenai ketelitian pengamat, kondisi dan metode pengoperasian serta hasil akhir setiap pengujian

- 2) Semua pihak harus sepakat mengenai rumus yang akan digunakan untuk menghitung faktor kesalahan untuk mengevaluasi data serta kemungkinan kesalahan maksimal yang dapat ditoleransi tanpa harus mengulangi pengujian. Kesepakatan ini sedapat mungkin mencakup jumlah desimal yang digunakan dalam perhitungan serta kriteria pembulatan desimal.
- 3) Semua pihak harus sepakat mengenai hal-hal yang dapat membatalkan pengujian.
- 4) Dalam hal kegiatan pemeriksaan, perlu dicapai kesepakatan mengenai sejauh mana hasil pemeriksaan bersama dapat mengizinkan kontraktor untuk dapat melaksanakan pekerjaan tahap berikutnya.
- 5) Semua pihak harus sepakat mengenai besaran-besaran ataupun batasan-batasan yang digunakan untuk menentukan bahwa peralatan berhasil baik dalam pengujian akan komisioning.
- 6) Semua pihak harus sepakat mengenai standard yang digunakan yang berkaitan dengan komisioning, atau mengacu pada buku petunjuk pabrik (**instruction manual**).

6. Hal-Hal Yang Perlu Diperhatikan

- Semua kelengkapan atau perlengkapan yang akan dipergunakan dalam rangka komisioning bila menyangkut konstruksi harus telah dimasukkan dalam desain konstruksi.
- Semua alat uji khususnya meter-meter, thermokopel, flow meter, trafo arus, trafo tegangan yang digunakan untuk melakukan unjuk kerja haruslah merupakan alat standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku dengan maksimum kelas 0,5. Alat ukur ini harus sudah dikalibrasi dan koreksinya harus sudah disiapkan.

- Kontraktor harus telah menyiapkan faktor faktor koreksi yang diperlukan dalam perhitungan efisiensi sebelum pengujian dilakukan.
- Pengujian dianggap syah bila dihadiri oleh pihak kontraktor dan pihak pembeli.
- Sebelum ujian dimulai, kontraktor diberi kesempatan untuk memeriksa instalasi, menguji, mengadakan modifikasi atau pengaturan yang dianggap perlu dan bila seluruh instalasi telah baik dan siap diperiksa, kontraktor memberi tahu kepada koordinator penguji bahwa semua atau sebagian instalasi sudah siap diuji.
- Pada setiap langkah pengujian perlu dilakukan evaluasi terhadap hasilnya sehingga bila terjadi penyimpangan kontraktor dapat melakukan suatu penyetelan kembali, modifikasi ataupun penggantian dan kemudian.

7. Komisioning Turbin Air

Sebagai penghasil tenaga, turbin air merupakan alat yang sangat penting untuk diperiksa baik tentang pemasangan maupun keandalan dalam operasi. Hal ini perlu untuk menjaga keselamatan dari alat itu sendiri maupun keselamatan manusianya. Turbin merupakan mesin yang harus memutar rotor generator dengan kecepatan tetap dalam keadaan berbeban maupun tidak untuk menjamin mutu listrik yang dihasilkan generator memenuhi **persyaratan yaitu frekuensi dan tegangannya harus tetap**. Turbin harus mampu menerima atau melepas beban tanpa mengalami kegagalan.

Ruang Lingkup

- Pedoman ini berlaku untuk pelaksanaan komisioning turbin air baru dengan berbagai kapasitas termasuk alat bantu dan sarana penunjang turbin air tersebut.
- Pedoman ini berlaku juga untuk setiap pemeriksaan berkala (overhaul) sistem turbin air baik dilaksanakan oleh pengelola sendiri maupun oleh pihak ketiga (kontraktor).

- Dalam hal-hal khusus, atas kesepakatan bersama secara tertulis antara pihak-pihak yang bersangkutan dapat dilakukan perubahan atau pengecualian,

Maksud Dan Tujuan

Pedoman komisioning turbin air dan alat bantu ini dimaksudkan sebagai:

- Pedoman umum yang meliputi segi teknis yang digunakan sebagai pegangan untuk melaksanakan komisioning turbin air di seluruh Indonesia, khususnya turbin uap pada pusat-pusat pembangkit baik milik PIUKU maupun milik PKUK.
 - Acuan bagi semua pihak terkait untuk mengetahui tanggung jawab masing - masing, termasuk tanggung jawab pelaksanaan dan penyiapan laporan / dokumen komisioning sesuai format dan jadwal yang ditetapkan, dan dapat dipertanggung jawabkan.
 - Rujukan dalam menyusun ketentuan-ketentuan dokumen lelang atau kontrak pembelian perlengkapan turbin uap dan alat bantu.
- b. **Inspeksi & Pemeriksaan Pendahuluan (Preliminary Inspection)**
- Dalam pemeriksaan pendahuluan, hal-hal yang diperiksa yaitu pemasangan perakitan serta kelengkapan peralatan dan pemeriksaan hasil rehabilitasi (jika ada).
 - Peralatan yang diperiksa meliputi :
 - Peralatan mekanis
 - Peralatan listrik
 - Perlengkapan kendali dan instrumen.
- c. **Uji Individu (Individual Test)**
- Peralatan yang mengalami uji individu yaitu :**
- Governor.**
- Pengujian operasi kontrol motor
 - Pengujian setelan sakelar posisi (limit switch)

- Pengujian karakteristik valve distribusi utama (main distributing valve)
- Pengujian setelan valve distribusi dan valve kontrol (closing mode valve)
- Pengujian setelan waktu membuka dan waktu menutup dari servomotor (servo motor closing and opening time)
- Pengujian setelan pukulan servomotor (servomotor stroke)
- Pengujian setelan rele
- Pengujian karakteristik statis:
- Pemeriksaan secara umum
- Pengukuran isolasi dengan merger 500 V
- Pengujian karakteristik:
 - 2) Karakteristik kecepatan detector
 - 3) Karakteristik kecepatan matcher (speed matcher)
 - 4) Kalibrasi dead band dial (dead band dial characteristic)
 - 5) Karakteristik delta F and dead band (Delta F and dead band characteristic)
 - 6) Kalibrasi 65 P dial (65 P dial calibration)
 - 7) Kalibrasi droop dial (droop dial calibration)
 - 8) Karakteristik jatuh (droop characteristic)
 - 9) Kalibrasi P-gain dial (P-gain dial calibration)
 - 10) Kalibrasi I-gain dial (I-gain dial calibration)
 - 11) Kalibrasi D1-G, D1-T dial (D1-G, D1-T dial calibration)
 - 12) Karakteristik 12 masukan-keluaran
 - 13) Karakteristik G.V return detecting (G.V return detecting characteristic)
 - 14) Karakteristik daya-arus (Power amp. Characteristic)
 - 15) Karakteristik Gov. output (Gov. output characteristic)
 - 16) Karakteristik 36 input-output (36 input-output characteristic)
 - 17) Nilai penyetelan dari komparator tegangan (Set value of voltage comparator)
- Pengukuran beban (burden measurement) :

- 1) Sirkuit pedeteksi frekuensi (frequency detecting circuit)
- 2) Suplai daya bantu (Auxillary power source)

Turbin.

- Pengukuran tekanan diferensial dari servomotor
- Kalibrasi dari RTD dan rele suhu untuk bantalan
- Pengujian sakelar penyama permukaan untuk bantalan pengarah turbin (adjustment and setting of level switch for turbinr guide bearing)
- Pengujian katub udara untuk saluran masuk udara (Operation check of air valve for draft tube air admission).
- Pengukuran output/daya mekanis
- Pengukuran daya listrik
- Pengukuran temperatur
- Pengukuran putaran
- Pengukuran level air
- Penentuan aliran air
- Pengukuran tekanan air

d. Uji Subsystem

- Uji putaran awal (Initial run)
- Uji pembebanan bantalan (Bearing heat run test)
- Uji penyetelan balansing generator (Balancing adjustment of generator).
- Uji penyetelan governor (Governor adjustment) :
 - 1) Uji respon awal sisi turun dan sisi naik (Initial response test lower and rise side).
 - 2) Uji julat penyetelan untuk perubahan kecepatan (Adjustment range of speed changer)
 - 3) Uji hubungan antara kecepatan unit dengan tegangan dari PMG (Measurement of relation between unit speed and voltage of PMG).
 - 4) Uji kecepatan lebih (Over speed test).

e. **Uji Sistem**

- Uji sinkronisasi (Synchronizing test)
- Uji start-stop otomatis (Auto start and stop measurement)
- Uji jalan (heat run test)
- Uji keluaran (Outout test)
- Uji kenaikan beban cepat (Quick load increase)
- Uji lepas beban (Load rejection test)
- Uji kerja rele pengaman (Protective relay operation test) :
 - 1) Uji berhenti darurat (Emergency stop test)
 - 2) Uji berhenti cepat (Quick stop test)
 - 3) Uji berhenti menghindari bahaya (Damage preventive stop test)
 - 4) Uji Indeks
 - 5) Uji pengukuran aliran air turbin (Turbine water flow measurement)
 - 6) Uji karakteristik rugi-rugi generator (Generator loss characteristic)
 - 7) Uji karakteristik pelepasan turbin (Turbine discharge characteristic)

f. **Laporan :**

- Laporan komisioning turbin air memuat hasil pemeriksaan dan pengujian serta kekurangan-kekurangannya ataupun hal-hal yang menggantung dan alat-alat yang masih harus diganti oleh kontraktor/fabrikan.
- Laporan komisioning turbin air memuat data/hasil pengamatan atau pengukuran selama pengujian peralatan individual, subsistem maupun sistem, yang pencatatannya disaksikan oleh kontraktor dan Tim komisioning dan Tim komisioning, perhitungan-perhitungan unjuk kerja dari peralatan dan
- sistem, sesuai dengan standar yang disepakati.

2. PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi)

Komisioning instalasi Unit PLTP merupakan rangkaian dari beberapa kegiatan pemeriksaan dan pengujian atau komisioning atas beberapa subsistemnya, yaitu:

- Komisioning Turbin Uap
- Komisioning Generator dan Eksitasi
- Komisioning Bay Trafo Generator
- Komisioning Unjuk Kerja
- Komisioning Instalasi Listrik Bangunan lainnya

Masing-masing komisioning tersebut di atas dilaksanakan dalam beberapa tahapan kegiatan meliputi pemeriksaan /inspeksi dan pengujian, yaitu:

- Inspeksi dan pemeriksaan pendahuluan (**Preliminary Inspection**)
- Uji Individual
- Uji Subsisitem
- Uji Sistem

1. Ruang Lingkup

- Pedoman ini berlaku untuk pelaksanaan komisioning PLTP baru dengan berbagai kapasitas yang menggunakan sumber energi primer air, termasuk alat bantu dan sarana penunjang PLTP tersebut.
- Pedoman ini berlaku juga untuk setiap pemeriksaan berkala (overhaul) sistem PLTP baik dilaksanakan oleh pengelola sendiri maupun oleh pihak ketiga (kontraktor).
- Dalam hal-hal khusus, atas kesepakatan bersama secara tertulis antara pihak-pihak yang bersangkutan dapat dilakukan perubahan atau pengecualian.

2. Maksud Dan Tujuan

Pedoman komisioning PLTP dimaksudkan sebagai :

- Pedoman umum yang meliputi segi teknis yang digunakan sebagai pegangan untuk melaksanakan komisioning PLTP baik

milik PIUKS, PIUKU maupun milik PKUK agar pemeriksaan dan pengujian instalasi PLTP dapat terlaksana dengan baik, seragam, transparan untuk kepentingan kelaikan teknis instalasi PLTP, dengan tingkat mutu (Acceptable Quality Level) yang disepakati bersama sebagai dasar pemberian sertifikat pemeriksaan dan pengujian, khususnya dari segi keselamatan, keamanan lingkungan dan juga dalam tingkat tertentu, keandalannya..

- Acuan bagi semua pihak terkait untuk mengetahui tanggung jawab masing-masing, termasuk tanggung jawab pelaksanaan dan penyiapan laporan/ dokumen komisioning sesuai format dan jadwal yang ditetapkan, dan dapat dipertanggung jawabkan.
- Rujukan dalam menyusun ketentuan-ketentuan dokumen lelang atau kontrak pembelian perlengkapan PLTP dan Alat Bantunya.

3. Pengertian

- Yang dimaksud dengan Unit PLTP dalam pedoman ini adalah kesatuan peralatan-peralatan utama dan alat-alat bantu serta perlengkapannya yang tersusun dalam hubungan kerja.
- Membentuk sistem untuk mengubah energi yang terkandung didalam **uap dari perut Bumi** menjadi tenaga mekanis dan terakhir menjadi tenaga listrik dengan menggunakan **uap** sebagai penggerak utamanya.

4. Dokumen Komisioning Yang Harus Disiapkan

Dokumen harus disiapkan oleh kontraktor dan pemasok/pabrik peralatan dalam rangka komisioning adalah:

- Dokumen kontrak, terutama yang menyangkut spesifikasi teknik dan garansi.
- Daftar material/peralatan (material lists), diskripsi dan sertifikat uji untuk bagian atau komponen utama.
- Gambar teknik pemasangan dan data instalasi
- Diagram logik, diagram garis tunggal, diagram skematis
- Kurva unjuk kerja dan kurva koreksi
- Instruksi atau buku petunjuk pengoperasian, inspeksi dan pemeliharaan

- Instruksi perakitan atau pembongkaran dari peralatan atau bagian peralatan
- Instruksi tentang keselamatan (safety instruction)
- Daftar suku cadang asli, sebagaimana disebutkan dalam kontrak
- Buku-buku standar yang berkaitan dengan instalasi/peralatan yang diuji
- Buku petunjuk pabrikan, tabel ataupun kurva-kurva untuk koreksi perhitungan.
- Jadwal komisioning
- Prosedur pengujian
- Laporan pengujian pabrik
- Hasil pemeriksaan, pengujian dan pengukuran yang dilakukan oleh kontraktor dan pabrikan yang dituangkan dalam blangko atau formulir yang sesuai beserta evaluasinya.
- Data-data lain yang diperlukan untuk pengoperasian dan pemeliharaan unit seperti: data dan karakteristik peralatan; diskripsi tentang berbagai sistem bahan bakar; sistim pendinginan; sistem pelumasan; nilai-nilai batas suhu; nilai batas tekanan.

Dokumen tersebut di atas harus sudah tersedia sebelum dan selama komisioning dilaksanakan

5. Tahapan Kegiatan Komisioning

- 1) Secara umum pelaksanaan komisioning unit pembangkit terbagi dalam beberapa tahap kegiatan sbb.:
 - Pemeriksaan pendahuluan
 - Uji individual
 - Uji sub sistim, meliputi:
 - Uji sequential interlock
 - Uji proteksi
 - Uji kontrol elektrik/pneumatik
 - Uji jalan sistim
 - Uji sistim, meliputi:
 - Uji alat-alat pengaman/Uji jalan tanpa beban
 - Uji Jalan berbeban (loading test)

- Uji lepas beban (load rejection test)
 - Pemeriksaan (inspection)
 - Uji keandalan (reability test)
 - Uji unjuk kerja (performance test)
- 2) Komisioning dimulai setelah pemasangan selesai, yaitu setelah Uji Pra Komisioning selesai dilakukan ditandai dengan diteruskannya Lembar Pernyataan yang menyatakan bahwa peralatan siap untuk diuji.
- 3) Setelah komisioning selesai dan serah terima unit pembangkit dapat dilaksanakan, mulailah masa garansi dalam kurun waktu tertentu yang telah disepakati bersama. Setelah masa garansi berakhir, penerimaan akhir (*final acceptance*) dapat dilakukan dan tanggung jawab beralih sepenuhnya pada pemilik

6. Pedoman Pokok

Kriteria yang dipakai untuk menilai instalasi didasarkan pada:

- Ketentuan-ketentuan pada kontrak terutama yang menyangkut spesifikasi peralatan dan yang menyangkut garansi.
- Standar yang berlaku
- Sertifikat pengujian pabrik
- Ketentuan-ketentuan dari pabrik penjualnya yang telah disepakati oleh kedua pihak.

7. Ketentuan Penilaian / Evaluasi

- Instalasi PLTP harus memenuhi semua persyaratan yang menyangkut keselamatan kerja dan keselamatan umum serta persyaratan lingkungan yang diatur dalam pedoman pokok Pedoman Komisioning ini.
- Hal-hal yang menyangkut keandalan sistem, instalasi PLTP harus memenuhi semua persyaratan persyaratan yang disebut dalam kontrak. Bila persyaratan mengenai keandalan ini tidak diatur dalam kontrak, maka dipakai tolok ukur yang lazim digunakan atas dasar kesepakatan bersama antara pemilik dan kontraktor.
- Dalam menilai /mengevaluasi hasil pengujian dalam komisioning, tidak dapat ditentukan hanya sepihak saja, mengingat banyak

variable-variable. Dengan demikian maka harus ditempuh beberapa kesepakatan antara lain :

- 1) Semua pihak harus sepakat mengenai cara penyelesaian yang akan ditempuh bila terjadi perbedaan pendapat mengenai ketelitian pengamat, kondisi dan metode pengoperasian serta hasil akhir setiap pengujian
- 2) Semua pihak harus sepakat mengenai rumus yang akan digunakan untuk menghitung faktor kesalahan untuk mengevaluasi data serta kemungkinan kesalahan maksimal yang dapat ditoleransi tanpa harus mengulangi pengujian. Kesepakatan ini sedapat mungkin mencakup jumlah desimal yang digunakan dalam perhitungan serta kriteria pembulatan desimal .
- 3) Semua pihak harus sepakat mengenai hal-hal yang dapat membatalkan pengujian.
- 4) Dalam hal kegiatan pemeriksaan, perlu dicapai kesepakatan mengenai sejauh mana hasil pemeriksaan bersama dapat mengizinkan kontraktor untuk dapat melaksanakan pekerjaan tahap berikutnya.
- 5) Semua pihak harus sepakat mengenai besaran-besaran ataupun batasan-batasan yang digunakan untuk menentukan bahwa peralatan berhasil baik dalam pengujian akan komisioning.
- 6) Semua pihak harus sepakat mengenai standard yang digunakan yang berkaitan dengan komisioning, atau mengacu pada buku petunjuk pabrik (**instruction manual**).

8. Hal-Hal Yang Perlu Diperhatikan

- Semua kelengkapan atau perlengkapan yang akan dipergunakan dalam rangka komisioning bila menyangkut konstruksi harus telah dimasukkan dalam desain konstruksi.
- Semua alat uji khususnya meter-meter, thermokopel, flow meter, trafo arus, trafo tegangan yang digunakan untuk melakukan unjuk kerja haruslah merupakan alat standar sesuai dengan

ketentuan yang berlaku dengan maksimum kelas 0,5. Alat ukur ini harus sudah dikalibrasi dan koreksinya harus sudah disiapkan.

- Kontraktor harus telah menyiapkan faktor faktor koreksi yang diperlukan dalam perhitungan efisiensi sebelum pengujian dilakukan.
- Pengujian dianggap syah bila dihadiri oleh pihak kontraktor dan pihak pembeli.
- Sebelum ujian dimulai, kontraktor diberi kesempatan untuk memeriksa instalasi, menguji, mengadakan modifikasi atau pengaturan yang dianggap perlu dan bila seluruh instalasi telah baik dan siap diperiksa, kontraktor memberi tahu kepada koordinator pengujian bahwa semua atau sebagian instalasi sudah siap diuji.
- Pada setiap langkah pengujian perlu dilakukan evaluasi terhadap hasilnya sehingga bila terjadi penyimpangan kontraktor dapat melakukan suatu penyetelan kembali, modifikasi ataupun penggantian dan kemudian.

9. Uji Unjuk Kerja (Performance Test) PLTP

- Setelah seluruh pengujian individu, subsistem maupun system dilakukan, maka pengujian yang terakhir yaitu pengujian unjuk kerja. Dalam pengujian yang lalu belum melakukan pengujian yang berkaitan dengan performance. Hal ini belum cukup. Peralatan yang dijalankan bukan asal beroperasi saja, namun bagaimana unit pembangkit tersebut dapat menghasilkan efisiensi yang maksimum.
- Prosedur uji ini digunakan dalam rangka serah terima dari pihak pembuat kepada pemesan yang diperlukan dalam serah terima tersebut adalah prosedur untuk menentukan efisiensi teknis, dengan cara melakukan pengukuran-pengukuran secara langsung yang membandingkan antara energi panas yang diperlukan terhadap energy yang dihasilkan, beserta sejumlah kerugian-kerugian yang terdapat pada proses produksi dan sisa-sisa uap yang dihasilkan.

- Dalam hal tidak meyakinkan dilakukan pengukuran-pengukuran secara langsung terhadap energi panas yang dibutuhkan atau energy yang dihasilkan dengan ketelitian yang diharapkan, maka diberikan pedoman-pedoman untuk mengevaluasi efisiensi dengan metode pengukuran-pengukuran panas.

10. Ruang Lingkup & Tujuan

- Ruang lingkup pengujian ini meliputi uji unjuk kerja turbin uap dan unjuk kerja generator. Bagi turbin uap, pengujian unjuk kerja ini dimaksudkan untuk melakukan verifikasi terhadap data-data yang dijamin oleh pabrik pembuatannya. Kegiatan pengujian unjuk kerja turbin uap tersebut umumnya melakukan verifikasi terhadap data yang dijamin oleh pihak pabrik dalam hal:
 - 1) Kapasitas atau daya yang dihasilkan oleh turbin uap
 - 2) Kebutuhan uap atau kebutuhan akan panas
 - 3) Pengaturan kecepatan
 - 4) Pengoperasian peralatan pengatur darurat.
- Pengujian unjuk kerja generator dimaksudkan agar generator pada waktu beroperasi dapat langsung p p g dg digabungkan atau diparalel dengan unit generator yang lain, serta dapat memikul beban secara bersama-sama.
- Pengukuran yang perlu dilakukan pada saat generator bekerja parallel dengan unit/sistem lainnya adalah pengukuran tegangan sistem, frekuensi dan urutan fasanya.

11. Prosedur Pengujian

- **Turbin Uap**
 - 1) Pengukuran output/daya mekanis
 - 2) Pengukuran daya pompa air pengisi
 - 3) Pengukuran daya listrik
 - 4) Pengukuran aliran primer
 - 5) Pengukuran aliran air menggunakan tangki
 - 6) Pengukuran tekanan diferensial
 - 7) Penentuan aliran uap dengan metode penurunan entalpi
 - 8) Pengukuran aliran tambahan

- 9) Pengukuran tekanan
- 10) Pengukuran temperatur
- 11) Pengukuran kualitas uap
- 12) Pengukuran putaran
- 13) Pengukuran waktu periode uji
- 14) Pengukuran level air
- 15) Pengujian kebocoran kondensor

- **Uji Heat Exchanger**

Hal-hal yang dilakukan pada Heat Exchanger yaitu:

- 1) Pengukuran tekanan masuk fluida primer
- 2) Pengukuran temperatur masuk fluida primer
- 3) Pengukuran tekanan keluar fluida primer
- 4) Pengukuran temperatur primer fluida primer
- 5) Pengukuran massa fluida primer

Pengukuran di atas masing-masing dilakukan pada kondisi:

- Keadaan tanpa beban,
- Keadaan beban sedang dan
- Keadaan beban penuh.

- **Unit Turbin - Generator**

Pengujian pada tahap ini terdiri dari beberapa tahap uji.

12. Uji Sinkronisasi

Uji sinkronisasi pertama kali bertujuan untuk memeriksa rangkaian pengawatan dan rangkaian kontrol telah tersambung dengan benar, sehingga perintah naik turunnya frekuensi (putaran turbin) dan tegangan generator dapat dikendalikan secara otomatis, urutan uji sinkronisasi dilakukan sebagai berikut :

- Pemeriksaan rangkaian pengawatan dari PT Generator dan PT Bus .
- Pemeriksaan putaran fasa
- Pemeriksaan besar arus surya (current surge) yang terjadi saat pemasukan PMT

13. Uji Operasi Pembebanan (load test)

Adalah untuk membuktikan semua karakteristik operasi pembebanan (besaran-besaran suhu, aliran dan listrik) turbin-generator berjalan normal.

- Uji pembebanan yang meliputi kenaikan dan penurunan beban secara normal dengan sistem kendali pada posisi "Load Limit Control" di panel control.
- Uji perpindahan posisi kendali (control mode change over) secara normal dari posisi governor control ke posisi load limit control pada panel control.
- Uji pembebanan dengan operasi pada beban dasar dan beban puncak sesuai batasan suhu udara masuk kompresor.
- Uji shut down unit.

14. Uji Bebas Beban.

Adalah untuk mengetahui keandalan unit turbin generator yaitu tetap dapat beroperasi tanpa beban dengan mode pengendalian "governor" saat generator tiba-tiba kehilangan beban.

15. Uji Keandalan Unit

Dilakukan dengan memberikan pembebanan dalam jangka waktu tertentu (minimal 10 hari) secara terus menerus.

16. Laporan :

Laporan pengujian unjuk kerja memuat hasil pemeriksaan dan pengujian serta kekurangan-kekurangannya. Laporan pengujian unjuk kerja memuat data/hasil pengamatan atau pengukuran selama pengujian unjuk kerja, baik untuk peralatan individual, subsistem maupun sistem, yang pencatatannya disaksikan oleh kontraktor dan Tim komisioning, perhitungan-perhitungan unjuk kerja dari peralatan dan sistem, sesuai dengan standar yang disepakati.

Bahan Bacaan 2

Contoh Analisa Hasil Inspeksi :

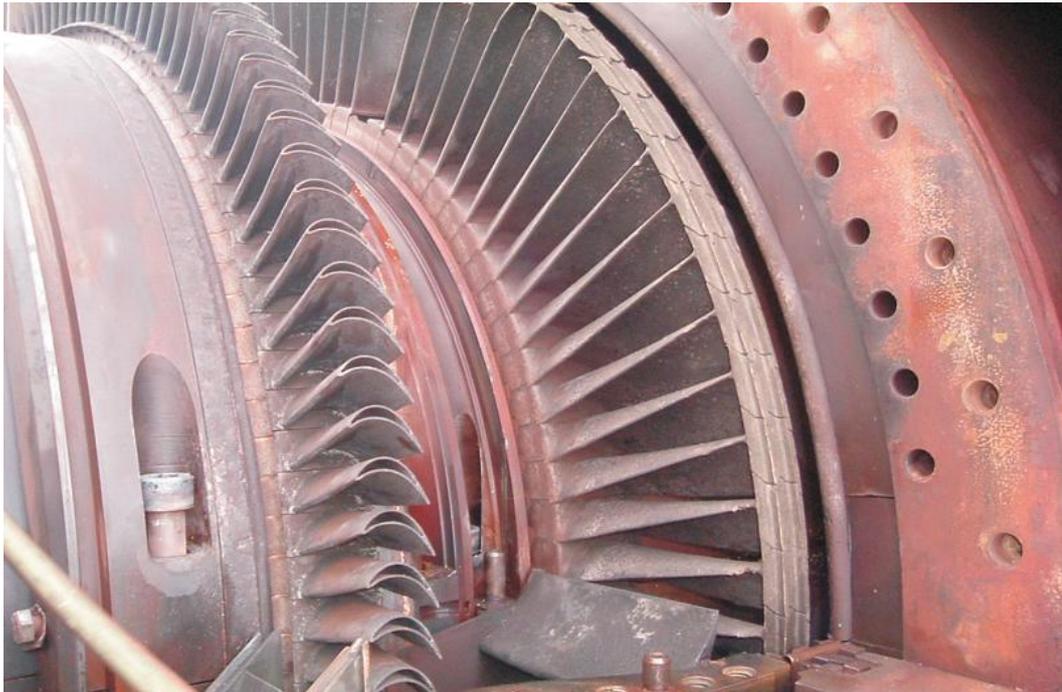
Analisa Kerusakan Sudu Turbin Gas Material Udimet 500 Kapasitas 50 Mw pada PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas)

Analisis yang dilakukan tujuannya adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan atau kerusakan sudu turbin sehingga kejadian serupa tidak terjadi kembali. Kajian ini dilakukan dengan mengacu pada data operasi, gambargambar turbin beserta sudu-sudunya serta informasi yang didapat dilapangan. Berdasarkan informasi yang didapat dilapangan, tanda-tanda kegagalan dicirikan oleh adanya *excessive vibration* yang menyebabkan turbin *trip*. Kerusakan sudu dapat terjadi oleh adanya sejumlah mekanisme dibawah kondisi operasi turbin pada kecepatan putaran tinggi pada temperatur tinggi. Pada umumnya umumnya kerusakan sudu dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu a. *Fatigue*, kelelahan termasuk pada *high cycle fatigue* (HCF) atau *low cycle fatigue* (LCF) b. *Creep Rupture*, mulur akibat dari temperature operasi yang melebihi temperature rekristalisasi material sudu. Untuk mengetahui penyebabnya, perlu dilakukan pemeriksaan dan pengujian apakah hal tersebut disebabkan oleh *misalignment* atau permasalahan toleransi atau *spall off* pada bantalan atau adanya kondisi operasi yang tidak sesuai dengan kondisi operasi yang dipersyaratkan oleh material sudu turbin tersebut. Hasil pemeriksaan dan pengujian akan mendukung analisis dari kerusakan tersebut.

Prinsip Kerja Turbin

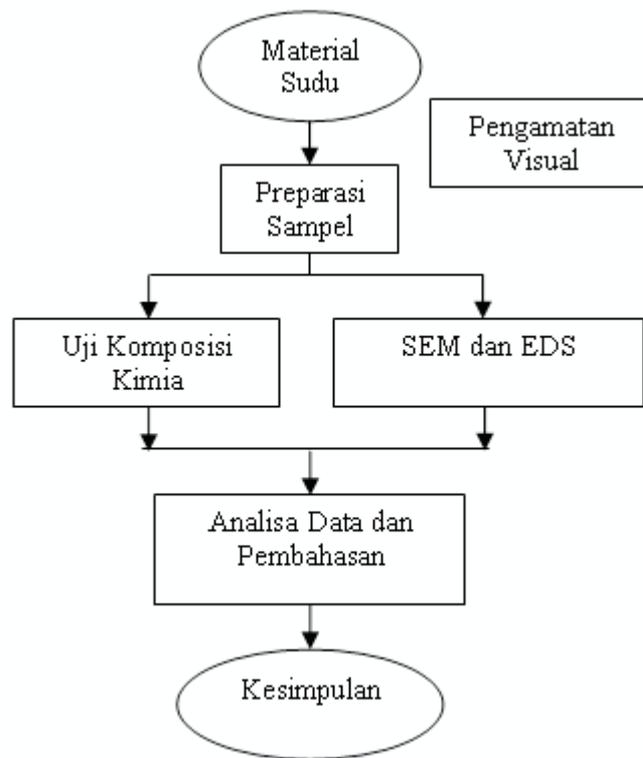
Turbin adalah pesawat penggerak dimana gerak putar yang terjadi diperoleh dari hasil konversi energi dari energy potensial diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle* dan diteruskan menjadi energy mekanik pada sudu yang memutar poros sebagai penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Bahan bakar gas yang dialirkan melalui pipa-pipa gas yang disalurkan melalui *nozzle* keruang bakar dengan kecepatan dan tekanan tertentu yang akan menggerakkan turbin *disc* yang dipasang pada rotor seperti terlihat pada gambar 1, sehingga menimbulkan energi mekanik pada poros yang akan menghasilkan gerak

putar untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Temperatur operasi di ruang bakar 500 oC yang dikontrol melalui termokopel yang dipasang pada ruang bakar, untuk menjaga supaya sudu tidak mengalami temperatur operasi yang berlebih maka dipakai sistem pendinginan sudu dengan metoda "fogging" yang dipasang pada turbin gas tersebut.



Gambar 23. Rotor dari turbin gas

Dalam analisa ini dilakukan serangkaian pemeriksaan dan pengujian seperti yang ditampilkan pada Gambar 23, yang dimulai dengan melakukan Pengamatan visual pada sudu yang mengalami kerusakan kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sample sudu dan produk korosi. Kemudian dilakukan pengamatan metalografi dengan mikroskop optik dan SEM pada material sudu yang mengalami kerusakan. Sampel sudu dengan ukuran 20x20 mm dilakukan pemeriksaan komposisi kimia dan serbuk produk korosi menggunakan *EDXS*.

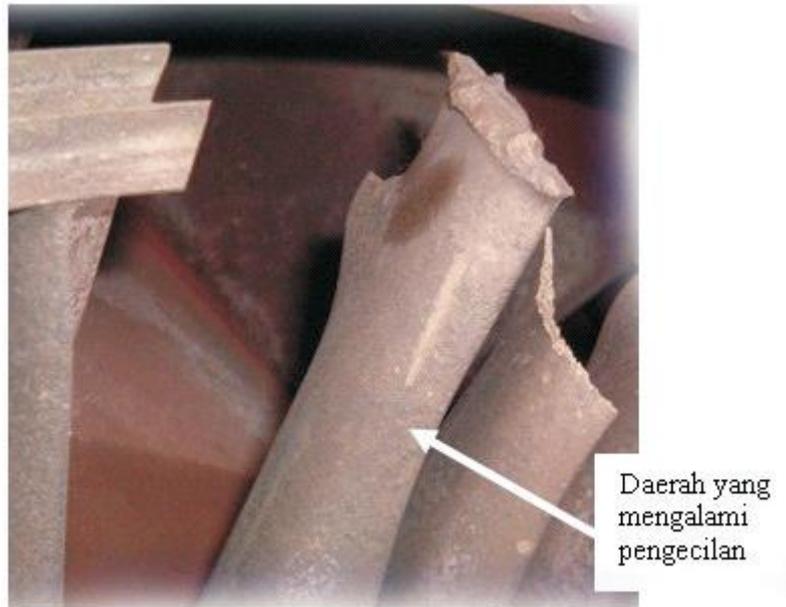


Gambar 24. Diagram Alir

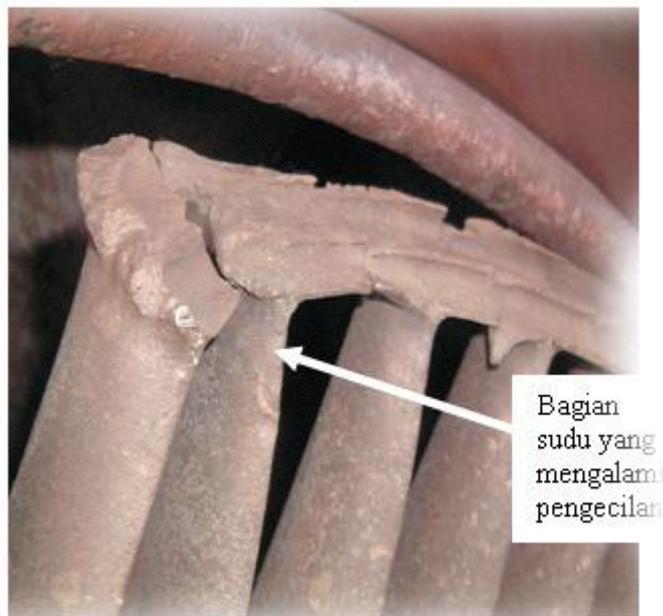
Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan data-data sebagai berikut :

Pengamatan Visual

Dari hasil pemeriksaan visual yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 25 dan 26.



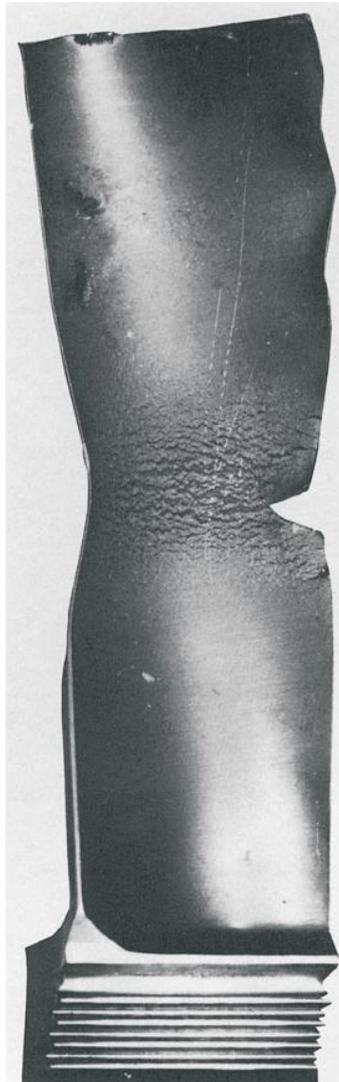
Gambar 25. Foto bagian sudu yang mengalami pengecilan



Gambar 26. Pengecilan di daerah ujung menandai adanya fenomena Creep

Hasil pemeriksaan visual seperti terlihat pada Gambar 25 dan 26 diatas menunjukkan adanya kerusakan sudu yang mengalami pengecilan penampang akibat adanya fenomena *creep* yang terjadi pada temperatur tinggi, biasanya sedikit diatas temperature rekristalisasi dari material sudu. Fenomena *creep* tersebut disebabkan adanya *thermal load cyclic*.

Komponen yang mengalami beban *creep* ini lambat laun akan mengalami kegagalan jikalau regangan (*strain*) yang timbul selama proses *creep* tidak bisa menghilangkan tegangan (*stress*) yang ditimbulkannya. Hasil pemeriksaan komposisi kimia sudu turbin menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* seperti pada Gambar 6, terlihat bahwa kandungan unsur tertinggi adalah Ni, kemudian diikuti Cr, Co, Fe, Mo dan Ti maka material tersebut diperkirakan termasuk material U500 atau Waspalloy sesuai dengan spesifikasi bahan sudu turbin gas yang dipersyaratkan.



Gambar 27. Deformasi creep pada sudu turbin

**EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized**

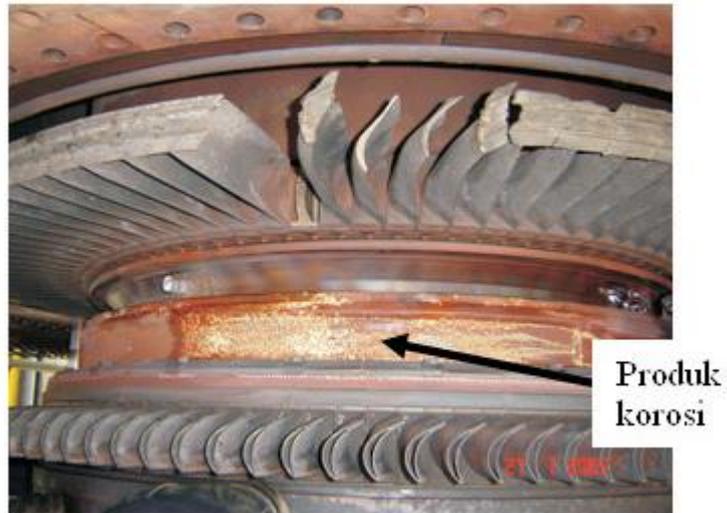
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
AlK	3.43	7.12	0.0099	1.0997	0.2610	1.0005
MoL	5.39	3.14	0.0352	0.8973	0.7272	1.0011
TiK	2.59	3.03	0.0252	0.9992	0.9331	1.0405
CrK	19.66	21.14	0.1981	0.9964	0.9646	1.0488
CoK	18.11	17.18	0.1704	0.9767	0.9637	1.0000
NiK	50.82	48.40	0.5011	1.0121	0.9742	1.0000
Total	100.00	100.00				

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
AlK	12.13	7.80	4.75	1.56
MoL	15.12	8.88	4.18	1.70
TiK	13.33	6.97	4.36	1.91
CrK	76.82	6.00	1.53	12.80
CoK	36.08	4.02	2.27	8.98
NiK	83.20	3.42	1.44	24.35

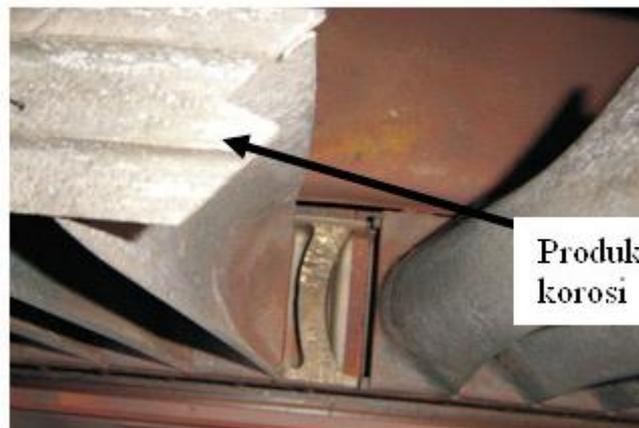
Gambar 28. Hasil uji EDAX material sudu

Fenomena *creep* terjadi pada temperatur sedikit diatas temperature rekristalisasi. Untuk material sudu Udimet 500 atau Waspalloy, temperatur tersebut adalah 632 0C. Padahal pembacaan pada termokopel yang terpasang adalah sekitar 500 0C. Jadi perlu diperiksa apakah termokopelnya sudah terkalibrasi atau belum. Seandainya tidak ada masalah dengan termokopel, perlu dicek apakah “penyemprotan” proses fogging berdampak pada ketepatan penunjukkan temperature operasi sudu. Karena apabila efek fogging yang bertujuan “mendinginkan” sudu malah diterjemahkan oleh termokopel sebagai penurunan temperatur operasi, maka termokopel akan “memerintahakan” system pembakaran untuk mensuplai fluida kerja yang berdampak pada peningkatan temperatur operasi. Apabila temperature operasi mencapai 632 oC atau lebih maka sudu akan mengalami overheating. Rangkaian Gambar di atas menunjukkan adanya tanda-tanda sudu terkorosi. Dari korosi terjadi pada daerah sroud atau pada poros turbin, tampak pada ujung sudu berwarna putih ini menunjukkan adanya fenomena korosi pada bagian ujung sudu tersebut. Dari analisis terhadap fluida kerja,

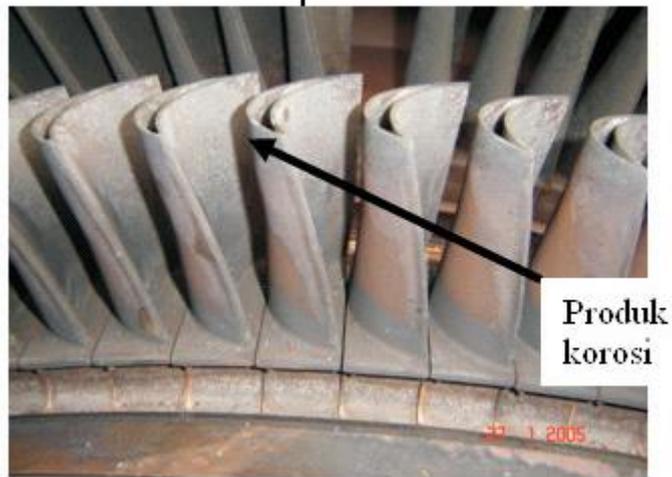
sangat tidak mungkin menghasilkan oksidasi yang sangat *excessive*.
Kemungkinan besar oksidasi ini timbul karena efek fogging.



Gambar 29. Produk korosi yang terdapat pada srot.



Gambar 30. Produk korosi pada sudu turbin



Gambar 31. Produk korosi pada sudu turbin

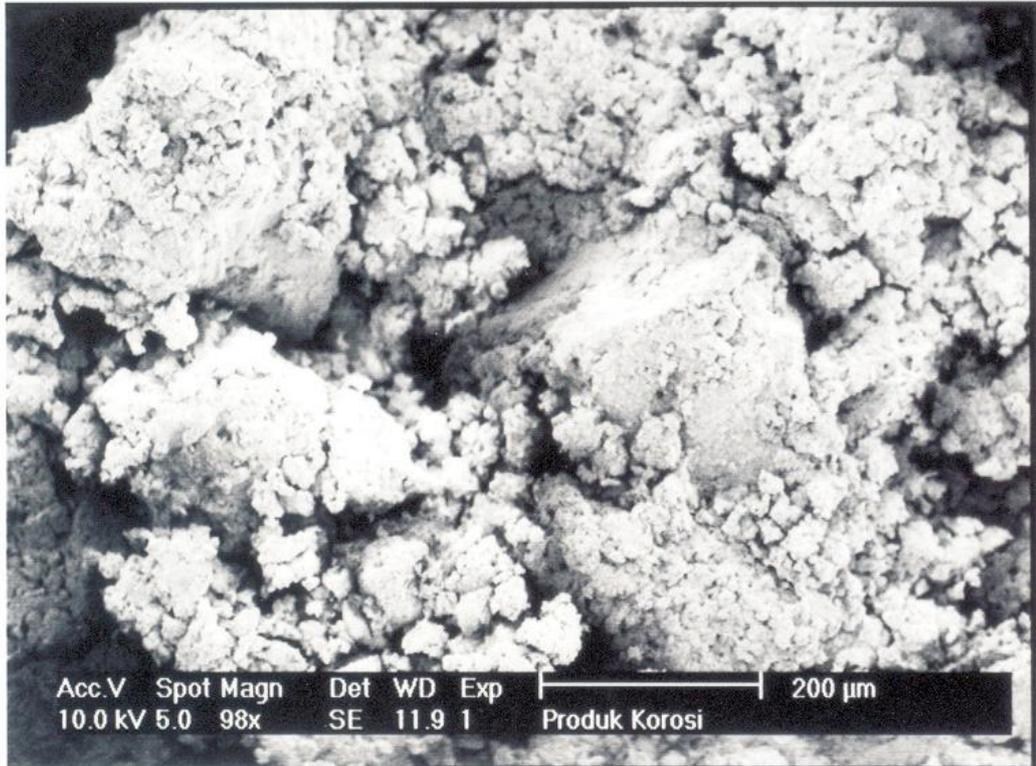
Hasil analisa yang dilakukan terhadap produk korosi sudu turbin menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* yang diambil dari bagian seperti ditunjukkan pada Gambar di atas menunjukkan bahwa produk korosi seperti terlihat bahwa kandungan unsur tertinggi adalah Fe, kemudian diikuti oleh O dan Si.

**EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized**

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
O K	22.95	49.85	0.1464	1.1468	0.5549	1.0021
SiK	3.59	4.44	0.0245	1.0857	0.6284	1.0002
FeK	73.46	45.71	0.6878	0.9345	1.0019	1.0000
Total	100.00	100.00				

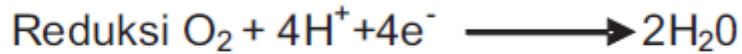
Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
O K	30.35	3.13	2.46	9.69
SiK	10.67	12.32	5.80	0.87
FeK	21.73	8.12	3.25	2.68

Gambar 32. Hasil uji EDXS produk korosi



Gambar 33. Struktur mikro produk korosi

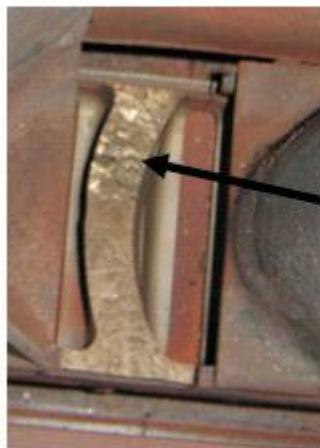
Dari hasil analisis terhadap produk korosinya seperti pada Gambar 33, tampak bahwa produk korosi berupa oksida besi. Ini dapat diidentifikasi bahwa *excessive fogging* berdampak pada timbulnya oksidasi. Hal ini bisa terjadi karena adanya kebocoran pada skid pump ataupun saluran system fogging yang mengakibatkan air terbawa masuk kedalam turbin. Fenomena seperti ini memang menjadi perhatian penting bagi sistem fogging seperti yang banyak dikemukakan oleh para pembuat dan pemakai sistem fogging ini. Fenomena korosi ini terjadi karena adanya reaksi elektrokimia antara logam dengan *aqueous environment* yang menyebabkan adanya reaksi seperti berikut ini:



Reaksi keseluruhan:



Adanya *scale* pada sudu turbin akan mengakibatkan terhambatnya perpindahan panas sehingga mengakibatkan timbulnya *overheating*. Pada Gambar 34. terlihat permukaan patahan sudu menunjukkan fenomena patah getas.

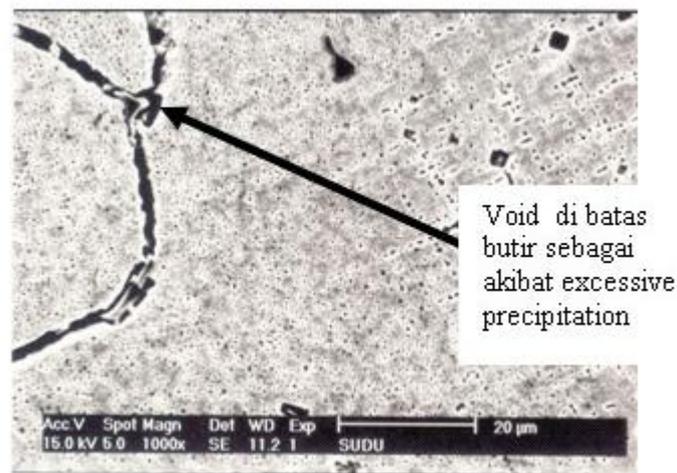


Fenomena patah getas

Gambar 34. Permukaan patahan menunjukkan fenomena patah getas

Dari permukaan patahan sudu seperti pada Gambar 34, terlihat bahwa patahannya getas (*brittle*) yang tidak menunjukkan adanya deformasi plastis pada permukaan patahan. Selain itu sudu turbin tersebut berwarna hitam seperti terbakar yang menandakan adanya proses pemanasan berlebih (*overheating*). Berdasarkan referensi dari ASM handbook (*Failure Analysis and Prevention, Volume 11, 1986*) dinyatakan bahwa kekuatan mekanik suatu bahan *nickel-base and cobalt-base high temperature alloys* menjadi sangat terbatas pada temperatur $0.56 T_m$ (temperatur cair absolut). Pada temperature $0.56 T_m$ ini, sudu mengalami fenomena *elevated-temperatur behaviour* yang ditandai oleh adanya

creep. Dari data operasi yang ada, pembacaan termokopel pada turbin adalah sekitar 500 0C. Sedangkan material sudu adalah U 500 atau *waspalloy* yang memiliki temperatur cair (T_m) sebesar 2475 0F atau 1343 0C. Jadi *elevated temperature behaviour* untuk bahan sudu turbin ini akan dimulai pada temperatur 905 K atau 632 0C. Hasil uji *scanning electron microscopy* pada material sudu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 35.



Gambar 35. Struktur mikro sudu turbin

Berdasarkan Gambar 35 struktur mikro diatas, terlihat adanya fenomena *grain growth* dan *excessive precipitation* yang menyebabkan adanya *void* diantara batas butir. Sesuai dengan referensi dari ASM (*Failure Analysis and Prevention, ASM Handbook, Volume 11, 2002*) disebutkan bahwa adanya *creep* pada *tertiary phase* ditandai adanya *grain-boundary sliding* yang mengakibatkan adanya *void* atau *crack*. *Void* pada batas butir dapat juga disebabkan karena adanya *excessive precipitation* disepanjang batas butir. Fenomena seperti itu terjadi jika material sudu pernah mengalami *exposure* pada temperatur yang tinggi.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Pengujian produk korosi menunjukkan adanya oksida besi ini dapat diidentifikasi bahwa *excessive fogging* berdampak pada timbulnya

oksidasi. Hal ini bisa terjadi karena adanya kebocoran pada skid pump ataupun saluran sistem fogging yang mengakibatkan air terbawa masuk kedalam turbin.

- Kegagalan pada sudu turbin karena adanya *grain-boundary sliding* yang mengakibatkan adanya *void* atau *crack* akibat terekspos pada temperatur diatas temperature rekristalisasi (di atas 632 oC) untuk jangka waktu yang lama sehingga material sudu menjadi *aged*, hal ini bisa dilihat dari adanya presipitasi senyawa yang sudah terbentuk disepanjang batas butir.
- Perlu dilakukan pengontrolan termokopel yang ada pada ruang bakar sehingga kondisi temperature dapat terbaca secara akurat.
- Perlu dilakukan kalibrasi secara berkala pada alat temperatur control sehingga tidak terjadi lagi *overheat* pada kondisi operasi

Bahan Bacaan 3

Contoh laporan inspeksi :

Untuk tetap beropresinya turbin di PT. Krakatau Daya Listrik bagian Divisi perawatan turbin membuat jadwal perbaikan turbin secara rutin. Selain itu juga pada bagian Pengendalian perawatan di PT. Krakatau Daya Listrik mengeluarkan WO perawatan apa bila turbin butuh perbaikan. Berikut contoh Schedule Minor Inspection Steam unit III PT. KDL

No	Taks name	Duration	Start	Finish	
1	Persiapan	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Pengambilan gambar	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Pengumpuln semua buku dan catatan protocol acuan TG	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
2	Disassembling	3 Days	Thu 20/06/13	Mon 24/06/13	
	<input type="checkbox"/> Menyiapkan kunci-kunci dan peralatan	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Pengambilan data awal	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Membuka cap seng HP Front & Rear	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Membuka pipa-pipa saluran Oli	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Instrument Fuhler	3 Days	Thu 20/06/13	Mon 24/06/13	
	Melepas fuhler M1-M6 pada housing bearing	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	Check dan perbaikan Fuhler M1-M6	2 Days	Fri 21/06/13	Mon 24/06/13	
	<input type="checkbox"/> Membuka housing bearing F&R Upper HP, LP & Gen	1 Day	Thu 20/06/13	Thu 20/06/13	
	<input type="checkbox"/> Membuka rumah kopling bagian atas & bawah HP-LP	1 Day	Fri 21/06/13	Fri 21/06/13	
	<input type="checkbox"/> Membuka rumah kopling bagian atas & bawah LP-GNR	1 Day	Fri 21/06/13	Fri 21/06/13	
	3	Assembling	29 Days	Mon 24/06/13	Thu 01/08/13
		<input type="checkbox"/> Check Bearing Axial HP	1 Day	Mon 24/06/13	Mon 24/06/13
<input type="checkbox"/> Check bearing radial HP Front & rear		1 Day	Mon 24/06/13	Mon 24/06/13	
<input type="checkbox"/> Instrument (termokopel)		1 Day	Mon 24/06/13	Mon 24/06/13	
Check termokopel axial & radial bearing HP F&R		1 Day	Mon 24/06/13	Mon 24/06/13	
<input type="checkbox"/> Alligment housing bearing terhadap rotor HP Front & rear		2 Days	Tue 25/06/13	Wed 26/06/13	
<input type="checkbox"/> Alligment ZW-LP		3 Days	Tue 25/06/13	Thu 27/06/13	
<input type="checkbox"/> Check bearing radial LP Front – Rear		1 Day	Fri 28/06/13	Fri 28/06/13	
<input type="checkbox"/> Check bearing radial generator Front & Rear		1 Day	Fri 28/06/13	Fri 28/06/13	
<input type="checkbox"/> Instrument (termkopel)		2 Days	Mon 01/07/13	Tue 02/07/13	
Check termokopel bearing radial LP-GNR F&R		2 Days	Mon 01/07/13	Tue 02/07/13	
<input type="checkbox"/> Alligmet Housing bearing terhadap rotor HP Front & Rear		1 Day	Mon 01/07/13	Mon 01/07/13	
<input type="checkbox"/> Alligment ZW-LP		9 Days	Tue 02/07/13	Fri 12/07/13	
<input type="checkbox"/> Alligment rotor ke rumah turbin luar HP Front & Rear		9 Days	Tue 02/07/13	Fri 12/07/13	
<input type="checkbox"/> Penimbangan baut – baut kopling ZW – LP		2 Days	Mon 15/07/13	Tue 16/07/13	
<input type="checkbox"/> Pemasangan baut kopling ZW-LP (berikut reamer)		1 Day	Mon 15/07/13	Mon 15/07/13	
<input type="checkbox"/> Alligment & pemasangan kopling pompa utama		1 Day	Wed 17/07/13	Wed 17/07/13	
<input type="checkbox"/> Memasang baut – baut penyetelan rumah bearing & turbin		1 Day	Thu 18/07/13	Thu 18/07/13	
<input type="checkbox"/> Memasang bearing Axial, Radial upper HP-LP-GNR F&R		2 Days	Thu 18/07/13	Fri 19/07/13	
<input type="checkbox"/> Check axial rotor HP & penentuan titik nopunk		3 Days	Thu 18/07/13	Mon 22/07/13	
<input type="checkbox"/> Memasang termokopel semua bearing		2 Days	Thu 23/07/13	Wed 24/07/13	
Memasang termokopel semua bearing		1 Day	Thu 25/07//13	Thu 25/07//13	
<input type="checkbox"/> Memasang isolasi HP depan & belakang		2 Days	Thu 25/07//13	Fri 26/07/13	
<input type="checkbox"/> Memasang rumah kopling bagian atas dan bawah HP & LP		2 Days	Mon 29/07/13	Thu 30/07/13	
<input type="checkbox"/> Memasang rumah kopling bagian atas & bawah GNR&LP		1 Day	Mon 29/07/13	Mon 29/07/13	
<input type="checkbox"/> Oil Fusing		1 Day	Mon 29/07/13	Mon 29/07/13	
<input type="checkbox"/> Drehvohrrichtung		1 Day	Wed 31/07/13	Wed 31/07/13	
<input type="checkbox"/> Seting hidraulik		1 Day	Thu 01/08/13	Thu 01/08/13	
<input type="checkbox"/> Instrument (Fuhler)		1 Day	Thu 01/08/13	Thu 01/08/13	
Memasang & setting fuhler M1-M16		1 Day	Tue 30/07//13	Tue 30/07//13	
Setting hidraulik & EHU	1 Day	Tue 30/07//13	Tue 30/07//13		
4	TEST OPERASI	1 Day	Fri 02/08/13	Fri 02/08/13	
	<input type="checkbox"/> Zero load runs	1 Day	Fri 02/08/13	Fri 02/08/13	
	<input type="checkbox"/> Synchronisation	1 Day	Fri 02/08/13	Fri 02/08/13	
	<input type="checkbox"/> Load operation	1 Day	Fri 02/08/13	Fri 02/08/13	
	<input type="checkbox"/> Setting beban generator	1 Day	Fri 02/08/13	Fri 02/08/13	

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran Penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*)? Sebutkan!
2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkerjakan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-10. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mendiskusikan hal-hal berikut ini.

Aktivitas 1. Menganalisis Kegiatan Penginspeksian Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Saudara diminta untuk menganalisis penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang kegiatan penginspeksian. Apa yang Saudara temukan setelah membaca materi penginspeksian? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya kerjakan LK-11 dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa diperlukan kegiatan penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk

menginspeksi penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah diinspeksi?

2. Menurut Saudara kegiatan inspeksi manakah yang memerlukan perhatian ekstra?
3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1.

Aktivitas 2. Merumuskan Cara Penginspeksian Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Setelah saudara melakukan aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 saudara akan mendiskusikan cara melakukan penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*) pada sebuah sistem pembangkit tenaga listrik. Untuk kegiatan ini saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Apa yang diperlukan untuk melakukan kegiatan penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, apa saja yang perlu diinspeksi pada penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah dirawat?
2. Bagaimana cara penginspeksian pada turbin air?
3. Bagaimana cara penginspeksian pada turbin uap?
4. Bagaimana cara penginspeksian pada turbin gas?

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-12 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 2 sebagai referensi.

Aktivitas 3. Mendiskusikan Realisasi Penginspeksian Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Setelah saudara melakukan aktivitas 2, maka pada aktivitas 3 saudara akan mendiskusikan bagaimana melakukan penginspeksian penggerak mula

(*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. Untuk kegiatan ini saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam penginspeksian penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !
2. Menurut pendapat saudara jenis inspeksi apa yang perlu dilakukan pada turbin air dan turbin uap? Jelaskan !
3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan penginspeksian rutin (harian) ? Jelaskan !
4. Lakukan pengelompokan bagian-bagian turbin menurut cara penginspeksiannya !

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-13 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 1 dan 2 sebagai referensi.

Aktivitas 4. Mendiskusikan Laporan Penginspeksian Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Setelah saudara melakukan aktivitas 3, maka pada aktivitas 4 saudara akan mendiskusikan bagaimana membuat laporan penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. Untuk kegiatan ini saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam membuat laporan penginspeksian penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !
2. Menurut pendapat saudara apa yang paling penting yang harus ada di dalam laporan penginspeksian turbin air, turbin uap, dan turbin gas? Jelaskan !
3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan penginspeksian rutin (harian) ? Jelaskan !
4. Buatlah laporan penginspeksian turbin air, turbin uap, dan turbin gas !

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-14 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan

atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 3 sebagai referensi.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

1. Jelaskan cara pengepeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik yang belum dibahas dalam modul ini!
2. Berikan analisa hasil pengepeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik yang belum dibahas dalam modul ini!
3. Buatlah laporan pengepeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik yang belum dibahas dalam modul ini!

F. Rangkuman

1. Inspeksi adalah pemeliharaan, bedanya adalah inspeksi dilakukan oleh orang-orang terlatih, dan berasal dari lembaga resmi yang diakui oleh Pemerintah. Inspeksi adalah pemeriksaan kritis terhadap sesuatu yang diarahkan ke beberapa tujuan yang telah ditentukan. Inspeksi ini adalah membandingkan dan menentukan kesesuaian suatu produk dengan spesifikasinya. Sebelum pemeriksaan dilakukan, pemeriksa harus mengetahui dan memahami kriteria pemeriksaan (spesifikasi yang) untuk item yang sedang diperiksa.
2. Sehubungan dengan persyaratan industri, inspeksi adalah pemeriksaan visual dan pemeriksaan manual dalam rangka untuk menentukan kondisi mesin dan komponennya. Inspeksi mesin yang melibatkan pembongkaran lengkap dan penggunaan alat bantu inspeksi yang kompleks. Telah terbukti bahwa inspeksi dijadwalkan rutin dan pemeliharaan preventif menjamin kelaikan udara. Operasi kegagalan dan kerusakan peralatan berkurang jika pemakaian berlebihan atau cacat minor dikoreksi sejak awal. Pentingnya inspeksi pada mesin memerlukan inspektur terlatih untuk melakukan pemeriksaan mesin dan komponen.
3. Komisioning instalasi Unit PLTA merupakan rangkaian dari beberapa kegiatan pemeriksaan dan pengujian atau komisioning atas beberapa subsistemnya, yaitu: Komisioning Turbin Air, Komisioning Generator dan

Eksitasi, Komisioning Bay Trafo Generator, Komisioning Unjuk Kerja, Komisioning Instalasi Listrik Bangunan lainnya.

4. Komisioning instalasi Unit PLTP merupakan rangkaian dari beberapa kegiatan pemeriksaan dan pengujian atau komisioning atas beberapa subsistemnya, yaitu: Komisioning Turbin Uap, Komisioning Generator dan Eksitasi, Komisioning Bay Trafo Generator, Komisioning Unjuk Kerja, Komisioning Instalasi Listrik Bangunan lainnya.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan balik :

1. Dapat Merencanakan cara pengecekan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
2. Dapat Merealisasikan cara pengecekan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
3. Dapat Menganalisa hasil pengecekan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.
4. Dapat Membuat laporan pengecekan penggerak mula (prime mover) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

Tindak Lanjut :

1. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar
2. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
3. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-2

LK - 10

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*)? 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 – 11

1. Mengapa diperlukan kegiatan penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk menginspeksi penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah dirawat?

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

2. Menurut Saudara kegiatan penginspeksian manakah yang memerlukan perhatian ekstra?

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

3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi fasilitas praktek yang tidak optimal?

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

LK-12

1. Apa yang diperlukan untuk melakukan kegiatan penginspeksian penggerak mula (*Prime Mover*)? Tuliskan!, apa saja yang perlu diinspeksi pada penggerak mula (*Prime Mover*)? Apa yang akan terjadi jika tidak pernah diinspeksi?

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

2. Bagaimana cara penginspeksian pada turbin air?

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

3. Bagaimana cara penginspeksian pada turbin uap?

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

4. Bagaimana cara penginspeksian pada turbin gas?

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

LK-13

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam penginspeksian penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !

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

2. Menurut pendapat saudara jenis penginspeksian apa yang perlu dilakukan pada turbin air dan turbin uap? Jelaskan !

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

3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan penginspeksian rutin (harian) ? Jelaskan !

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

4. Lakukan pengelompokan bagian-bagian turbin menurut cara penginspeksiannya !

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

LK-14

1. Menurut saudara apa yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu dalam membuat laporan penginspeksian penggerak mula (*prime mover*)? Jelaskan !

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

2. Menurut pendapat saudara apa yang paling penting yang harus ada di dalam laporan penginspeksian turbin air, turbin uap, dan turbin gas? Jelaskan !

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

3. Menurut pendapat saudara bagian-bagian apa saja yang memerlukan penginspeksian rutin (harian) ? Jelaskan !

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

4. Buatlah laporan penginspeksian turbin air, turbin uap, dan turbin gas !

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

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

A. Kegiatan Pembelajaran 1

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

B. Kegiatan Pembelajaran KB2

1. Pemeliharaan peralatan diperlukan untuk :
 - a. Mempertahankan efisiensi
 - b. Mempertahankan keandalan.
 - c. Mempertahankan umur ekonomis.

Pemeliharaan bertujuan mempertahankan efisiensi, kehandalan, dan umur ekonomis. Tujuan pemeliharaan suatu alat atau mesin adalah:

1. Mempertahankan efisiensi.

Sebagai contoh, mobil baru dapat mencapai 10 km dengan konsumsi bensin 1 liter. Setelah mencapai jarak tempuh 10.000 km tanpa pemeliharaan, maka dengan konsumsi bensin 1 liter jarak tempuhnya hanya dapat mencapai 9 km. Setelah dilakukan pemeliharaan, barulah dapat mencapai 10 km lagi.

2. Mempertahankan keandalan.

Sebagai contoh, mobil yang tidak pernah dipelihara akan sering mogok di jalan, mesinnya mendadak mati dan sukar dihidupkan. Hal ini dapat disebabkan karena businya kotor atau saluran bahan bakarnya tersumbat yang pada dasarnya disebabkan karena tidak dilakukannya pemeliharaan.

3. Mempertahankan umur Ekonomis

Contoh mobil seperti butir a dan b di atas, jika mobil diusahakan sebagai taksi, diperkirakan mempunyai umur ekonomis 5 tahun. Tetapi apabila pemeliharaannya tidak baik, maka sebelum mencapai umur 5 tahun, mobil dapat mengalami kerusakan parah, misalnya cincin penghisapnya bocor sehingga tidak ekonomis lagi untuk dioperasikan. Tiga buah contoh sederhana di atas adalah untuk mobil, tetapi hal ini juga berlaku untuk unit pembangkit. Dalam perkembangannya, pemeliharaan semula didasarkan pada periode waktu tertentu atau sebagai pemeliharaan periodik. Selanjutnya berkembang, sehingga tidak hanya pemeliharaan periodik saja tetapi juga ada pemeliharaan prediktif.

Dalam perkembangannya, pemeliharaan dilaksanakan sebagai berikut :

- a. Pemeliharaan bila ada gangguan atau kerusakan. Cara ini masih dapat digunakan terhadap alat yang peranannya dalam operasi tidak penting.
- b. Pemeliharaan periodik. Pemeliharaan dilakukan berdasarkan jangka waktu tertentu berdasarkan buku petunjuk pabrik atau statistik kerusakan atau statistik gangguan.
- c. Pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*). Cara ini sekarang banyak dikembangkan. Cara ini dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa data kemudian dilakukan analisis atas data ini untuk menentukan kapan perlu dilakukan pemeriksaan atau pemeliharaan suatu alat.

2. Salah satu contohnya adalah pada PLTA :

ANALISA KERUSAKAN

- Analisa Teknik Menentukan sebab dan tingkat kerusakan
- Analisa Statistic Merupakan hubungan kerusakan terhadap waktu

PENGUJIAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui atau sebagai tolok ukur bahwa pemeliharaan yang dilaksanakan telah sesuai dengan tujuannya.

PERSIAPAN PENGUJIAN

- Pengukuran mutu tahanan isolasi stator generator
- Hasil uji minyak pelumas
- Hasil pemeriksaan alignment poros

- Hasil pengukuran clearance bantalan-bantalan, sudu atur, dan lain-lain
- Setting relay-relay proteksi relay
- Kalibrasi

MACAM-MACAM PENGUJIAN

- Running test Dry out
- running operation test
- Pembebanan bertahap Load rejection test
- Sudden load increase test
- Emergency stop test Quick stop test
- Over speed test
- Load test
- Automatic start and stop operation

3. Pemeliharaan Periodik Rutin (contoh di PLTD) :

Pemeliharaan periodik rutin yaitu pemeliharaan kecil yang dilakukan dalam tahun anggaran yang bersangkutan.

- **Service**

Pemeliharaan rutin jangka pendek meliputi pekerjaan melumasi, membersihkan, mengganti, dan menambah minyak pelumas atau bahan bakar kimia, dengan kegiatan sebagai berikut :

PO (8-20) jam

- ✓ Melumasi dan menggemuki secara manual
- ✓ Membuang air kondensat dan kotoran-kotoran dari tangki dengan membuka kran.
- ✓ Memeriksa dan menambahkan minyak pelumas atau air pendingin yang kurang.

P1 (100-150) jam

- ✓ Membuka dan membersihkan separator
- ✓ Membuka dan membersihkan filter
- ✓ Membersihkan peralatan bantu dari debu dan minyak yang bocor

P2 (200-300) jam

- ✓ Mengganti minyak pelumas dari peralatan tertentu dengan referensi dari pabrik
- ✓ Meminyaki bantalan-bantalan

✓ Menambah bahan kimia pada air pendingin

• **Inspeksi**

pemeliharaan rutin dengan jangka waktu yang lebih panjang meliputi pekerjaan pengamatan maupun pengukuran, penyetelan, perbaikan dan penggantian pada unit pembangkit tanpa membuka atau melepas bagian-bagian utama, dengan jenis dan macam kegiatan pemeliharaan berikut :

P3 (400-600) jam

- ✓ Memeriksa peralatan-peralatan, bekerja dengan baik
- ✓ Memperbaiki komponen-komponen yang terjadi kerusakan
- ✓ Memeriksa tekanan, temperatur, dan gas asap
- ✓ Memeriksa sistem pelumasan bekerja dengan baik

P4 (1200-1800) jam

- ✓ Memeriksa fungsi dan bekerjanya alat pengaman
- ✓ Memeriksa berfungsinya black star
- ✓ Memeriksa berfungsinya governor
- ✓ Memeriksa kualitas air pendingin dan unit water treatment
- ✓ Memeriksa viskositas minnya dan battery

P5 (2400-3600) jam

- ✓ Memeriksa dan membersihkan injektor
- ✓ Memeriksa sistem timing
- ✓ memeriksa kelonggaran baut, mur, roda gigi, dan bantalan
- ✓ Memeriksa filter oli

Kembangkan dengan contoh pembangkit lain

4. Laporan pemeliharaan, khususnya pemeliharaan besar (*overhaul*), haruslah memuat hal-hal sebagai berikut Tanggal pelaksanaan, Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan, Penggunaan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan pemeliharaan, baik hari, orangnya beserta klasifikasi dan biayanya, Rekomendasi untuk operasi dan pemeliharaan yang akan datang, Perhitungan biaya pemeliharaan dalam rupiah per kWh, yaitu jumlah biaya pemeliharaan kali ini dibagi dengan jumlah produksi kWh dalam selang waktu antara pemeliharaan sebelum ini dengan pemeliharaan ini. (Kembangkan isi dari laporan ini)

C. Kegiatan Pembelajaran KB3

1. Cara penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik yang dibahas dalam modul ini adalah penginspeksian pada PLTA, PLTU, PLTP, PLTG. Jadi jelaskan cara penginspeksian pada pembangkit listrik yang lain.
2. Berikan analisa hasil penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik yang dibahas dalam modul ini adalah PLTA, PLTU, PLTP, PLTG. Jadi jelaskan cara penginspekssian pada pembangkit listrik yang lain.
3. Buatlah laporan penginspeksian penggerak mula (*prime mover*) dalam sistem pembangkitan tenaga listrik yang yang dibahas dalam modul ini adalah PLTA, PLTU, PLTP, PLTG. Jadi jelaskan cara penginspekssian pada pembangkit listrik yang lain.

EVALUASI

A. Pedagogik

1. Kriteria pertama pemilihan media yang berbasis teknologi computer
 - a. Akses
 - b. Kemudahan penggunaan
 - c. Kecepatan
 - d. Biaya

2. Prosedur memanfaatkan media kecuali:
 - a. Persiapan
 - b. Tidak ada jawaban
 - c. Tindak lanjut
 - d. Pengumpulan bahan
 - e. Pelaksanaan

3. Manakah bahan ajar yang lengkap dan dapat digunakan secara mandiri oleh siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran ?
 - a. Modul
 - b. Buku
 - c. Video
 - d. Surat kabar

4. Langkah-langkah pembelajaran dikembangkan berdasarkan:
 - a. Pendekatan pembelajaran
 - b. Strategi pembelajaran
 - c. Metode pembelajaran
 - d. Teknik pembelajaran

5. Manfaat media pembelajaran kecuali:
 - a. Memberikan hiburan kepada siswa
 - b. Memberikan kesamaan persepsi materi pembelajaran
 - c. Memberikan rangsangan pada indera siswa.
 - d. Meningkatkan perhatian siswa

6. Scrabble, puzzle tergolong media pembelajaran:
 - a. Interaktif
 - b. Objek
 - c. Penyaji
 - d. Permainan

7. Kriteria utama dalam memilih media:
 - a. Jumlah siswa
 - b. Kemampuan media
 - c. Tujuan pembelajaran
 - d. Kemudahan penggunaan

8. Apa arti guru reflektif?
 - a. Guru yang tahu kelemahan dalam pembelajaran yang telah dilakukan, dan tidak berusaha untuk memperbaiki.
 - b. Guru yang selalu berusaha menemukan kelemahan dalam pembelajaranyang telah dilakukan, dan tidak berusaha untuk memperbaiki.
 - c. Guru yang selalu berusaha menemukan kelemahan dalam pembelajaran yang telah dilakukan, dan berusaha untuk memperbaiki.
 - d. Guru tidak berusaha menemukan kelemahan dalam pembelajaran yang telah dilakukan.

9. Komponen media yang dibuat sendiri oleh guru, kecuali:
 - a. Tujuan
 - b. Materi
 - c. Evaluasi
 - d. Strategi

10. Media yang dapat dengan mudah membangkitkan efek emosi:
 - a. Audio
 - b. Video
 - c. Radio
 - d. Film

11. Salah satu ciri pembelajaran yang berpusat pada siswa adalah...
- guru aktif
 - guru sebagai fasilitator
 - pembelajaran lebih cenderung secara klasikal
 - pertanyaan yang diajukan guru tertutup
12. Salah satu ciri pembelajaran yang berpusat pada guru adalah...
- guru menciptakan pembelajaran yang menantang
 - siswa aktif
 - jawaban siswa harus sama dengan guru
 - metode pembelajaran bervariasi
13. Hal yang harus diperhatikan dalam melaksanakan PAKEM adalah..
- menyamakan aktif fisik dengan aktif mental
 - memanfaatkan buku paket sebagai sumber belajar
 - guru memahami anak secara perorangan
 - guru tidak memberikan umpan balik
14. Media yang merupakan objek pengganti, kecuali:
- Realia
 - Mock up
 - Simulator
 - Model
15. Pembelajaran yang berpusat pada guru dapat mengakibatkan...
- guru menjadi kreatif
 - siswa kurang dapat bekerja sama
 - motivasi belajar anak meningkat
 - pembelajaran bermakna

B. Profesional

- Pemeliharaan dilakukan untuk mempertahankan unjuk kerja yang optimal telah ditetapkan atau mengembalikan pada posisi semula agar PLTD dapat...

- a. beroperasi dengan efisien, ekonomis dan handal.
 - b. untuk mencapai Jam operasi lebih besar dari 60000 jam pertahun.
 - c. Mempertahankan biaya pemeliharaan pada batas yang ekonomis.
 - d. Mempertahankan tingkat keamanan dan keselamatan kerja.
2. Didalam pelaksanaan strategi pemeliharaan terdapat tiga macam cara / katagori...
- a. Breaktrough maintenance, Regularly preventive maintenance, Predictiveness maintenance
 - b. Regular preventive maintenance, time based maintenance, Condition breaktrough based maintenance
 - c. Breakdown maintenance, Regular preventive maintenance, Condition based maintenance
 - d. Breakdown maintenance, time based condition maintenance, Predictive breaktrough maintenance
3. Laporan pemeliharaan memuat...
- a. Tanggal pelaksanaan, Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan, Penggunaan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan pemeliharaan, biayanya, analisis penanggulangan kerusakan
 - b. Tanggal pelaksanaan, Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan, tenaga kerja tata usaha, klasifikasi dan biaya petugas
 - c. Tanggal pelaksanaan, Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan, Penggunaan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan pemeliharaan
 - d. Tanggal pelaksanaan, Pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan, Penggunaan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan pemeliharaan, SOP, Peralatan bantu, surat dari pimpinan
4. Inspeksi adalah pemeriksaan visual dan pemeriksaan manual dalam rangka untuk menentukan kondisi mesin dan komponennya. Inspeksi mesin melibatkan kegiatan...
- a. pembongkaran lengkap dan penggunaan alat bantu inspeksi yang kompleks

- b. pembongkaran lengkap dan penggunaan alat bantu dan peralatan bantu pada turbin
 - c. pembongkaran lengkap dan penggunaan alat bantu inspeksi yang kompleks pada sudu-sudu turbin
 - d. pembongkaran lengkap dan penggunaan alat bantu inspeksi yang kompleks pada transformator dan peralatan proteksi
5. Prosedur penginspeksian turbin uap, kecuali...
- 1) Pengukuran output/daya mekanis
 - 2) Pengukuran daya pompa air pengisi
 - 3) Pengukuran daya listrik
 - 4) Pengukuran bahan bakar

III. PENUTUP

Upaya menyiapkan tenaga menengah kejuruan untuk memenuhi kebutuhan akan tenaga pelaksana di bengkel atau di industri, dalam kenyataannya sekarang ini sangat dipengaruhi oleh persaingan yang sangat ketat baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Karena setiap pengusaha akan bersaing dalam kualitas produksinya yang dilaksanakan sehingga menghasilkan barang berdasarkan kebutuhan pasar dengan harga yang bersaing.

Dalam hal ini maka untuk menjawab tantangan tersebut setiap orang yang akan terlibat di dalam proses produksi harus mampu dan mempunyai KOMPETENSI yang dikuasai, diakui, sedangkan untuk memperoleh kompetensi tersebut harus melalui pendidikan dan pelatihan di institusi/sekolah kejuruan .

Salah satu perangkat pembelajaran diklat kompetensi adalah buku MODUL/ BAHAN AJAR, yang diharapkan dengan mempelajari buku modul ini peserta akan dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan dasar yang harus dikuasai untuk mengikuti UJI KOMPETENSI.

Modul Diklat PKB bagi Guru dan Tenaga Kependidikan ini disusun sebagai acuan bagi peserta diklat PKB. Melalui modul ini selanjutnya semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan terkait informasi yang diberikan sesuai dengan bidang tugas masing-masing.

Modul Pembelajaran Diklat PKB ini merupakan informasi umum bagi para peserta diklat agar dapat dikembangkan atau digali lebih mendalam sesuai dengan tujuan dan harapan dunia pendidikan, yakni menjadi pendidik yang profesional. Terutama kegiatan pembelajaran yang dapat mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., dan Supriyono, Widodo. (1991). Psikologi Belajar. Jakarta : Rineka Cipta.
- Anonim. (–). Diagnosis Kesulitan Belajar dan Pengajaran Remedial. Handout.
- Arismunandar, Wiranto. 1998. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. ITB Bandung.
- _____. 2002. *Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*. Jakarta : Dirjen Dikti Depdiknas.
- Berahim, Hamzah. 2011. Teknik tenaga listrik dasar. Jakarta : Gramedia
- Buchori, M. 1982. *Psikologi Pendidikan*. Bandung: Jemars.
- Djiteng Marsudi.2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta : Erlangga
- _____.2006. “Operasi Sistem Tenaga Listrik“. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Hamalik, Oemar. 1983. *Metoda Belajar dan Kesulita-Kesulitan Belajar*. Bandung : Tarsino.
- <http://rahmanta13.wordpress.com/2011/10/13/proses-produksi-listrik-pada-pltgu/>
- John W Santrok. 2007. *Perkembangan Anak Edisi 11*. Erlangga Jakarta
- Kurnia, Ingridwati, dkk. 2007. *Perkembangan belajar Peserta Didik*. Jakarta: Depdiknas.
- Laporan Teknis, Pemeliharaan Preventif Pembangkit Listrik, BTMP BPPT, 2001.
- MIF Baehaqi, Sugiarmim. 2008. *Memahami dan Membantu Anak ADHD*. Aditya: Bandung.
- Rooijackers, Ad. 1988. *Mengajar dengan Sukses*. Jakarta : Gramedia.
- Rosita. (–). *Diagnosis Kesulitan Belajar*. Handout.
- Suadianto. 2009. *Pentingnya Mengenak Ke[r]ibadian Siswa untuk Meningkatkan Prestasi Belajar*, Online (<http://h2dy.wordpress.com/2009/02/17/pentingnya-mengenal-kepribadian-siswa-untuk-meningkatkan-prestasi-belajar>, diakses tanggal 6 Desember 2015).
- Syah, Muhibbin. 2001. *Psikologi Pendidikan Suatu Pendekatan Baru*. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Thabrany, Hisbullah. 1994. *Rahasia Sukses Belajar*. Raja Grafindo Persada.
- V.L Maleev .M.E. DR.AM. 1954. “ *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*“. Airlangga. Jakarta.
- Wijaya, Juhana. 1988. *Psikologi Bimbingan*. Bandung: PT Eresco.
- Yustiana, Yusi. (–). *Diagnostik Kesulitan*

GLOSARIUM

1. **Beban** : Sering disebut sebagai **Demand**, merupakan besaran kebutuhan tenaga listrik yang dinyatakan dengan MWh, MW atau MVA tergantung kepada konteksnya
2. **Beban puncak** : Atau peak load / peak demand, adalah nilai tertinggi dari langgam beban suatu sistem kelistrikan dinyatakan dengan MW
3. **Black Start**, pengasutan suatu unit pembangkit yang dilakukan tanpa ketersediaan pasokan daya dari luar ADB : Air Dried Basis, merupakan nilai kalori batubara yang memperhitungkan inherent moisture saja
4. **Boiler** : alat untuk menghasilkan uap, yang akan digunakan untuk pemanasan atau tenaga gerak
5. **Bushing** : bantalan jenis silinder bercelah yang berfungsi untuk menumpu poros
6. **Excitacy** : Penguatan medan atau disebut *eksitasi adalah* pemberian arus listrik untuk membuat kutub magnet pada generator
7. **Frekuensi** : jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik atau banyaknya gelombang/getaran listrik yang dihasilkan tiap detik.
8. **Gangguan** : Kejadian takterencana yang mengakibatkan kondisi abnormal dalam Jaringan (Grid)
9. **Heat Rate** : Besar energi yang digunakan oleh unit pembangkit dalam memproduksi satu unit output. Contoh : jumlah energi untuk memproduksi energi 1 MWh (dinyatakan dalam GJ/MWh)
10. **Heat Rate Curve** : Kurva yang menunjukkan konsumsi energi termal per-jam operasi pada tingkat output yang bervariasi (GJ/Jam)
11. **Island Operation** : Pembangkitan terpisah dari sistem dan beroperasi dengan beban di sekitarnya
12. **Life Extension** : Program rehabilitasi suatu unit pembangkit yang umur teknisnya mendekati akhir
13. **Line Charging** : Pemberian tegangan ke saluran pengantar (transmisi)
14. **Load Shedding** : Pengurangan beban secara sengaja (otomatis / manual) dengan pemutusan beban tertentu karena kejadian abnormal, untuk mempertahankan integritas Jaringan dan menghindari pemadaman yang lebih besar

15. **Losses** : Energi listrik yang hilang dalam inti Trafo dan konduktor penghantar/kabel di Jaringan
16. **Merit Order** : Daftar unit pembangkit dengan urutan biaya operasi yang marginal, sudah termasuk pertimbangan : biaya start-up dan shut-down, minimum start-u dan waktu keluar, kendala bahan bakar, serta kendala operasi lainnya
17. **Neraca daya** : Neraca yang menggambarkan keseimbangan antara beban puncak dan kapasitas pembangkit
18. **Non Coincident Peak Load** : Jumlah beban puncak sistem-sistem tidak terinterkoneksi tanpa melihat waktu terjadinya beban puncak
19. **Outage** : Suatu periode waktu dimana pusat pembangkit, unit pembangkit atau bagian dari Grid, secara keseluruhan atau sebagian tidak beroperasi karena suatu kejadian yang terencana maupun tidak terencana
20. **Penggerak Mula (Prime Mover)** : bagian berputar yang langsung berhubungan dengan sumber tenaga (air,uap,gas,dsb)
21. **PLTA** : *Pusat Listrik Tenaga Air*
22. **PLTD** : *Pusat Listrik Tenaga Diesel*
23. **PLTG** : *Pusat Listrik Tenaga Gas*
24. **PLTGU** : *Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap*
25. **PLTM** : *Pusat Listrik Tebnaga Minihidro*
26. **PLTMH** : *Pusat Listrik Tebnaga Mikro Hidro*
27. **PLTP** : *Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi*
28. **PLTU** : *Pusat Listrik Tenaga Uap*
29. **Prakiraan beban / Demand forecast** : prakiraan pemakaian energi listrik di masa depan
30. **Quality Control. (ISO 8402 : 1994)** : Aktivitas dan teknik operasional yang digunakan untuk memnuhi kebutuhan akan mutu.
31. **Quality (ISO 8402 : 1994)** : Karakteristik menyeluruh dari suatu benda/jasa berkaitan dengan kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang tertulis maupun tidak tertulis.
32. **Qualified Person (OSHA Spec.)** : Seseorang yang karena pendidikannya, sertifikasinya, dan pengalamannya berhasil membuktikan kemampuan untuk memecahkan masalah dalam pekerjaannya.

33. **Redundancy** : Peralatan cadangan dengan kapasitas yang sama besar dengan yang dioperasikan.
34. **SAIDI** : *System Average Interruption Duration Index* (Indeks Lama Gangguan)
35. **SAIFI** : *System Average Interruption Frequency Index* (Indeks Frekuensi Gangguan)
36. **Shutdown** : Pengeluaran suatu unit pembangkit dari Jaringan SKLT : Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi
37. **Solar Cell** : Sel pembangkit listrik energi matahari.
38. **SOP (Standard Operating Procedures)** : panduan hasil kerja yang diinginkan serta proses kerja yang harus dilaksanakan.
39. **Specification** : Instruksi tertulis yang menyertai gambar serta menjelaskan jenis dan kualitas dari bahan atau pengerjaan suatu barang atau konstruksi.
40. **SPK (Surat Perintah Kerja)** : Semacam dokumen kontrak yang menyatakan bahwa suatu pihak memberikan perintah kerja kepada pihak kedua dengan spesifikasi tertentu dan dengan nilai pembayaran tertentu.
41. **Total Blackout** : Situasi dimana Jaringan (Grid) padam total