



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian

Teknik Jaringan dan Distribusi Tenaga Listrik

**Pedagogik : Pengembangan Strategi Pembelajaran
Profesional : Analisis Konstruksi Menara Jaringan
Transmisi Tenaga Listrik**

**KELOMPOK
KOMPETENSI**





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian

Teknik Jaringan dan Distribusi Tenaga Listrik

Penyusun :

Ali Basrah Pulungan, ST., MT

UNP Padang

alibpft@gmail.com

081363287667

Reviewer :

Ir. Gunoro, MT

POLMED Medan

—
—

**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 dan Tenaga Kependidikan ini diharapkan menjadi referensi dan acuan bagi penyelenggara dan peserta diklat dalam melaksanakan kegiatan sebaik-baiknya sehingga mampu meningkatkan kapasitas guru. Modul ini disajikan sebagai salah satu bentuk bahan dalam kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan.

Penyajian modul ini diawali dengan pendahuluan yang akan mengantarkan peserta diklat memasuki materi yang akan dibahas, peta kompetensi, ruang lingkup dan saran cara penggunaan modul. Selanjutnya disajikan uraian materi pokok dengan bahasa yang mudah dipahami yang dilengkapi latihan di setiap kegiatan pembelajaran. Umpan balik diberikan sebagai pengukur pemahaman dan kesulitan saat mempelajari materi.

Kami menyadari bahwa modul ini perlu disempurnakan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun akan menjadi masukan yang berharga untuk kesempurnaan modul ini selanjutnya.

Jakarta, Agustus 2015
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D.
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	2
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang lingkup	3
E. Saran cara penggunaan modul	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	5
A. Tujuan.....	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran	41
E. Latihan/ Kasus/ Tugas.....	42
F. Rangkuman.....	44
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	46
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	48
A. Tujuan.....	48
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	48
C. Uraian Materi	48
Bahan Bacaan 1	48
Bahan Bacaan 2	63
Bahan Bacaan 3	73
Bahan Bacaan 4	80
Bahan Bacaan 5	95
D. Aktivitas Pembelajaran	105
E. Latihan/Kasus/Tugas	106
F. Rangkuman.....	114
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	116

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	117
EVALUASI	123
PENUTUP	128
GLOSARIUM	129
DAFTAR PUSTAKA.....	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pembelajaran Saintifik	8
Gambar 2. Proses Inkuiri	31
Gambar 3. Tiang saluran jenis Lattice Tower	49
Gambar 4. Tiang saluran tubular steel pole	50
Gambar 5. Tiang Saluran jenis RCC Pole	50
Gambar 6. Tiang saluran jenis wooden pole	51
Gambar 7. Suspension tower	52
Gambar 8. Tension tower	53
Gambar 9. Transposition tower	54
Gambar 10. Tiang Baja	55
Gambar 11. Menara baja	56
Gambar 12. Pondasi menara (lattice) 500 kV Gresik-Krian	58
Gambar 13. Pondasi baja 500 kV dead end Suralaya	58
Gambar 14. Kaki Menara yang terhubung dengan body menara	59
Gambar 15. Rambu tanda bahaya	61
Gambar 16. Rambu identifikasi menara dan penghantar	61
Gambar 17. Baut Panjang (Step Bolt)	62
Gambar 18. Penghalang panjat	63
Gambar 20. Transmisi saluran udara	65
Gambar 21. Saluran Listrik Bawah tanah	66
Gambar 22. Saluran Bawah Laut	67
Gambar 23. Saluran isolasi gas	68
Gambar 24. Transmisi saluran udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)	69
Gambar 25. Tower/menara saluran udara tegangan tinggi (SUTT)	70
Gambar 26. Saluran kabel tegangan tinggi (SKKT)	71
Gambar 27. SKTT bawah laut saluran transmisi	72
Gambar 28. Berbagai jenis solator pada sistem tenaga listrik	73
Gambar 29. Jenis isolator gantung jenis clevis dan jenis ball and socket	75
Gambar 30. Pemasangan isolator piring pada saluran	75
Gambar 33. Penampang isolator piring	76
Gambar 34. Jenis isolator pendukung	77
Gambar 35. Profil dan parameter suatu Isolator	78
Gambar 36. Flux linkage pada konduktor silindris	84
Gambar 37. Fluks gandeng antara D_1 dan D_2	85
Gambar 38. Induktansi sendiri dan induktansi bersama	86
Gambar 39. Fluks bersama L_{12}	87
Gambar 40. Saluran 3 fasa dengan jarak simetris	88
Gambar 41. Saluran 3 fasa dengan jarak tidak simetris	89
Gambar 42. Transposisi saluran 3 fasa dengan jarak tidak simetris	90
Gambar 43. Saluran 1 fasa dengan 2 penghantar bundel	91

Gambar 44. Penempatan menara/tiang listrik dekat dengan bukit atau bidang miring yang perlu dihindari.....	98
Gambar 45. Penghantar Bundel (<i>bundle conductor</i>).....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sintak Pembelajaran Berdasarkan Masalah.....	21
Tabel 2. Tahap-tahap pembelajaran metode penemuan terbimbing.	26

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. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi Guru dan Tenaga Kependidikan yang dilaksanakan sesuai kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

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.

Modul diklat PKB Teknik Jaringan Listrik Grade 2 ini terdiri dari dua kompetensi utama, kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Kompetensi pedagogik yaitu kemampuan guru dalam menguasai karakteristik peserta didiknya, baik dilihat dari aspek fisik, moral, spritual, sosial, kultural, emosional maupun intelektualnya. Dengan mempelajari modul ini diharapkan guru dapat memahami karakteristik peserta didiknya.

Kompetensi berikutnya yaitu kompetensi profesional sebagai guru teknik jaringan listrik. Kompetensi profesional khususnya pada grade 2 dalam modul harus dikuasai oleh guru, meliputi konstruksi menara/tiang, isolator dan *basic design* jaringan transmisi. Diharapkan guru memiliki kemampuan tersebut setelah mempelajari modul ini.

B. Tujuan

Tujuan disusunnya modul diklat PKB ini adalah untuk meningkatkan kompetensi pedagogik dan profesional guru teknik jaringan listrik khususnya grade 2 dalam hal menyelenggarakan proses pembelajaran yang mendidik dan memiliki pengetahuan tentang kontruksi menara, kontruksi isolator, *basic design* dan perhitungan teknis yang berkaitan dengan perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik.

C. Peta Kompetensi

No.	Kompetensi Pokok	Kompetensi Inti	Kompetensi Guru/ Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
1	Pedagogik	2. 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
2	Profesional	20. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu	20.1 Merancang jaringan transmisi tenaga listrik	20.1.1 Menganalisis konstruksi menara/ tiang jaringan transmisi tenaga listrik
				20.1.2 Menganalisis konstruksi saluran jaringan transmisi tenaga listrik
				20.1.3 Menganalisis konstruksi isolator jaringan transmisi tenaga listrik
				20.1.4 Menentukan basic design jaringan transmisi tenaga listrik
				20.1.5 Melakukan perhitungan teknis yang berkaitan dengan perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik

D. Ruang lingkup

Modul PKB Guru Teknik Jaringan Listrik Grade 2 ini terdiri dari 6 kegiatan pembelajaran yang mencakup kemampuan pedagogik dan profesional seorang guru. Materi dari setiap kegiatan pembelajaran disesuaikan dengan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) berdasarkan pedoman penyusunan modul yang ada sebelumnya. Kegiatan pembelajaran 1 berisikan materi tentang kemampuan pedagogik, dimana guru diberikan pemahaman tentang bagaimana cara guru menyelenggarakan proses pembelajaran yang mendidik mulai dari perancangan, persiapan dan pelaksanaan proses pembelajaran.

Kegiatan pembelajaran 2 sampai kegiatan pembelajaran 6 berisikan materi tentang kemampuan profesional guru. Bahasannya mulai dari konstruksi menara/tiang jaringan transmisi tenaga listrik, konstruksi saluran transmisi tenaga listrik, konstruksi isolator transmisi tenaga listrik, basic design dan dasar perhitungan teknis berkaitan dengan perencanaan transmisi tenaga listrik.

E. Saran cara penggunaan modul

Modul Pembelajaran ini menggunakan Sistem pendekatan *scientific* dengan menekankan pada Problem Based Learning/ PBL (Pembelajaran Berdasarkan Masalah). Pendekatan *scientific* adalah pendekatan yang memperhatikan kemampuan, keterampilan dan sikap yang diperlukan. Penekanan utamanya adalah pada apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pembelajaran. Salah satu karakteristik yang paling penting dari pembelajaran dengan sistem Pendekatan *scientific* adalah penguasaan individu terhadap bidang pengetahuan, sikap dan keterampilan tertentu secara nyata.

Setelah mempelajari modul ini, kemudian dilakukan evaluasi, ternyata belum mencapai tingkat kompetensi tertentu pada kesempatan pertama, maka peserta diklat akan mengatur rencana bersama untuk mempelajari dan memberikan kesempatan kembali kepada untuk meningkatkan level kompetensi sesuai dengan level tertentu yang diperlukan. Penyajian modul ini dibagi dalam Kegiatan Belajar. Setiap kegiatan belajar dilengkapi dengan evaluasi berupa pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab setelah peserta diklat selesai membaca masukan atau referensi yang relevan. Untuk dapat mengikuti modul ini peserta diklat harus sudah mempunyai pengetahuan dalam bidang; Keselamatan dan kesehatan kerja, Rangkaian listrik, Gambar teknik listrik dan Alat ukur dan pengukuran.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

PENGEMBANGAN STRATEGI PEMBELAJARAN

A. Tujuan

Guru mampu menjelaskan dan menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam pembelajaran

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menerapkan pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan
2. Mengetahui berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning) dibedakan dengan tepat
3. Mampu menjelaskan berbagai metoda dan teknik pembelajaran
4. Menerapkan berbagai metoda dan teknik pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran

C. Uraian Materi

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 dewasa 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 ekuilibrisasi 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:

- 1) berpusat pada siswa.
- 2) melibatkan keterampilan proses sains dalam mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip.

- 3) melibatkan proses-proses kognitif yang potensial dalam merangsang perkembangan intelek, khususnya keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.
- 4) 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 :

1. peserta didik difasilitasi untuk mencari tahu;
2. peserta didik belajar dari berbagai sumber belajar;
3. proses pembelajaran menggunakan pendekatan ilmiah;

4. pembelajaran berbasis kompetensi;
5. pembelajaran terpadu;
6. pembelajaran yang menekankan pada jawaban divergen yang memiliki kebenaran multi dimensi;
7. pembelajaran berbasis keterampilan aplikatif;
8. peningkatan keseimbangan, kesinambungan, dan keterkaitan antara *hard-skills* dan *soft-skills*;
9. pembelajaran yang mengutamakan pembudayaan dan pemberdayaan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat;
10. 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);
11. pembelajaran yang berlangsung di rumah, di sekolah, dan di masyarakat;
12. pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran;
13. pengakuan atas perbedaan individual dan latar belakang budaya peserta didik; dan
14. suasana belajar menyenangkan dan menantang.

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

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

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

Belajar dan Pembelajaran

a. Pengertian belajar

Belajar itu adalah bentuk pertumbuhan atau perubahan dalam diri seseorang yang dinyatakan dalam bentuk tingkah laku yang baru berkat pengalaman dan latihan". Tingkah laku yang baru itu misalnya dari yang tidak tahu menjadi tahu, bertambahnya pengertian-pengertian baru, perubahan dalam kebiasaan, keterampilan, kesanggupan menghargai sifat-sifat sosial, emosional, dan perkembangan jasmani. Belajar adalah aktivitas mental/psikis yang berlangsung dalam interaksi aktif dalam

pengetahuan-pemahaman keterampilan dan nilai-sikap. Perubahan itu bersifat relatif konstan dan berbekas.

Dalam proses belajar para siswa memiliki kemampuan pada ranah kognitif, afektif dan psikomotor. Dengan demikian proses pembelajaran hendaknya memberikan kesempatan untuk berkembang pada ketiga ranah tersebut. Yaitu dengan memperhatikan segi pemahaman siswa terhadap materi atau bahan pelajaran yang telah diberikan (aspek kognitif), maupun dari segi penghayatan (aspek afektif), serta pengalaman (aspek Psikomotor). Hal ini berkaitan dengan tujuan belajar, yaitu untuk mendapatkan pengetahuan, merubah sikap dan pandangan, serta menciptakan pengalaman dan keterampilan yang sesuai dengan konsentari yang digeluti oleh siswa.

Dari uraian pendapat diatas ditarik kesimpulan bahwasanya belajar adalah aktivitas mental yang dilakukan secara aktif dengan menggunakan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotor. Kemampuan yang dimiliki siswa itu dapat menghasilkan perubahan tingkah laku, penambahan pengetahuan, menciptakan pengalaman dan keterampilan para siswa. Hal itu diharapkan dapat merangsang keaktifan siswa dalam belajar dan meningkatkan hasil belajar siswa.

b. 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”.

Dapat disimpulkan bahwa dalam belajar akan ditemukan banyak perubahan. Perubahan ini terjadi karena adanya interaksi dengan para siswa dan lingkungan belajar. Interaksi yang terjadi dapat diatur sedemikian rupa sehingga didapat hasil belajar yang memuaskan.

Hasil Belajar

a. 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:

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

Berdasarkan pendapat beberapa ahli diatas bahwa hasil belajar adalah perubahan yang terjadi pada siswa dengan adanya interaksi dengan lingkungan yaitu berupa 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.

b. 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”.

Berdasarkan pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwasanya hasil belajar di pengaruhi oleh faktor eksternal dan internal diantaranya adalah siswa, guru, bahan pelajaran, alat dan media yang tersedia, metode mengajar, sistem evaluasi, sistem administrasi, serta faktor lingkungan.

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.

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.

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

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.

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
- Menemukaenali kekuatan dan kelemahan diri sendiri serta menemukan cara utk mengatasi kelemahan diri; *self-directed learning*.

Langkah-langkah :

- Guru menjelaskan kompetensi yang ingin dicapai dan menyebutkan sarana atau alat pendukung yang dibutuhkan.
- Memotivasi siswa untuk terlibat dalam aktivitas pemecahan masalah yang dipilih.
- Guru membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut (menetapkan topik, tugas, jadwal, dll.)
- Guru mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah, pengumpulan data, hipotesis, pemecahan masalah.
- Guru membantu siswa dalam merencanakan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan dan membantu mereka berbagi tugas dengan temannya
- Guru membantu siswa untuk melakukan refleksi atau evaluasi terhadap eksperimen mereka dan prosesproses yang mereka gunakan

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. Trianto (2009; 91) menyatakan bahwa konsep model pembelajaran berbasis masalah adalah “Berusaha sendiri untuk mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang bermakna”. Suatu konsekuensi logis karena berusaha untuk mencari pemecahan masalah secara mandiri akan memberikan pengalaman konkret dan makna tersendiri bagi siswa.

Pelaksanaan model pembelajaran berbasis masalah, terdiri dari kelompok-kelompok kecil diantara siswa untuk yang saling bekerjasama. Aktivitas

dalam kelompok untuk memecahkan masalah yang telah disepakati. Guru memandu siswa menguraikan rencana pemecahan masalah menjadi tahap-tahap kegiatan. Tahapan kegiatan yang dilakukan, mengenai penggunaan keterampilan dan strategi yang dibutuhkan agar masalah dapat diselesaikan. Dengan demikian kegiatan selama proses pembelajaran ini akan memberikan pengalaman kongkret kepada siswa dalam belajar.

Trianto (2009: 89) mengemukakan bahwa "Model pembelajaran berbasis masalah dikenal dan dikembangkan oleh beberapa orang ahli seperti Dewey, Piaget dan Vygotsky". Berbagai pengembangan model pembelajaran berbasis masalah memiliki karakteristik, kelebihan, kekurangan, langkah-langkah, tujuan dan hasil belajar seperti berikut ini:

a. 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.

Sementara itu, Menurut Trianto (2009: 93), karakteristik model Pembelajaran Berdasarkan Masalah (PBM) adalah sebagai berikut:

- 1) Mengajukan masalah atau masalah.
- 2) Berfokus pada keterkaitan antardisiplin.
- 3) Penyelidikan autentik. Penyelidikan autentik untuk mencari penyelidikan nyata terhadap masalah nyata.
- 4) Menghasilkan produk dan memamerkannya.
- 5) Produk yang mewakili bentuk penyelesaian masalah berupa laporan, model fisik, video, maupun program komputer.
- 6) Kalaborasi.

Secara umum karakteristik model pembelajaran berbasis masalah yaitu menyajikan kepada siswa tentang masalah yang autentik. Melalui masalah autentik tersebut, akan memberikan kemudahan kepada para siswa untuk melakukan penyelidikan dan inkuiri. Sedangkan secara khusus, karakteristik model pembelajaran berbasis masalah yaitu adanya pengajuan masalah, berfokus pada keterkaitan antar disiplin ilmu, penyelidikan autentik, menghasilkan produk atau karya dan memamerkan produk serta adanya kerjasama. Kerjasama dilakukan untuk menyelesaikan masalah. Masalah yang diselesaikan adalah masalah yang ditemukan pada kehidupan sehari-hari. Penyelesaian masalah yang ditemukan akan dirasakan langsung bermanfaat bagi diri sendiri.

Adapun landasan teoritis dan empiris mengenai karakteristik model pembelajaran berbasis masalah adalah gagasan dan ide-ide para ahli seperti Dewey dengan kelas demokratisnya. Piaget berpendapat bahwa adanya rasa ingin tahu untuk memotivasi siswa agar lebih aktif membangun tampilan dalam otak mereka tentang lingkungan yang mereka hayati. Vygotsky yang merupakan tokoh dalam pengembangan konsep yang dianut dalam pembelajaran berbasis masalah.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis masalah dapat memacu semangat siswa untuk aktif dan ikut terlibat dalam pengalaman belajarnya. Karakteristik model pembelajaran berbasis masalah diawali dengan adanya masalah yang harus diselesaikan oleh siswa. Penyelesaian masalah tersebut, akan diselesaikan dalam kelompok oleh siswa, dan sangat bermanfaat dalam kehidupan jika ditemukan penyelesaiannya.

b. 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) Mempunyai sifat inkuiri siswa.
- 4) Retensi konsep jadi kuat.
- 5) Mempunyai 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.

Lebih lanjut Wina (2012: 220) menyebutkan Pembelajaran Berbasis Masalah sebagai salah satu model dalam pembelajaran memiliki beberapa keunggulan diantaranya:

- a) Dapat menantang kemampuan siswa menemukan pengetahuan baru.
- b) Membantu peserta didik mentransfer pengetahuan mereka untuk memahami masalah dalam kehidupan nyata.
- c) Membantu siswa untuk mengembangkan pengetahuan barunya dan bertanggungjawab dalam pembelajaran yang mereka lakukan.
- d) Memperlihatkan kepada siswa bahwa setiap mata pelajaran pada dasarnya merupakan cara berpikir, dan sesuatu yang harus dimengerti, bukan hanya sekedar belajar.
- e) Mengembangkan kemampuan peserta didik untuk berpikir kritis dan mengembangkan kemampuan mereka untuk menyesuaikan dengan kemampuan baru.
- f) Memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan yang dimilikinya pada dunia nyata.

- g) Mengembangkan minat peserta didik untuk terus menerus belajar sekalipun belajar pendidikan formal telah berpikir.

Selain keunggulan yang telah dikemukakan tersebut, model pembelajaran berbasis masalah juga memiliki beberapa kelemahan Wina (2012: 221) mengatakan kelemahan model pembelajaran berbasis masalah adalah sebagai berikut:

- 1) Manakala siswa tidak memiliki minat atau tidak mempunyai kepercayaan bahwa masalah yang dipelajari itu sulit untuk dipecahkan, maka mereka merasa enggan untuk mencoba.
- 2) Keberhasilan model pembelajaran berbasis masalah membutuhkan persiapan sehingga, membutuhkan waktu yang cukup lama.
- 3) Tanpa pemahaman mengapa mereka berusaha untuk memecahkan masalah yang sedang dipelajari, mereka tidak akan belajar apa yang mereka ingin pelajari.

Dua pendapat diatas, dapat disimpulkan, keunggulan model pembelajaran berbasis masalah secara umum dapat mengembangkan kemampuan berpikir dalam memecahkan masalah. Lebih lanjut keunggulan model PBM dapat mengembangkan kemampuan intelektual siswa. Selain keunggulan, dapat disimpulkan bahwa kelemahan pelaksanaan model pembelajaran berbasis masalah adalah guru harus mampu menunjukkan kepada siswa untuk tertarik pada masalah yang akan diselesaikan. Masalah yang akan diselesaikan dalam proses pembelajaran ini adalah masalah nyata yang bermanfaat bagi siswa untuk menemukan penyelesaiannya. Lebih lanjut, dalam pembelajaran ini dibutuhkan waktu yang lama.

c. 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.
---	---

Sumber: Muhammad Nur: 57

Berdasarkan penjelasan Tabel 2, pembelajaran dengan model PBM dimulai dengan adanya masalah. Masalah tersebut dapat bersumber dari siswa tersebut maupun dari guru mata pelajaran. Permasalahan yang dimaksud adalah permasalahan nyata yang menyangkut tentang materi pelajaran yang sedang diikuti. Kemudian guru membimbing untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut. Adapun hasil dari penyelesaian masalah yang dibahas sebelumnya dapat berupa laporan, video maupun sebagainya.

d. 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.

a) Pemodelan Peran Dewasa

Trianto (2009: 98) memberikan rasional tentang bagaimana pembelajaran berbasis masalah membantu siswa untuk berkinerja dalam situasi kehidupan nyata dan belajar tentang pentingnya peran orang dewasa. Dalam banyak hal pembelajaran berbasis masalah berkesesuaian dengan aktivitas mental di luar sekolah sebagaimana yang diperankan oleh orang dewasa.

b) Pembelajar yang Otonom dan Mandiri

Pembelajaran berbasis masalah berusaha membantu peserta didik menjadi pelajar yang mandiri dan otonom. Bimbingan guru yang berulang-ulang, mendorong dan mengarahkan siswa untuk mengajukan masalah, mencari penyelesaian terhadap masalah nyata oleh mereka sendiri. Dengan demikian siswa belajar menyelesaikan tugas-tugas mereka secara mandiri dalam hidupnya.

Discovery Learning

Penemuan adalah terjemahan dari *discovery*. Menurut Roestiyah, (2008:20), *discovery* adalah “proses mental dimana siswa mampu mengasimilasikan sesuatu konsep atau prinsip”. Proses mental tersebut ialah mengamati, mencerna, mengerti, mengolong-golongkan, membuat dugaan, menjelaskan, mengukur, membuat kesimpulan dan sebagainya. Pembelajaran dengan penemuan, siswa didorong untuk belajar langsung sebagian besar melalui keterlibatan aktif mereka sendiri dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip. Selain itu, dalam pembelajaran penemuan siswa juga belajar pemecahan masalah secara mandiri dan keterampilan-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 proses pelaksanaan

pembelajaran maupun tujuan yang dicapai terlaksana dengan baik. Bimbingan guru yang dimaksud adalah memberikan bantuan agar siswa dapat memahami tujuan kegiatan yang dilakukan.

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.

Menurut Rudi Hartono (2013:72), pembelajaran penemuan terbimbing yaitu pembelajaran yang agak berpusat pada guru karena siswa tidak merumuskan sendiri pertanyaannya. Guru menyiapkan lembar kerja yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang akan dijawab siswa dan penentuan urutan pertanyaan benar-benar diperhatikan.

Pembelajaran penemuan terbimbing dikembangkan berdasarkan pandangan kognitif tentang pembelajaran dan prinsip-prinsip konstruktivis. Menurut prinsip ini siswa dilatih dan didorong untuk dapat belajar secara mandiri. Dengan kata lain, belajar secara konstruktivis lebih menekankan belajar yang berpusat pada siswa sedangkan peranan guru adalah membantu siswa menemukan fakta, konsep atau prinsip bukan memberikan ceramah.

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.

Hal ini ditegaskan Jamil (2013:246), Pemberian latihan terbimbing kepada siswa dapat memudahkan siswa dalam memahami suatu materi pelajaran dan juga siswa dapat memperbaiki kesalahan-kesalahan yang dilakukan dalam mengerjakan latihan. Untuk itu siswa memerlukan bantuan dalam mengerjakan latihan berupa bimbingan dan arahan agar dapat mengetahui cara-cara penyelesaian.

Siswa diberi kesempatan berperan serta dalam kegiatan pembelajaran sesuai dengan perkembangan intelektual mereka dengan bimbingan guru. Penemuan terbimbing yang dilakukan oleh siswa dapat mengarah pada terbentuknya kemampuan untuk melakukan penemuan bebas dikemudian hari. Kegiatan pembelajaran penemuan terbimbing menekankan pada pengalaman belajar secara langsung melalui kegiatan penyelidikan, menemukan konsep dan kemudian menerapkan konsep yang telah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari, sedangkan kegiatan belajar yang berorientasi pada keterampilan proses menekankan pada pengalaman belajar langsung, keterlibatan siswa aktif dalam kegiatan pembelajaran dan penerapan konsep dalam kehidupan sehari-hari, dengan demikian bahwa penemuan terbimbing dengan keterampilan proses ada hubungan yang erat dengan kegiatan penyelidikan, menemukan konsep harus melalui keterampilan proses.

c. Langkah-langkah Metode Penemuan Terbimbing

Pembelajaran penemuan terbimbing dikembangkan berdasarkan pandangan kognitif tentang pembelajaran dan prinsip-prinsip

konstruktivis. Menurut prinsip ini siswa dilatih dan didorong untuk dapat belajar secara mandiri. Dengan kata lain, belajar secara konstruktivis lebih menekankan belajar berpusat pada siswa sedangkan peranan guru adalah membantu siswa menemukan fakta, konsep atau prinsip untuk diri mereka sendiri bukan memberi ceramah atau mengendalikan seluruh kegiatan kelas.

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

Metode penemuan terbimbing tidak sama dengan metode konvensional. Pada metode penemuan terbimbing siswa dituntut untuk menyelidiki dan menyimpulkan penyelesaian masalah yang diberikan dengan dibimbing oleh guru. Setelah siswa mampu menyelesaikan tugasnya, hasil yang diperoleh siswa dalam proses penemuan ditampilkan untuk dievaluasi dan diberikan masukan tambahan.

Menurut Ibrahim (2000:13) dalam Padiya (2008), untuk melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan metode penemuan terbimbing harus mengikuti langkah-langkah:

- 1) Orientasi siswa pada masalah. Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, memotivasi siswa untuk terlibat pada aktivitas pemecahan masalah yang diberikan guru.
- 2) Mengorganisasikan siswa dalam belajar. Guru membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas-tugas yang berkaitan dengan masalah.
- 3) Membimbing penyelidikan individual maupun kelompok. Guru mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai. Melaksanakan eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah.
- 4) Menyajikan/mempresentasikan hasil kegiatan. Mengevaluasi kegiatan. Pada tahap ini memberikan informasi yang sebenarnya yang berkaitan dengan hasil penemuannya.

Setelah siswa menemukan apa yang dicari hendaknya guru menyediakan soal tambahan untuk memeriksa apakah hasil penemuan itu benar. Pada pelaksanaannya, model penemuan ini jika tidak terbimbing akan menjadi tak terarah dan hasil penemuan tidak sesuai dengan harapan. Siswa akan berbeda menentukan hasil sehingga tujuan tidak tercapai. Dalam hal ini siswa memerlukan tambahan bimbingan bila penemuan sama sekali baru bagi mereka dan gunakan pertanyaan pengarahan yang baik bila ditemui perkiraan yang salah. Selain itu, jumlah siswa yang terlalu banyak akan mempersulit guru dalam membimbing dan mengarahkan kepada tujuan pembelajaran. Penemuan terbimbing sebaiknya dilaksanakan dalam kelompok jika siswanya banyak, sehingga masing-masing kelompok dapat terorganisir dengan baik. Siapkan tugas lanjutan bagi kelompok yang lebih dulu menemukan, sehingga tidak membantu dan mengganggu kelompok lain.

Menurut Richard (dalam Roestiyah, 2008:20), dalam teknik ini siswa dibiarkan menemukan sendiri atau mengalami proses mental itu sendiri,

guru hanya membimbing dan memberikan instruksi sehingga situasi belajar mengajar berpindah dari situasi *teacher dominated learning* menjadi situasi *student dominated learning*. Dengan menggunakan *discovery learning*, suatu cara mengajar yang melibatkan siswa dalam proses kegiatan mental melalui tukar pendapat dengan diskusi, seminar, membaca sendiri dan mencoba sendiri agar anak dapat belajar sendiri.

Roestiyah (2008:20) berpendapat metode ini memiliki keunggulan sebagai berikut diantaranya: Metode ini mampu membantu siswa untuk mengembangkan kemampuannya dalam menguasai pelajaran, Siswa memperoleh pengetahuan yang bersifat langsung sehingga apa yang dipelajari mudah tertinggal dalam jiwa siswa tersebut, dapat membangkitkan motivasi belajar para siswa, mampu memberikan kesempatan kepada siswa untuk berkembang dan maju sesuai dengan kemampuannya masing-masing, mampu mengarahkan cara belajar siswa, sehingga lebih memiliki motivasi yang kuat untuk belajar lebih giat lagi, dapat membantu siswa untuk memperkuat dan menambah kepercayaan pada diri sendiri dengan proses penemuan sendiri, dan strategi pembelajaran ini berpusat pada siswa dan tidak pada guru. Guru hanya sebagai pembimbing dalam proses pembelajaran

Beberapa keuntungan yang dikemukakan di atas menjadi pertimbangan positif dalam memilih metode penemuan sebagai salah satu model pembelajaran. Agar pembelajaran dengan metode penemuan dapat mencapai hasil maksimal, maka perlu diwaspadai beberapa kekurangan atau kelemahannya. Kelemahan metode ini menurut Roestiyah (2008:21) adalah: siswa harus mempunyai kesiapan dan kematangan mental untuk cara belajar ini, bila kelas terlalu besar maka metode ini akan kurang berhasil, bagi guru dan siswa yang sudah terbiasa dengan perencanaan dan pengajaran tradisional mungkin akan sangat kecewa bila diganti dengan metode penemuan, dan teknik ini mungkin tidak memberikan kesempatan untuk berfikir kreatif.

Dengan memperhatikan keuntungan metode penemuan yang lebih banyak dari pada kekurangannya, maka penggunaan metode penemuan

terbimbing tetap dianggap sebagai cara yang efektif dan efisien dalam pembelajaran MDDE yang bertujuan untuk memecahkan suatu masalah yang relevan dengan perkembangan kognitif anak. Apalagi pada kenyataannya penggunaan metode ini hanya sulit pada permulaannya, tetapi selanjutnya dapat membantu siswa belajar lebih cepat menemukan sendiri apa yang tidak diketahui.

Metode penemuan terbimbing ini juga dapat meningkatkan penalaran siswa dan kemampuan untuk berpikir bebas, dan juga melatih keterampilan-keterampilan kognitif siswa untuk menemukan dan memecahkan masalah tanpa pertolongan orang lain.

Inquiry Learning

1. Metode Inkuiri

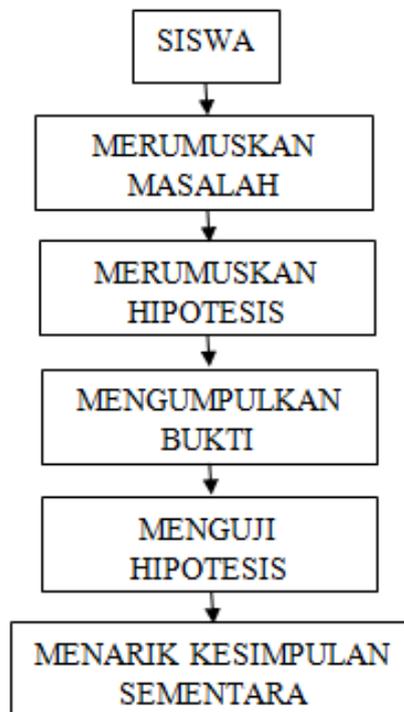
Menurut Gulo (2002:84) Metode inkuiri berarti suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, logis, analitis, sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri. Sasaran utama 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.

Menurut Mulyasa (2006:108) “metode inkuiri merupakan metode yang mempersiapkan peserta didik pada situasi untuk melakukan eksperimen sendiri secara luas agar melihat apa yang terjadi, ingin melakukan sesuatu, mengajukan pertanyaan-pertanyaan, dan mencari jawaban sendiri, serta menghubungkan penemuan yang satu dengan penemuan yang lain, dan membandingkan apa yang ditemukannya dengan yang ditemukan peserta didik lain”. Sedangkan menurut Sudjana (2005:154) “metode inkuiri merupakan metode pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah. Metode ini menuntut siswa

lebih banyak belajar sendiri, mengembangkan kreativitas dan memotivasi siswa dalam memecahkan masalah”.

Dari beberapa pendapat ahli dapat disimpulkan bahwa metode inkuiri adalah suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk berfikir ilmiah dalam melakukan eksperimen sendiri secara luas agar melihat apa yang terjadi, ingin melakukan sesuatu, mengajukan pertanyaan-pertanyaan dan mencari jawaban sendiri, serta menghubungkan penemuan yang satu dengan penemuan yang lain, dan membandingkan apa yang ditemukannya dengan yang ditemukan peserta didik lainnya. Untuk menciptakan kondisi seperti itu, maka peranan guru sangat menentukan. Guru tidak lagi berperan sebagai pemberi informasi dan siswa sebagai penerima informasi. Peranan utama guru dalam menciptakan kondisi inkuiri ialah: (a) Motivator, (b) Fasilitator, (c) Penanya, (d) Administrator, (e) Pengarah, (f) Manajer, (g) Rewarder.

Inkuiri tidak hanya mengembangkan kemampuan intelektual tetapi seluruh potensi yang ada, termasuk pengembangan emosional dan pengembangan keterampilan. Pada hakikatnya, inkuiri merupakan suatu proses yaitu dapat kita perhatikan pada gambar 2.



Gambar 2. 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.

Semua tahap dalam proses inkuiri tersebut di atas merupakan kegiatan belajar dari siswa. Guru berperan untuk mengoptimalkan kegiatan tersebut pada proses belajar sebagai motivator, fasilitator, dan pengarah.

Inkuiri merupakan suatu metode atau cara yang digunakan guru untuk mengajar di depan kelas. Dalam metode ini siswa yang memegang peranan utama, siswa harus berpikir sendiri, mencari jalan sendiri, mencari jawaban atas soal – soal yang dihadapinya. Hal ini diperkuat oleh pendapat Wina Sanjaya (2006:195), bahwa pembelajaran dengan menggunakan strategi inkuiri adalah suatu rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berfikir siswa secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya.

Metode inkuiri lebih mengutamakan kegiatan siswa, mendorongnya berfikir sendiri untuk memecahkan masalah yang dihadapinya. Oleh karena itu metode ini dikatakan lebih berpusat kepada siswa, seperti dikemukakan oleh Buchari Alma (2009:61), bahwa metode inkuiri ialah mendorong siswa untuk bertindak aktif untuk mencari jawaban dari masalah – masalah yang dihadapinya dan menarik kesimpulan sendiri dengan berfikir ilmiah,yang kritis,logis dan sistematis.

Seperti dikemukakan di atas, dalam proses ini guru tidak lagi berperan sebagai pemberi informasi dan siswa sebagai penerima informasi. Peranan utama guru adalah sebagai fasilitator yang berhadapan dengan siswa dan

membantu mereka mengidentifikasi pertanyaan dan masalah serta membimbing mereka dalam melakukan penyelidikan.

Tujuan Penggunaan Metode Inkuiri.

Pada hakikatnya metode inkuiri merupakan suatu proses dimana pelaksanaannya dimulai dari mengajukan pertanyaan melalui langkah – langkah yang berpolakan pada kegiatan pencarian untuk menemukan sesuatu sebelum menetapkannya sebagai suatu kesimpulan. Karena itu inkuiri merupakan pengajaran yang berpusat pada siswa dan menghendaki siswa untuk berperan aktif dalam pembelajaran yang berarti siswa berlatih dalam proses inkuiri. Wina Sanjaya (2006:197) mengatakan bahwa, tujuan dari penggunaan metode inkuiri dimana kemampuan berfikir secara sistematis, logis, atau kritis, atau mengembangkan kemampuan intelektual sebagai bagian dari proses mental. Hal ini diperkuat pula oleh pendapat Buchari Alma (2008:57), bahwa metode inkuiri menolong siswa mengembangkan disiplin intelektual dan keterampilan yang dibutuhkan dengan memberikan pertanyaan dan mendapatkan jawaban atau dasar rasa ingin tahu mereka.

Senada dengan pendapat tersebut, Ahmadi (2005:77) mengemukakan bahwa dalam pengajaran inkuiri guru jarang sekali menerangkan, tetapi ia banyak mengajukan pertanyaan. Dengan pertanyaan guru dapat membantu siswa menyadari ke arah mana mereka harus berpikir. Pendapat lain juga dikemukakan oleh Roestiyah (2001:76) yang mengatakan bahwa tujuan dari penggunaan metode inkuiri dalam pembelajaran adalah agar siswa terangsang oleh tugas dan aktif mencari serta meneliti pemecahan masalah itu. Diharapkan juga siswa mampu mengemukakan pendapatnya dan merumuskan kesimpulan nantinya.

Dari beberapa pendapat para ahli di atas, maka dapat diambil kesimpulan tujuan penggunaan metode inkuiri adalah untuk membantu siswa dalam proses belajarnya melalui pertanyaan – pertanyaan yang dikemukakan oleh guru untuk menyemangati keingintahuan mereka. Dengan pertanyaan tersebut mereka digiring untuk menemukan pemecahan masalah.

2. Langkah – langkah Penggunaan Metode Inkuiri.

Pada metode inkuiri, kegiatan belajar mengajar dirawat dengan mengajukan pertanyaan yang problematis dan dengan menghadapkan siswa pada masalah yang dapat merangsangnya untuk berfikir kritis dan kreatif. Hal ini dapat dilakukan dengan menyajikan presentasi verbal atau pengalaman nyata, atau bisa dirancang sendiri oleh guru. Jika siswa menunjukkan reaksinya, maka guru berusaha menarik perhatian mereka terhadap sudut pandang, cara penerimaan mereka, cara mereka mengorganisasikan stimulus itu, dan perasaan mereka.

Jika siswa sudah menunjukkan perhatian dan minatnya dengan cara yang dinyatakan oleh reaksi mereka yang berbeda-beda, guru mengarahkan mereka untuk merumuskan dan menyusun masalah. Selanjutnya, siswa diarahkan pada usaha supaya mereka mampu menganalisis, mengorganisasikan kelompok mereka, bekerja, dan melaporkan hasilnya. Akhirnya, siswa mengevaluasi sendiri penyelesaiannya dalam hubungannya dengan tujuan semula.

Langkah-langkah metode inkuiri menurut Ida (2005) inkuiri sebagai teknik pengajaran mengandung arti bahwa dalam proses pembelajaran berlangsung pengajar harus dapat mendorong dan member kesempatan kepada siswa untuk lebih aktif dalam belajar.

Adapun langkah-langkah pembelajarannya yaitu:

- a. Membina suasana yang responsive diantara siswa.
- b. Mengemukakan permasalahan untuk di inkuiri (ditemukan) melalui cerita, film, gambar, dan sebagainya. Kemudian mengajukan pertanyaan kearah mencari, merumuskan dan memperjelas permasalahan dari cerita dan gambar.
- c. Mengajukan pertanyaan-pertanyaan kepada siswa, pertanyaan yang diajukan bersifat mencari atau mengajukan informasi atas data tentang masalah tersebut.
- d. Merumuskan hipotesis/perkiraan yang merupakan jawaban dari pernyataan tersebut. Perkiraan jawaban ini akan terlihat tidaknya setelah pengumpulan data dan pembuktian atas data. Siswa

mencoba merumuskan hipotesis permasalahan tersebut. Guru membantu dengan pertanyaan-pertanyaan pancingan.

- e. Menguji hipotesis, guru mengajukan pertanyaan yang bersifat meminta data untuk pembuktian hipotesis.
- f. Pengambilan kesimpulan perumusan kesimpulan ini dilakukan guru dan siswa.

Setiap langkah dalam proses inkuiri hendaknya berlangsung secara efektif, karena itu para siswa harus mengetahui dimana nantinya mereka berkomunikasi, berbagi tanggung jawab, dan bersama-sama mencari pengetahuan atau permasalahan dalam pembelajaran. Dalam penggunaan metode inkuiri guru harus menciptakan suasana yang menjamin kebebasan untuk melakukan eksplorasi, melakukan hubungan pribadi yang baik dan kebersamaan dengan itu diperlukan bantuan psikologis. Sejauh mungkin guru berusaha untuk dapat meningkatkan cara kerja siswa secara lebih bebas. Dengan keterampilan khusus guru mengajukan pertanyaan atau permasalahan. Pertanyaan yang diajukan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan dapat memecahkan masalah.

Metode Pembelajaran

1. 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".

Pendapat diatas menjelaskan bahwa guru sebagai orang yang bertanggung jawab harus mampu menciptakan kegiatan belajar mengajar dengan hasil belajar yang maksimal, dengan tidak mengesampingkan keterlibatan siswa untuk memproseskan cara perolehannya. Oleh karena

itu guru harus mampu menetapkan metode mengajar yang paling efektif dan efisien sesuai dengan kondisinya, dan kemudian menetapkan alat-alat atau sumber-sumber yang diperlukan untuk memberikan kegiatan dan pengalaman belajar siswa sesuai dengan tujuan interaksional.

2. 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.

Mewujudkan proses belajar mengajar yang menekankan pada pendekatan keterampilan proses, harus didukung oleh metode mengajar yang sesuai. Metode mengajar harus berpedoman pada prinsip belajar aktif, sehingga dalam proses belajar mengajar perhatian utama harus ditujukan kepada siswa yang belajar. Proses mengajar harus mengembangkan cara belajar untuk mendapatkan, mengolah, menggunakan dan mengkombinasikan perolehannya.

Metode yang digunakan dalam pembelajaran hendaknya disesuaikan dengan pokok bahasan atau masalah yang dibahas pada mata pelajaran tersebut, siswa harus berperan aktif didalamnya. Setiap guru juga perlu

meningkatkan kemampuan profesionalnya. Hal itu dibutuhkan karena setiap guru hendaknya memberikan kesempatan sebanyak mungkin kepada siswa untuk memeriksa dan membuktikan kebenaran suatu informasi atau pengalaman. Dengan demikian keterlibatan mental siswa akan betul-betul terwujud semaksimal mungkin, karena tidak ada satu metode mengajar yang baik untuk semua materi pelajaran dan untuk semua situasi belajar, maka guru harus memilih berbagai metode mengajar yang memadai.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 :

1. Guru membagi 2 kelompok peserta debat yang satu pro dan yanglainnya kontra
2. Guru memberikan tugas untuk membaca materi yang akan didebatkanoleh kedua kelompok diatas
3. 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.
- 4. Sementara siswa menyampaikan gagasannya, guru menulis inti/ide-ide
 - dari setiap pembicaraan sampai mendapatkan sejumlah ide diharapkan.
- 5. Guru menambahkan konsep/ide yang belum terungkap
- 6. Dari data-data yang diungkapkan tersebut, guru mengajak siswa
 - membuat kesimpulan/rangkuman yang mengacu pada topik yang ingin
 - dicapai.

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.

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 :

1. Guru menyusun/menyiapkan skenario yang akan ditampilkan
2. Menunjuk beberapa siswa untuk mempelajari skenario dalam waktubeberapa hari sebelum KBM
3. Guru membentuk kelompok siswa yang anggotanya 5 orang
4. Memberikan penjelasan tentang kompetensi yang ingin dicapai
5. Memanggil para siswa yang sudah ditunjuk untuk melakonkanskenario yang sudah dipersiapkan
6. Masing-masing siswa berada di kelompoknya sambil mengamatiskenario yang sedang diperagakan
7. Setelah selesai ditampilkan, masing-masing siswa diberikan lembar v kerja untuk membahas penampilan masing-masing kelompok.
8. Masing-masing kelompok menyampaikan hasil kesimpulannya
9. Guru memberikan kesimpulan secara umum
10. Evaluasi
11. Penutup

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

Pelaksanaan kegiatan inti merupakan proses pembelajaran untuk mencapai KD yang dilakukan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Aktivitas pembelajaran dimulai dengan membaca seluruh bagian dari kegiatan pembelajaran ini, disarankan anda membaca secara berurutan, sehingga anda mengetahui tujuan dan indikator capaian kompetensi. Belajar dengan menggunakan modul ini dituntut kemandirian dan kejujuran anda terhadap diri sendiri. Beberapa kegiatan yang juga harus anda lakukan:

1. Membaca sumber bacaan lain, yang berhubungan dengan materi pada kegiatan pembelajaran ini.
2. Mengerjakan latihan/kasus/tugas dalam pembelajaran ini.
3. Apabila ada bagian-bagian yang belum anda kuasai sesuai yang diharapkan, ulangi kembali dengan tidak tergesa-gesa.
4. Jawablah pertanyaan pada bagian Latihan/kasus/tugas pada Lembar Kerja yang telah disediakan
5. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan pada bagian latihan/kasus/tugas dengan baik, maka Saudara dapat melanjutkan pembelajaran ke kegiatan pembelajaran 2

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. memberikan 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:
 1. Mendata siswa yang memiliki kecerdasan (IQ) tinggi
 2. Menganalisis soal yang paling banyak salah dan pling banyak benar dijawab siswa
 3. Menganalisis latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya orang tua mereka
 4. 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

LEMBAR JAWABAN KB-1

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

F. Rangkuman

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”. 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.

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.

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. Konsep model pembelajaran berbasis masalah adalah "Berusaha sendiri untuk mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang bermakna". Suatu konsekuensi logis karena berusaha untuk mencari pemecahan masalah secara mandiri akan memberikan pengalaman konkret dan makna tersendiri bagi siswa. Pelaksanaan model pembelajaran berbasis masalah, terdiri dari kelompok-kelompok kecil diantara siswa untuk yang saling bekerjasama. Aktivitas dalam kelompok untuk memecahkan masalah yang telah disepakati. Guru memandu siswa menguraikan rencana pemecahan masalah menjadi tahap-tahap kegiatan. Tahapan kegiatan yang dilakukan, mengenai penggunaan keterampilan dan strategi yang dibutuhkan agar masalah dapat diselesaikan. Dengan demikian kegiatan selama proses pembelajaran ini akan memberikan pengalaman kongkret kepada siswa dalam belajar.

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. Metode inkuiri merupakan metode yang mempersiapkan peserta didik pada situasi untuk melakukan eksperimen sendiri secara luas agar melihat apa yang terjadi, ingin melakukan sesuatu, mengajukan pertanyaan-pertanyaan, dan mencari jawaban sendiri, serta menghubungkan penemuan yang satu dengan penemuan yang lain, dan membandingkan apa yang ditemukannya dengan yang ditemukan peserta didik lain". Metode inkuiri adalah suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk berfikir ilmiah dalam melakukan eksperimen sendiri secara luas agar melihat apa yang terjadi, ingin melakukan sesuatu, mengajukan pertanyaan-pertanyaan dan mencari jawaban sendiri, serta menghubungkan penemuan yang satu dengan penemuan yang lain, dan membandingkan apa yang ditemukannya dengan yang ditemukan peserta didik lainnya. Untuk menciptakan kondisi seperti itu, maka peranan guru sangat menentukan. Guru tidak lagi berperan sebagai pemberi informasi dan siswa sebagai penerima informasi. Peranan utama guru dalam menciptakan kondisi inkuiri ialah: (a) Motivator, (b) Fasilitator, (c) Penanya, (d) Administrator, (e) Pengarah, (f) Manajer, (g) Rewarder.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Bandingkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia. Hitunglah jumlah jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus dibawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah Jawaban benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Jika anda mencapai tingkat penguasaan 75 % keatas, anda dapat meneruskan ke modul berikutnya. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih dibawah 75 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

(*Catatan* : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

MERANCANG JARINGAN TRANSMISI TENAGA LISTRIK

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta diklat dapat merancang jaringan transmisi

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mampu Menganalisis konstruksi menara/tiang jaringan transmisi tenaga listrik
2. Mampu menganalisis konstruksi saluran jaringan transmisi tenaga listrik
3. Mampu menganalisis konstruksi isolator jaringan transmisi tenaga listrik
4. Mampu menentukan basic design jaringan transmisi tenaga listrik
5. Mampu melakukan perhitungan teknis yang berkaitan dengan perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1

Konstruksi menara/tiang jaringan transmisi tenaga listrik

1. Pengertian

Pada suatu “Sistem Tenaga Listrik”, energi listrik yang dibangkitkan dari pusat pembangkit listrik ditransmisikan ke pusat-pusat pengatur beban melalui suatu saluran transmisi, saluran transmisi tersebut dapat berupa saluran udara atau saluran bawah tanah, namun pada umumnya berupa saluran udara.

Untuk menyanggah/merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat-kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut menara / tower. Antara menara / tower listrik dan kawat penghantar disekat oleh isolator.

Suatu bangunan penopang saluran transmisi yang bisa berupa menara baja, tiang baja, tiang beton bertulang dan tiang kayu. Tiang-tiang baja, beton atau kayu umumnya digunakan pada saluran-saluran dengan tegangan kerja relatif rendah (dibawah 70 kV) sedangkan untuk saluran transmisi tegangan tinggi atau ekstra tinggi digunakan menara baja.

2. Jenis – jenis menara jaringan transmisi

a. Menurut bentuk konstruksinya, jenis-jenis menara jaringan transmisi dibagi atas 4 macam, yaitu:

1). Lattice tower



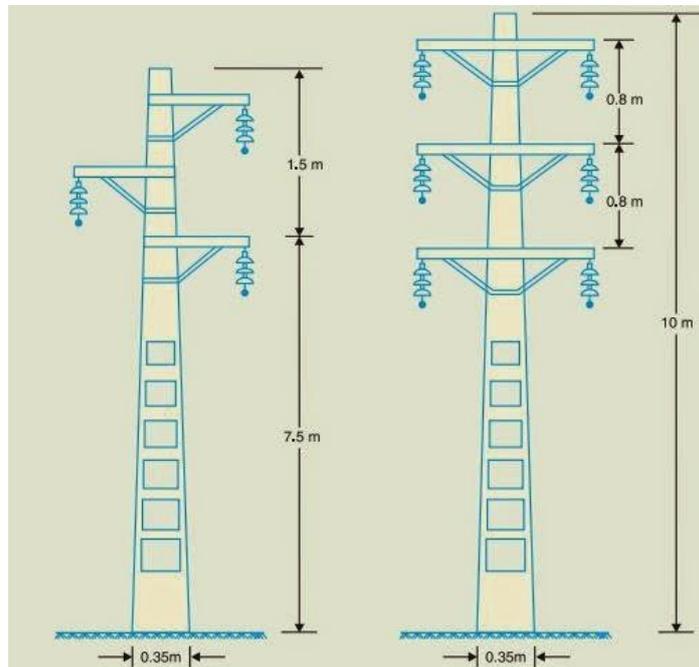
Gambar 3. Tiang saluran jenis LatticeTower

2). Tubular steel pole



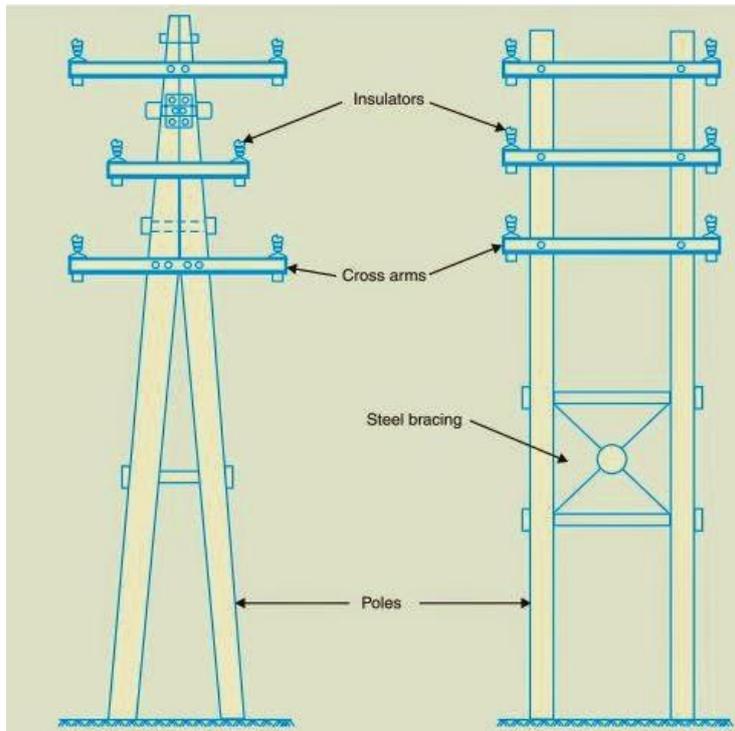
Gambar 4. Tiang saluran tubular steel pole

3). RCC (reinforced concrete)pole



Gambar 5. Tiang Saluran jenis RCC Pole

4). Wooden pole



Gambar 6. Tiang saluran jenis wooden pole

b. Menurut fungsinya, menara jaringan transmisi dibagi atas 7 macam yaitu:

1) Dead end tower

Dead end tower merupakan tiang akhir yang berlokasi di dekat Gardu induk, menara ini hampir sepenuhnya menanggung gaya tarik.

2) Section tower

Section tower merupakan tiang penyekat antara sejumlah menara penyangga dengan sejumlah tower penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan kawat), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.

3) Suspension tower

Merupakan menara penyangga, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya berat, umumnya tidak mempunyai sudut belokan.



Gambar 7.Suspension tower

4) Tension tower

Merupakan menara penegang, tower ini menanggung gaya tarik yang lebih besar daripada gaya berat, umumnya mempunyai sudut belokan.



Gambar 8. Tension tower

5) Transposition tower

Merupakan tower tension yang digunakan sebagai tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impedansi transmisi.



Gambar 9. Transposition tower

6) Gantry tower

Merupakan menara berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi. Tiang ini dibangun di bawah saluran transmisi existing.

7) Combined tower

Merupakan menara yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya.

c. Menurut susunannya/ konfigurasi kawat fasa menara dikelompokkan atas:

- 1) Jenis delta, digunakan pada konfigurasi horizontal mendatar.
- 2) Jenis piramida, digunakan pada konfigurasi vertikal / tegak.

- 3) Jenis Zig-zag, yaitu kawat fasa tidak berada pada satu sisi lengan menara.
- d. Menurut tegangannya menara dibagi lagi menjadi :
- 1) Tipe menara 150 kV
 - 2) Tipe menara 500 kV
3. Klasifikasi menara jaringan transmisi
- Menurut penggunaannya diklasifikasikan menjadi:
- a. Tiang baja.
Pada umumnya tiang baja digunakan untuk saluran-saluran transmisi dengan tegangan kerja yang relatif rendah (dibawah 70 kV).



Gambar 10. Tiang Baja

b. Menara baja

Menara ini digunakan untuk transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET).



Gambar 11. Menara baja

Menara baja itu sendiri diklasifikasikan berdasarkan fungsinya, menjadi:

- 1). Menara dukung.
- 2). Menara sudut.
- 3). Menara ujung.
- 4). Menara percabangan.
- 5). Menara transposisi.

Konstruksi menara baja ini merupakan jenis konstruksi transmisi saluran udarategangan tinggi (SUTT) ataupun transmisi saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang paling banyak digunakan di jaringan PLN. Hal ini dikarenakan mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya. Selain itu harganya yang relatif lebih murah

dibandingkan dengan penggunaan saluran bawah tanah serta pemeliharannya yang mudah. Namun demikian perlu pengawasan yang intensif, karena besi-besinya rawan terhadap pencurian. Seperti yang telah terjadi di beberapa daerah di Indonesia, dimana pencurian besi-besi baja pada menara mengakibatkan menara listrik tersebut roboh, dan penyaluran energi listrik ke konsumen pun menjadi terganggu. Suatu menara atau menara listrik harus kuat terhadap beban yang bekerja padanya, antara lain yaitu:

- 1) Gaya berat menara dan kawat penghantar (gaya tekan).
- 2) Gaya tarik akibat rentangan kawat.
- 3) Gaya angin akibat terpaan angin pada kawat maupun badan menara.

4. Kontruksi menara jaringan transmisi

Secara umum suatu menara / tower listrik terdiri dari:

a. Pondasi

Merupakan suatu konstruksi beton bertulang untuk mengikat kaki menara (stub) dengan bumi. Jenis pondasi tower beragam menurut kondisi tanah tempat tapak tower berada dan beban yang akan ditanggung oleh menara. Pondasi menara yang menanggung beban tarik dirancang lebih kuat/besar daripada menara tipe suspension. Jenis pondasi:

- Raft dipilih untuk daerah berawa / berair
- Auger dipilih karena mudah pengerjaannya dengan mengebor dan mengisinya dengan semen
- Rockdrilled dipilih untuk daerah berbatuan



Gambar 12. Pondasi menara (lattice) 500 kV Gresik-Krian



Gambar 13. Pondasi baja 500 kV dead end Suralaya

b. Stub

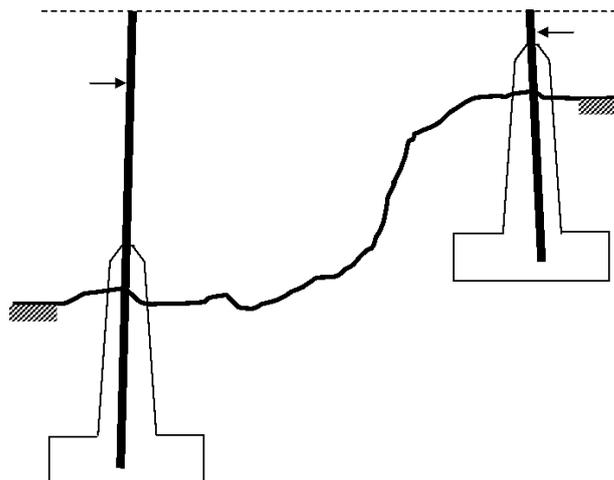
Merupakan bagian paling bawah dari kaki menara, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi. Bagian atas stub muncul dipermukaan tanah sekitar 0,5 sampai 1 meter dan dilindungi semen serta dicat agar tidak mudah berkarat. Pemasangan stub paling menentukan mutu pemasangan menara, karena harus memenuhi syarat:

- 1) Sudut kemiringan stub harus sesuai dengan kemiringan kaki menara
- 2) Level titik hubung stub dengan kaki menara tidak boleh beda 2 mm (milimeter)

Apabila pemasangan stub sudah benar dan pondasi sudah kering maka kaki-kaki tower disambung ke lubang-lubang yang ada di stub.

c. Leg

Merupakan kaki menara yang terhubung antara stub dengan body menara. Pada tanah yang tidak rata perlu dilakukan penambahan atau pengurangan tinggi leg, sedangkan body harus tetap sama tinggi permukaannya. Pengurangan leg ditandai: -1; -2; -3 Penambahan leg ditandai: +1; +2; +3



Gambar 14. Kaki Menara yang terhubung dengan body menara

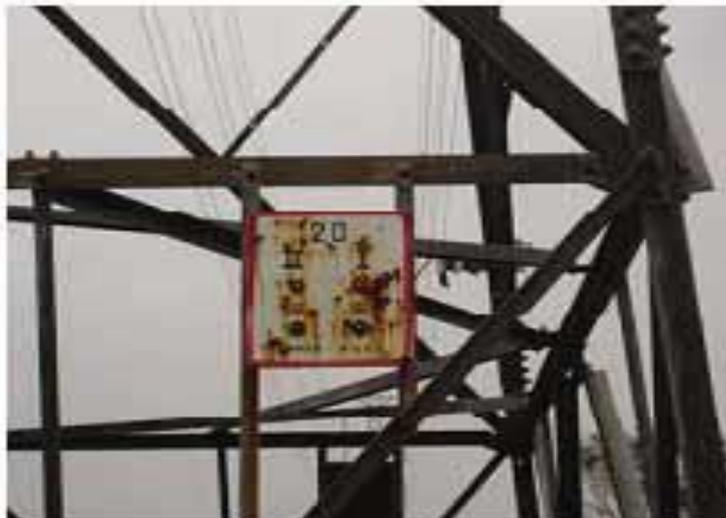
- d. Common Body
Merupakan badan menara bagian bawah yang terhubung antara leg dengan badan tower bagian atas (super structure). Kebutuhan tinggi menara dapat dilakukan dengan pengaturan tinggi common body dengan cara penambahan atau pengurangan. Pengurangan common body ditandai: -3. Penambahan common body ditandai: +3; +6; +9; +12; +15
- e. Super structure
Merupakan badan menara bagian atas yang terhubung dengan common body dan cross arm kawat fasa maupun kawat petir. Pada menara jenis delta tidak dikenal istilah super structure namun digantikan dengan “K” frame dan bridge.
- f. Cross arm
Merupakan bagian menara yang berfungsi untuk tempat menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta clamp kawat petir. Pada umumnya cross arm berbentuk segitiga kecuali menara jenis tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat.
- g. “K” frame
Merupakan bagian menara yang terhubung antara common body dengan bridge maupun cross arm. “K” frame terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri. “K” frame tidak dikenal di tower jenis pyramid.
- h. Bridge
Merupakan penghubung antara cross arm kiri dan cross arm tengah. Pada tengah-tengah bridge terdapat kawat penghantar fasa tengah. Bridge tidak dikenal di tower jenis piramida.
- i. Rambu tanda bahaya
Merupakan rambu yang berfungsi untuk memberi peringatan bahwa instalasi SUTT/SUTET mempunyai resiko bahaya. Rambu ini bergambar petir dan tulisan “**AWAS BERBAHAYA TEGANGAN TINGGI**”. Rambu ini dipasang di kaki tower lebih kurang 5 meter diatas tanah sebanyak dua buah, dipasang

disisi yang menghadap tower nomor kecil dan sisi yang menghadap nomor besar.



Gambar 15. Rambu tanda bahaya

- j. Rambu identifikasi menara dan penghantar/jalur. Merupakan rambu yang berfungsi untuk memberitahukan identitas tower seperti: nomor tower, urutan fasa, penghantar/jalur dan nilai tahanan pentanahan kaki menara.



Gambar 16. Rambu identifikasi menara dan penghantar

k. Anti Climbing Device (ACD)

Bagian yang berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik ke menara. ACD dibuat runcing, berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki menara dibawah rambu tanda bahaya.

l. Step bolt

Merupakan baut panjang yang dipasang dari atas ACD ke sepanjang badan menara hingga super structure dan arm kawat petir. Berfungsi untuk pijakan petugas sewaktu naik maupun turun dari menara.



Gambar 17. Baut Panjang (Step Bolt)



Gambar 18. Penghalang panjang

m. Halaman menara

Merupakan daerah tapak menara yang luasnya diukur dari proyeksi keatas tanah galian pondasi. Biasanya antara 3 hingga 8 meter di luar stub tergantung pada jenis menara

Bahan Bacaan 2

Konstruksi saluran jaringan transmisi tenaga listrik

1. Saluran jaringan transmisi tenaga listrik

Saluran transmisi dapat berupa saluran udara dan saluran bawah tanah, namun pada umumnya berupa saluran udara. Energi listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antar kawat penghantar. Untuk menyanggah/merentangkan kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat-kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut

menara/tower. Antar menara/tower listrik dan kawat penghantar disekatoleh isolator.

Penyaluran (transmisi) energi listrik dari pusat pembangkit listrik dilakukan dengan kabel melalui saluran udara atau saluran bawahan dengan tegangan tinggi. Dibandingkan dengan transmisi saluran bawah tanah, transmisi dengan saluran udara memiliki beberapa keuntungan, antara lain :

1. Isolasinya lebih mudah,
2. Pendinginnya baik,
3. Gangguan-gangguan lebih mudah diatasi dengan cepat,
4. Jauh lebih murah.

Di Indonesia, tegangan transmisi dari pusat pembangkit listrik ke gardu induk antara 70kV – 500 kV dengan menggunakan saluran udara. Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari Generator Station/Pembangkit Listrik. Penyaluran tenaga listrik pada transmisi menggunakan arus bolak-balik (AC) ataupun juga dengan arus searah (DC). Penggunaan arus bolak-balik yaitu dengan sistem tiga-fasa tiga kawat atau dengan tiga fasa empat kawat.

Saluran Transmisi dengan menggunakan sistem arus bolak balik tiga fasa merupakan sistem yang banyak digunakan, mengingat kelebihan sebagai berikut :

1. Mudah pembangkitannya
2. Mudah perubahan tegangannya
3. Dapat menghasilkan medan magnet putar
4. Dengan sistem tiga fasa, daya yang disalurkan lebih besar dan nilai sesaatnya konstan

2. Kategori saluran transmisi

Berdasarkan pemasangannya, saluran transmisi dibagi menjadi dua kategori, yaitu

- a. Saluran Udara (Overhead Lines)

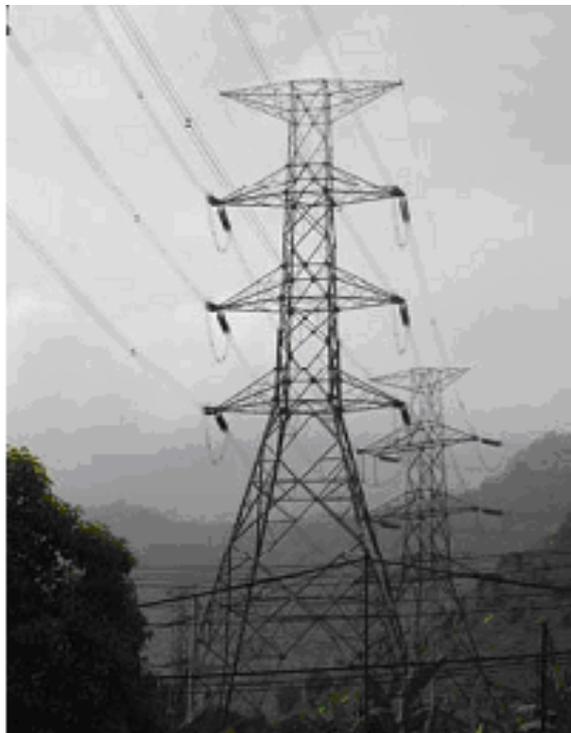
Merupakan saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi.

Keuntungan dari transmisi saluran udara antara lain :

1. Mudah dalam perbaikan
2. mudah dalam perawatan
3. mudah dalam mengetahui letak gangguan
4. Lebih murah

Kerugian dari transmisi saluran udara antara lain:

1. Berada di ruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar, seperti gangguan hubungan singkat, gangguan tegangan bila tersambar petir dan gangguan lainnya.
2. Dilihat dari segi estetika/keindahan kurang, sehingga saluran transmisi bukan pilihan yang ideal untuk transmisi di dalam kota.



Gambar 19. Transmisi saluran udara

b. Saluran kabel bawah tanah (underground cable)

Merupakan saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang dipendam di dalam tanah. Kategori saluran seperti ini adalah favorit untuk pemasangan di dalam kota, karena berada di dalam tanah maka tidak mengganggu keindahan kota dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Namun tetap memiliki kekurangan, antara lain mahal dalam instalasi dan investasi serta sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.



Gambar 20. Saluran Listrik Bawah tanah



Gambar 21. Saluran Bawah Laut

c. Saluran isolasi gas

Saluran Isolasi Gas (Gas Insulated Line/GIL) adalah Saluran yang diisolasi dengan gas, misalnya, gas SF₆. Karena mahal dan resiko terhadap lingkungan sangat tinggi maka saluran ini jarang digunakan



Gambar 22. Saluran isolasi gas

3. Klasifikasi Saluran Transmisi Berdasarkan Tegangan

Transmisi tenaga listrik sebenarnya tidak hanya penyaluran energi listrik dengan menggunakan tegangan tinggi dan melalui saluran udara (overhead line). Namun transmisi adalah proses penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Standar tegangan tinggi yang berlaku di Indonesia adalah 30kV, 70kV dan 150kV. Ditinjau dari klasifikasi tegangannya, adalah

a. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200 kV – 500 kV

Saluran udara tegangan ekstra tinggi menyalurkan tenaga listrik berskala besar dari pembangkit ke pusat-pusat beban dengan menggunakan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi. Pada umumnya saluran transmisi di Indonesia digunakan pada pembangkit dengan tegangan 500 kV. Tujuannya adalah agar drop tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal sehingga diperoleh operasional yang efektif dan efisien.



Gambar 23. Transmisi saluran udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)

Akan tetapi terdapat permasalahan mendasar dalam pembangunan SUTET, yaitu konstruksi tiang (tower) yang besar dan tinggi, memerlukan tanah yang luas, memerlukan isolator yang banyak sehingga memerlukan biaya besar. Masalah lain yang timbul dalam pembangunan SUTET adalah masalah sosial, yang akhirnya berdampak pada masalah pembiayaan, antara lain: timbulnya protes dari masyarakat yang menentang pembangunan SUTET, permintaan ganti rugi tanah untuk tapak tower yang terlalu tinggi, adanya permintaan ganti rugi sepanjang jalur SUTET dan lain sebagainya. Pembangunan transmisi ini cukup efektif untuk jarak 100 km sampai dengan 500 km.

b. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 30 kV – 150kV

Pada saluran transmisi ini memiliki tegangan operasi antara 30kV sampai 150kV. Konfigurasi jaringan pada umumnya single atau double sirkuit, dimana 1 sirkuit terdiri dari 3 fasa dengan 3 atau 4

kawat. Biasanya hanya 3 kawat dan penghantar netralnya diganti oleh tanah sebagai saluran kembali. Apabila kapasitas daya yang disalurkan besar, maka penghantar pada masing-masing fase terdiri dari dua atau empat kawat (Double atau Quadpole) dan berkonduktor disebut Bundle Conductor. Jarak terjauh yang paling efektif dari saluran transmisi ini ialah 100 km. Jika jarak transmisi lebih dari 100 km maka tegangan jatuh (drop voltage) terlalu besar, sehingga tegangan diujung transmisi menjadi rendah. Untuk mengatasi hal tersebut maka sistem transmisi dihubungkan secara ring system atau interconnection system. Ini sudah diterapkan di Pulau Jawa dan akan dikembangkan di pulau-pulau besar lainnya di Indonesia.



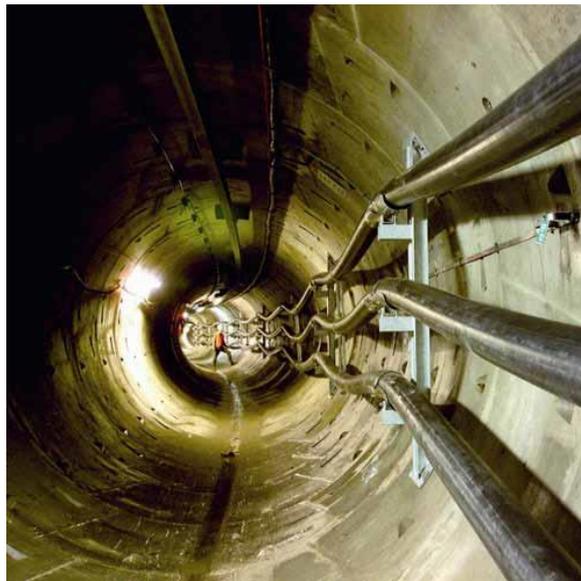
Gambar 24. Tower/menara saluran udara tegangan tinggi (SUTT)

- c. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 30 kV – 150 kV
SKTT dipasang di kota-kota besar di Indonesia (khususnya di pulau Jawa), dengan beberapa pertimbangan :
 1. Di tengah kota besar tidak memungkinkan dipasang SUTT, karena sangat sulit mendapatkan tanah untuk tapak menara.

2. Untuk Ruang Bebas juga sangat sulit dan pasti timbul protes dari masyarakat, karena padat bangunan dan banyak gedung-gedung tinggi.
3. Pertimbangan keamanan dan estetika.
4. Adanya permintaan dan pertumbuhan beban yang sangat tinggi.

Kelemahan saluran kabel tegangan tinggi yaitu

1. Memerlukan biaya yang lebih besar jika dibanding SUTT.
2. Pada saat proses pembangunan memerlukan koordinasi dan penanganan yang kompleks, karena harus melibatkan banyak pihak, misal: pemerintah kota (Pemkot) sampai dengan jajaran terbawah, PDAM, Telkom, Perum Gas, Dinas Perhubungan, Kepolisian, dan lain-lain.



Gambar 25. Saluran kabel tegangan tinggi (SKKT)

Panjang SKTT pada tiap haspel (cable drum), maksimum 300 meter. Untuk desain dan pesanan khusus, misalnya untuk kabel laut, bisa dibuat tanpa sambungan sesuai kebutuhan.

Jenis kabel yang digunakan yaitu kabel yang berisolasi dengan bahan Poly Ethelene atau kabel berisolasi jenis Cross Link Poly

Ethelone (XLPE).Kabel yang isolasinya berbahan kertas yang diperkuat dengan minyak (oil paper impregnated). Inti (core) kabel dan pertimbangan pemilihan:

- Single core dengan penampang 240 mm² – 300 mm² tiap core.
- Three core dengan penampang 240 mm² – 800 mm² tiap core.
- Pertimbangan fabrikasi.
- Pertimbangan pemasangan di lapangan.

Pada saat ini di Indonesia telah terpasang SKTT bawah laut (Sub Marine Cable) dengan tegangan operasi 150 KV, yaitu:

- Sub marine cable 150 KV Gresik – Tanjung (Jawa – Madura).
- Sub marine cable 150 KV Ketapang – Gilimanuk (Jawa – Bali).



Gambar 26.SKTT bawah laut saluran transmisi

Beberapa hal yang perlu diketahui:Sub marine cable ini ternyata rawan timbul gangguan. Direncanakan akan dibangun sub marine cable Jawa – Sumatera. Untuk Jawa – Madura, saat ini sedang dibangun SKTT 150 KV yang dipasang (diletakkan) di atas Jembatan Suramadu.

Bahan Bacaan 3

Konstruksi isolator jaringan transmisi tenaga listrik

1. Konsep dasar Isolator

Isolator jaringan tenaga listrik merupakan alat tempat menopang kawat penghantar jaringan pada menara-menara/tiang-tiang listrik yang digunakan untuk memisahkan secara elektrik dua buah kawat atau lebih agar tidak terjadi kebocoran arus (*leakage current*) atau loncatan bunga api (*flash over*) sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada sistem jaringan tenaga listrik.

Langkah yang perlu diambil untuk menghindari terjadinya kerusakan terhadap peralatan listrik akibat tegangan lebih dan loncatan bunga api, ialah dengan menentukan pemakaian isolator berdasarkan kekuatan daya isolasi (*dielectric strength*) dan kekuatan mekanis (*mechanical strength*) bahan-bahan isolator yang dipakai. Karena sifat suatu isolator ditentukan oleh bahan yang digunakan.



Gambar 27. Berbagai jenis solotor pada sistem tenaga listrik

2. Kegunaan Isolator

Kemampuan suatu bahan untuk mengisolir atau menahan tegangan yang mengenainya tanpa menjadikan cacat atau rusak tergantung pada kekuatan dielektriknya. Fungsi utama isolator adalah :

- a. Untuk penyekat/mengisolasi penghantar dengan tanah dan antarpenghantar dengan penghantar.
- b. Untuk memikul beban mekanis yang disebabkan oleh berat penghantar dan/atau gaya tarik penghantar.
- c. Untuk menjaga agar jarak antar penghantar tetap (tidak berubah) dalam menghantarkan arus listrik. Walaupun ada kebocoran arus listrik tetapi relatif sangat kecil, sehingga bisa diabaikan.

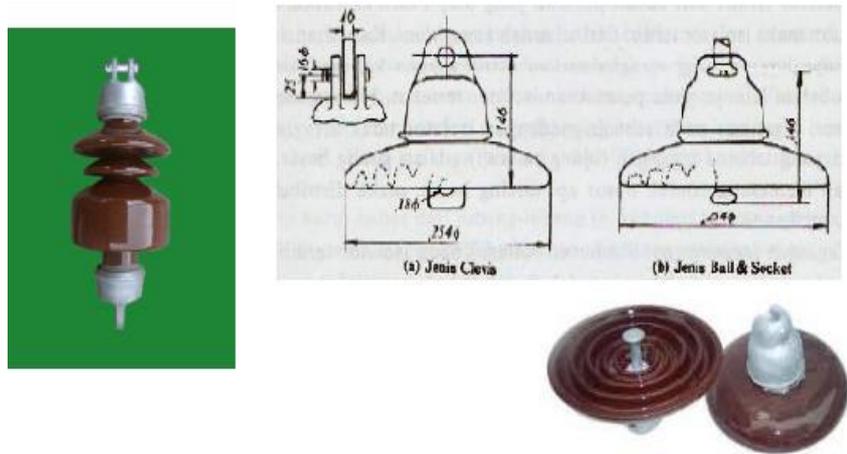
Isolator pada sistem transmisi tenaga listrik berfungsi untuk menahan bagian konduktor terhadap ground. Isolator disini biasanya terbuat dari bahan porseline, tetapi bahan gelas dan bahan isolasi sintetik juga sering digunakan. Bahan isolator harus memiliki resistansi yang tinggi untuk melindungi kebocoran arus dan memiliki ketebalan yang cukup (sesuai standar) untuk mencegah *breakdown*. Pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagaimana fungsi isolasi tersebut, kondisinya harus kuat terhadap goncangan apapun

3. Jenis – jenis isolator

Jenis isolator yang digunakan pada saluran transmisi pada umumnya adalah jenis porselin atau gelas yang berfungsi sebagai isolasi tegangan listrik antara kawat penghantar dengan tiang. Macam-macam isolator yang digunakan pada saluran udara saluran transmisi adalah sebagai berikut :

a. Isolator piring

Isolator piring digunakan untuk isolator penegang dan isolator gantung, dimana jumlah piringan isolator disesuaikan dengan tegangan sistem pada saluran udara tegangan tinggi tersebut. Ada dua jenis isolator gantung yaitu jenis clevis dan jenis ball and socket



Gambar 28. Jenis isolator gantung jenis clevis dan jenis ball and socket

Contoh penggunaannya yaitu jika satu piring isolator untuk isolasi sebesar 15 kV, jika tegangan yang digunakan adalah 150 kV, maka jumlah piring isolatornya adalah 10 piringan.

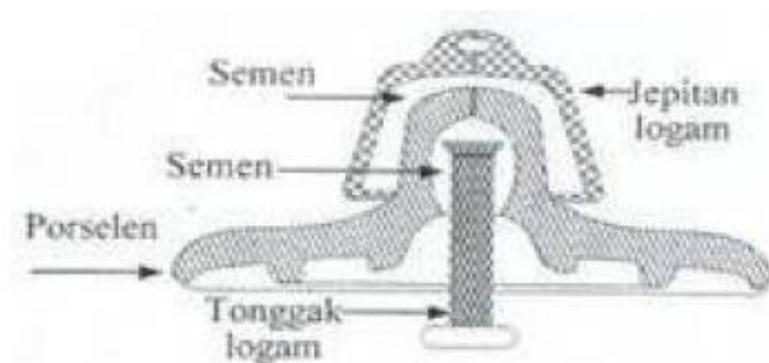


Gambar 29. Pemasangan isolator piring pada saluran

- b. Isolator tonggak saluran horizontal
- c. Isolator tonggak saluran vertikal

4. Kontruksi Isolator

Pada instalasi tenaga listrik dan peralatan elektrik dijumpai konduktor-konduktoryang berbeda potensialnya. Dalam pengisolasi instalasi peralatan tersebut, hal pertama yang dilakukan adalah memisah masing-masing konduktor dengan jarak tertentu sehingga udara yang mengantarai suatu konduktor dengan konduktor lain berperan sebagai medium isolasi utama. Kemudian, konduktor-konduktor diikat penyangga dengan bantuan isolator. Konstruksi suatu isolator hantaran udara ditunjukkan pada gambar dibawah ini

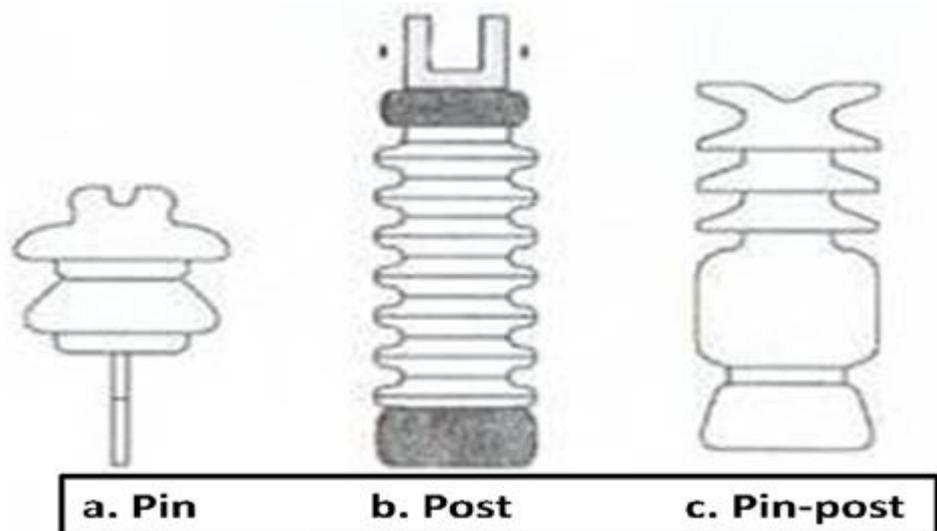


Gambar 30. Penampang isolator piring

Isolator tegangan tinggi dijumpai pada jaringan transmisi, bagian utama dari suatu isolator terdiri dari bahan dielektrik, jepitan logam dan tonggak logam. Di samping itu ada semen untuk merekat jepitan logam dan tonggak logam dengan dielektrik. Umumnya dielektrik isolator terbuat dari bahan porselen, gelas, kertas dan karet-silikon (silicon rubber). Jepitan terbuat dari besi tuangan atau baja, dan untuk arus tinggi digunakan besi tuangan nonmagnetik atau logam putih agar tidak terjadi pemanasan yang berlebihan pada jepitan akibat magnetisasi. Konstruksi jepitan dielektrik akan menentukan kekuatan mekanis isolator.

Dilihat dari lokasi pemasangan, isolator terdiri dari isolator pasangan dalam (*indoor*) dan isolator pasangan luar (*outdoor*). Isolator pasangan

luar dibuat bersirip untuk memperpanjang lintasan arus bocor dan mencegah terjadinya jembatan air yang terbentuk jika isolator dibasahi air hujan. Dilihat dari konstruksinya isolator terdiri dari isolator pendukung dan isolator gantung (suspension). Isolator pendukung terdiri dari tiga jenis, yaitu: isolator *pin*, isolator *post* dan isolator *pin-post*. Bentuk ketiga jenis isolator pendukung ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 31. Jenis isolator pendukung

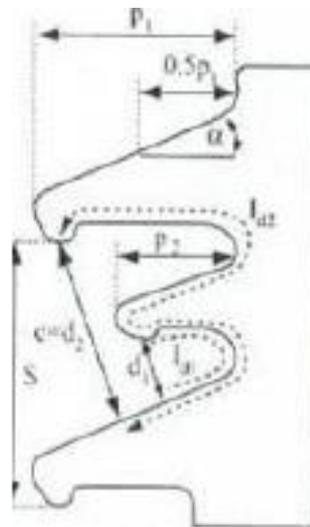
Jenis *pin-post* digunakan untuk jaringan distribusi hantaran udara tegangan menengah, dipasang pada tiang yang mengalami gaya tekuk. Digunakan untuk pasangan dalam, antara lain sebagai penyangga rel daya pada panel tegangan menengah.

5. Parameter geometris isolator

Parameter-parameter yang membedakan suatu isolator dengan isolator lainnya adalah sebagai berikut:

- a. Jarak minimum antar sirip (c)
- b. Perbandingan antara jarak spasi sirip dengan rentangan sirip (s/p)
- c. Perbandingan antara jarak rambat dengan jarak bebas ($1d/d$)
- d. Perbedaan antara dua jarak rentangan sirip berurutan ($P1 - P2$)
- e. Kemiringan sirip (α)

Arti dari parameter-parameter di atas dapat dilihat pada Gambar 33 dibawah ini.



Gambar 32. Profil dan parameter suatu Isolator

- a. Jarak minimum antar sirip (*shed*)

Jarak minimum antar sirip (c) dipertimbangkan dengan maksud supaya duasirip berdekatan tidak dapat dijembatani air hujan. Berdasarkan pengalaman nilai c minimal adalah 30 mm. Untuk isolator yang panjang totalnya lebih kecil atau sama dengan 550 mm atau isolator yang mempunyai rentangan sirip (*shed overhang*) p lebih kecil atau sama dengan 40 mm, maka nilai c hingga 20 mm masih dapat diterima.
- b. Perbandingan jarak antar sirip dengan rentangan sirip (s/p)

Perbandingan ini menentukan sifat pencucian alami (*self cleaning*) isolator. Nilainya tidak kurang dari 0.8. Pengalaman dilapangan menunjukkan bahwa nilainya untuk isolator jenis sirip mendatar (tanpa rusuk) dapat direduksi menjadi 0.65.
- c. Perbandingan jarak rambat dengan jarak bebas ($1 d / d$)

Perbandingan ini dipertimbangkan untuk mencegah terjadinya hubung singkat lokal. Nilainya tidak lebih rendah dari 5. Perbandingan diambil pada bagian isolator yang paling buruk misalnya pada bagian bawah isolator jenis anti kabut.

d. Sirip Selang-Seling (*Alternating shed*)

Parameter ini dipertimbangkan jika ada dua ukuran diameter dari sirip yang letaknya berselang-seling. Pada isolator yang seperti ini, selisih diameternya (p_1 , p_2) tidak boleh kurang dari 15 mm supaya kedua sirip tidak terhubung oleh air hujan.

e. Kemiringan sirip

Kemiringan perlu dipertimbangkan karena hal ini menyangkut sifat pencucian sendiri isolator. Sudut permukaan atas isolator harus membentuk sudut lebih dari 5° kecuali untuk sirip tanpa rusuk, besar sudut itu dapat dikurangi menjadi 2° .

f. Faktor jarak rambat (*creepage factor*)

Parameter ini diperlukan jika isolator terdiri dari gabungan beberapa unit isolator, yaitu untuk menunjukkan karakteristik isolator secara keseluruhan. Parameter ini merupakan perbandingan antara total jarak rambat (l) dengan jarak terpendek antara bagian-bagian logam yang dikenakan tegangan normal pada isolator (s). Nilainya dianjurkan tidak lebih 3,5 di daerah yang polusinya ringan dan sedang, dan tidak lebih dari 4 untuk daerah yang bobot polusinya berat dan sangat berat.

g. Faktor profil (PF)

Faktor profil adalah perbandingan jarak bocor yang disederhanakan (*simplified leakage distance*), $1s'$, dengan jarak rambat isolasi sebenarnya (*actual insulating creepage distance*), $1a'$, yang diukur antar dua titik yang ditetapkan sebagai spasi (s). Nilai PF tergantung pada banyak ukuran sirip dan dapat dituliskan sebagai berikut :

Untuk isolator satu ukuran sirip:

$$PF = (2p+s)/1a$$

Untuk isolator dengan sirip berselang-seling :

$$PF = (2p_1 + 2p_2 + s)/1a$$

Dalam hubungannya dengan tingkat bobot polusi, nilai PF dianjurkan adalah :

PF >0,8 untuk tingkat polusi ringan dan sedang.

PF >0,7 untuk tingkat polusi berat dan sangat berat.

6. Karakteristik listrik isolator

Karakteristik listrik isolator dibagi menjadi :

1. Tegangan lompatan api frekuensi rendah kering.

Tegangan lompatan api frekuensi rendah kering Tegangan lompatan api (flashover voltage) frekuensi rendah kering adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara kedua elektroda isolator yang bersih dan kering permukaannya. Tegangan ini adalah nilai dasar dari karakteristik sebuah isolator.

2. Tegangan lompatan api frekuensi rendah basah.

Tegangan lompatan api frekuensi rendah basah adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara kedua elektroda isolator yang basah karena hujan atau dibasahi untuk menirukan keadaan hujan

3. Tegangan lompatan api impuls

Tegangan lompatan api impuls adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan impuls dengan gelombang standar diterapkan. Karakteristik impuls terbagi atas polaritas positif dan negatif.

Bahan Bacaan 4

Basic design jaringan transmisi tenaga listrik

Desain saluran transmisi tergantung beberapa hal, yaitu

1. Jumlah daya yang harus disalurkan
2. Jarak dan jenis medan yang dilalui
3. Biaya yang tersedia
4. Pertumbuhan beban dimasa akan datang

1. Klasifikasi jaringan transmisi tenaga listrik

Pada umumnya jaringan transmisi diklasifikasikan ke dalam 3 golongan yaitu Jaringan transmisi jarak pendek, Jaringan transmisi jarak menengah dan Jaringan transmisi jarak jauh. Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di bawah 80 Km dan tegangan operasinya di bawah

20 KV, adalah termasuk pada klasifikasi jaringan transmisi jarak pendek. Oleh karena jaraknya yang pendek dan rendah tegangannya, pengaruh kapasitansi sangat kecil, oleh karena itu dapat diabaikan.

Dengan demikian jaringan transmisi jarak pendek tergantung pada resistansi dan induktansinya saja. Dalam kenyataan pada jaringan transmisi induktansi dan resistansi didistribusikan ke seluruh panjang jaringan, tetapi pada jaringan transmisi jarak pendek jumlah induktansi dan resistansi jaringan dianggap berkumpul pada satu tempat.

Jaringan transmisi yang mempunyai panjang antara 80 – 150 Km dan tegangan jaringan antara 20 – 100 KV, termasuk pada kategori jaringan transmisi jarak menengah, dalam hal ini kapasitansi jaringan diperhitungkan mengingat jarak dan besarnya tegangan kerja. Kapasitansi jaringan jarak menengah secara seragam didistribusikan ke seluruh panjang jaringan dan dianggap terpusat pada satu titik atau lebih. Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di atas 150 Km dan tegangan kerja di atas 100 KV, termasuk pada kategori transmisi jarak jauh. Dalam jaringan ini impedansi dan admitansi diperhitungkan secara seragam, didistribusikan sepanjang jaringan dan tidak lagi dianggap berkumpul pada satu tempat atau lebih.

2. Besaran - besaran transmisi

Jaringan transmisi didasarkan pada rangkaian listrik yang mempunyai besaran-besaran yang didistribusikan. Besaran-besaran tersebut adalah resistansi, induktansi dan kapasitansi. Besaran-besaran tersebut adalah seragam dan didistribusikan sepanjang jaringan dan tidak dipusatkan pada satu titik. Jaringan sebuah transmisi ini tergantung pada sejumlah besaran-besaran tersebut. Oleh karena itu pengaruh dari besaran-besaran transmisi sangat penting untuk dipelajari. Besaran-besaran ini selalu ditunjukkan sebagai resistansi, induktansi dan kapasitansi per satuan panjang.

a. Resistansi (Tahanan) Sebuah Transmisi

Resistansi saluran sangat menentukan evaluasi dari efisiensi sistem transmisi dan studi ekonomisnya. Besar kecilnya nilai tahanan penghantar tergantung dari panjang (l) dan luas penampang (A), seperti ditunjukkan oleh persamaan:

$$R_{DC} = \frac{\rho l}{A} \quad (\Omega) \quad (1)$$

dimana:

ρ = resistivitas penghantar($\Omega.m$)

l = panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (mm^2)

Resistansi penghantar dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Frekuensi
2. Pilinan
3. Temperatur

Jika arus bolak-balik (AC) mengalir pada penghantar, arus tidak terdistribusi merata di seluruh bagian konduktor. Kepadatan arus lebih tinggi dipermukaan konduktor daripada di bagian dalamnya. Hal ini menyebabkan resistansi AC lebih tinggi daripada resistansi DC-nya. Fenomena ini dikenal sebagai "skin effect". Sebagai contoh, pada 60 Hz, resistansi AC lebih tinggi sekitar 2% dari resistansi DC.

Resistansi penghantar juga berubah dengan temperatur, bila temperatur naik resistansi naik, dan sebaliknya. Pada temperatur yang biasa terjadi, perubahan resistansi terhadap temperatur berbentuk linier, dihitung dengan persamaan :

$$R_2 = R_1 \frac{T + t_2}{T + t_1} \quad (\Omega) \quad (2)$$

dimana R_2 dan R_1 adalah resistansi pada temperatur $t_2(^{\circ}C)$ dan $t_1(^{\circ}C)$ berturut-turut, sedangkan $T(^{\circ}C)$ adalah konstanta suhu yang nilainya tergantung dari jenis material penghantarnya. Nilai resistivity (ρ) atau *specific resistance* tidak hanya tergantung pada bahan konduktor tetapi juga pada temperaturnya. Jika ρ_1 dan ρ_2 adalah harga *resistivity* pada temperatur t_1 dan t_2 , maka :

$$\rho_2 = \rho_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (\Omega.m) \quad (3)$$

dimana α adalah koefisien temperatur tahanan dari bahan. Harga koefisien temperatur dari tahanan tidak konstan, tetapi tergantung pada temperatur mula-mula. Koefisien temperatur tahanan pada temperatur t_1 diberikan oleh persamaan:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t_1} \quad (^\circ C) \quad (4)$$

dimana α adalah koefisien temperatur tahanan pada $0^\circ C$. Sistem jaringan 3 phasa, tahanan per phasa adalah tahanan tiap penghantar.

b. Induktansi Penghantar jaringan transmisi

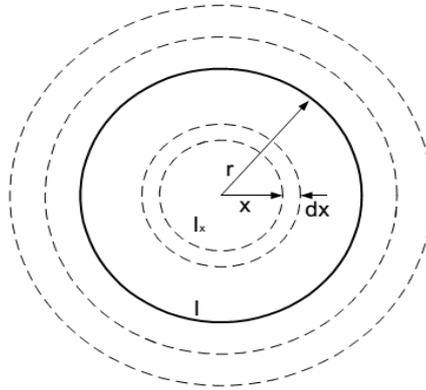
Penghantar berarus menghasilkan medan magnet disekelilingnya mengikuti hukum tangan kanan, dimana ibu jari menunjukkan arah arus, sedangkan jari-jari lainnya menunjukkan arah medan magnet. Bila arus yang mengalir pada penghantar berubah maka fluksi magnetiknyaapun berubah, dan tegangan akan diinduksikan pada rangkaian. Untuk bahan nonmagnetic, induktansi L , merupakan perbandingan fluksi magnetic total yang melingkupi arus yang mengalir pada penghantar.

$$L = \frac{\lambda}{i} \quad (H) \quad (5)$$

dimana

λ = fluks linkage dalam Weber turn.

Perhatikan suatu penghantar silindris dengan jari-jari r yang membawa arus i seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 33. Flux linkage pada konduktor silindris

Intensitas medan magnet H_x pada radius x nilainya konstan. Sesuai dengan hukum Amper maka

$$H_x = \frac{I_x}{2\pi x} \quad (6)$$

dimana I_x adalah arus yang dicakup pada radius x .

Induktansi Dalam (Internal Inductance)

Induktansi di dalam suatu penghantar nonmagnetic tidak dipengaruhi oleh ukuran penghantar, dan nilainya konstan yaitu:

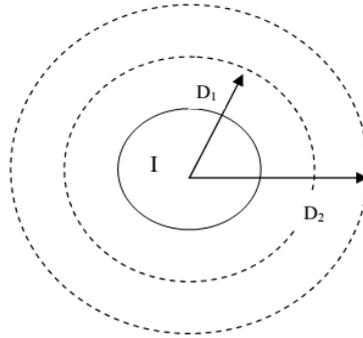
$$L_{int} = \frac{\mu_0}{8\pi} = \frac{1}{2} \times 10^{-7} \text{ H/m} \quad (7)$$

Nilai ini didapat dengan mengabaikan efek kulit (skin effect) dan menganggap kerapatan arus merata di seluruh bagian penghantar.

Induktansi di Luar Penghantar

Induktansi di luar penghantar yang mengalirkan arus I pada radius antara D_1 dan D_2 seperti gambar berikut dihitung dengan persamaan

$$L_{ext} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (8)$$

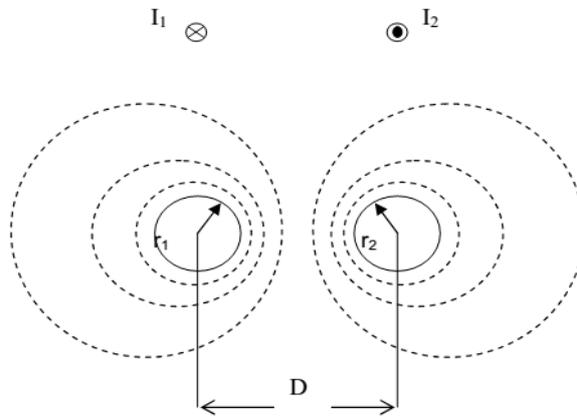


Gambar 34. Fluks gandeng antara D_1 dan D_2

Induktansi Saluran Satu Fasa

Perhatikan saluran satu fasa sepanjang 1 meter yang terdiri dari 2 buah konduktor pejal berbentuk silinder seperti gambar berikut ini. Jari-jari masing-masing konduktor adalah r_1 dan r_2 . Kedua konduktor terpisah sejauh D . Konduktor 1 membawa arus I_1 yang arahnya masuk ke dalam lembar halaman dan konduktor 2 membawa arus kembali $I_2 = -I_1$. Arus yang mengalir pada kedua konduktor tersebut akan membangkitkan medan magnet yang menggandeng kedua konduktor.

Induktansi konduktor 1 di bagian dalamnya dihitung dengan persamaan(7) Fluks pada jarak lebih bsar dari D mencakup arus total nol ($I_1 + I_2 = 0$) shingga tidak memberikan kontribusi terhadap induktansi total penghantar 1. Oleh sebab itu radius di luar penghantar 1 yang memberikan kontribusi terhadap induktansi total adalah antara r_1 dan D . Sesuai dengan persamaan (8), maka :



Gambar 35. Induktansi sendiri dan induktansi bersama

$$L_{1(ext)} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r_1} \quad (9)$$

Dengan demikian maka total induktansi penghantar 1 adalah :

$$L_1 = \frac{1}{2} \times 10^{-7} + 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r_1} \quad (10)$$

Persamaan (10) diatur kembali sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_1 &= 2 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{D}{r_1} \right) \\ &= 2 \times 10^{-7} \left(\ln e^{1/4} + \ln \frac{1}{r_1} + \ln \frac{D}{1} \right) \text{ Anggaplah } r_1' = r_1 e^{-1/4}, \text{ maka} \\ &= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r_1 e^{-1/4}} + \ln \frac{D}{1} \right) \end{aligned}$$

induktansi konduktor 1 menjadi :

$$L_1 = \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r_1'} \right) + \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{1} \right) \text{ H/m} \quad (11)$$

Demikian pula, induktansi konduktor 2 adalah

$$L_2 = \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r_2'} \right) + \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{1} \right) \text{ H/m} \quad (12)$$

Jika kedua konduktor identik, $r_1 = r_2 = r$, $L_1 = L_2 = L$, maka induktansi perfasa permeter adalah :

$$L = \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r'} \right) + \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{1} \right) \text{ H/m} \quad (13)$$

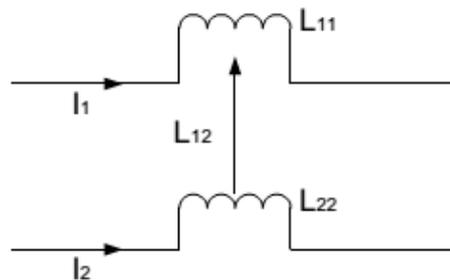
Persamaan (13) menunjukkan bahwa bagian pertama dari persamaan merupakan fungsi dari radius konduktor sedangkan bagian keduanya bergantung pada jarak antar konduktor. Bagian kedua persamaan (13) disebut sebagai *inductance spacing factor*.

Pernyataan $r' = r e^{-\frac{1}{4}}$ dikenal sebagai **Geometric Mean Radius (GMR)** dan diberi notasi D_s . Substitusi D_s ke persamaan (13) memberikan induktansi perfasa dalam miliHenri/km

$$L = 0,2 \ln \frac{D}{D_s} \text{ mH/km} \quad (14)$$

Induktansi Sendiri (Self Inductance) dan Induktansi Bersama (Mutual Inductance)

Untuk saluran satu fasa sepanjang 1 meter, induktansi perfasanya dapat diuraikan menjadi induktansi sendiri dan induktansi bersama. Sebutlah induktansi sendiri penghantar 1 L_{11} dan untuk penghantar 2 L_{22} , sedangkan induktansi bersama adalah L_{12} (L_{21}).



Gambar 36. Fluks bersama L_{12}

Fluks Linkage untuk masing-masing konduktor adalah

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= L_{11}I_1 + L_{12}I_2 \\ \lambda_2 &= L_{21}I_1 + L_{22}I_2\end{aligned}\quad (15)$$

karena $I_2 = -I_1$ maka

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= (L_{11} - L_{12})I_1 \\ \lambda_2 &= (-L_{21} + L_{22})I_2\end{aligned}\quad (16)$$

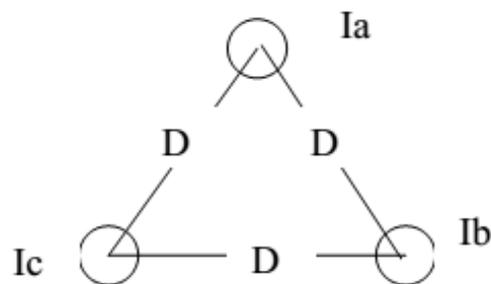
Bila persamaan (16) dibandingkan dengan persamaan (11) dan (13) kita mendapatkan :

$$\begin{aligned}L_{11} &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r_1'} \\ L_{22} &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r_2'} \\ L_{12} &= L_{21} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{D}\end{aligned}\quad (17)$$

Induktansi Saluran Transmisi Tiga Fasa

Jarak Simetris

Perhatikan saluran 3 fasa sepanjang satu meter berikut ini. Jari-jari setiap konduktor adalah r , dan konduktor satu sama lain terpisah dengan jarak D .



Gambar 37. Saluran 3 fasa dengan jarak simetris

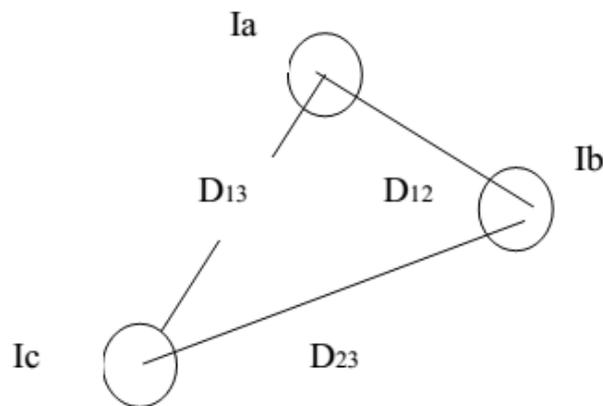
Induktansi perfasa perkilometer adalah

$$L = 0,2 \ln \frac{D}{D_s} \quad \text{mH/km} \quad (18)$$

Jarak Tidak Simetris

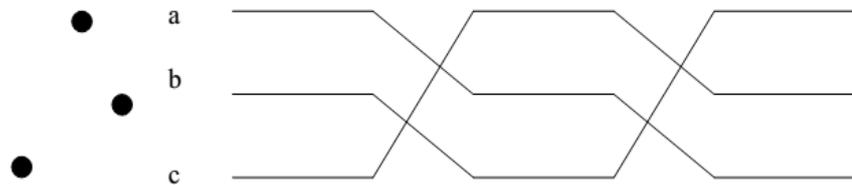
Pada kenyataannya penempatan konduktor simetris susah dilakukan. Kebanyakan saluran transmisi 3 fasa susunan konduktornya tidak simetris. Akibatnya induktansi setiap fasa berbeda satu sama lain, sehingga sekalipun arusnya seimbang, drop tegangan yang disebabkan oleh induktansi seri saluran untuk tiap-tiap fasa menjadi berbeda. Induktansi masing-masing fasa (tanpa pembuktian) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}L_a &= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + a^2 \ln \frac{1}{D_{12}} + a \ln \frac{1}{D_{13}} \right) \\L_b &= 2 \times 10^{-7} \left(a \ln \frac{1}{D_{12}} + \ln \frac{1}{r'} + a^2 \ln \frac{1}{D_{23}} \right) \\L_c &= 2 \times 10^{-7} \left(a^2 \ln \frac{1}{D_{13}} + a \ln \frac{1}{D_{23}} + \ln \frac{1}{r'} \right)\end{aligned} \quad (19)$$



Gambar 38. Saluran 3 fasa dengan jarak tidak simetris

Pada analisa sistem tenaga, model satu fasa seringkali sangat membantu. Maka agar simetris bisa diperoleh, pada saluran yang posisi antar konduktornya tidak simetris dilakukan cara transposisi satu-satu. Transposisi satu-satu adalah mempertukarkan posisi penghantar-penghantar pada saluran 3 fasa setiap satu pertiga panjang saluran, sehingga setiap penghantar menempati semua posisi penghantar lainnya, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 39. Transposisi saluran 3 fasa dengan jarak tidak simetris

$$L = \frac{L_a + L_b + L_c}{3} \quad (20)$$

$a + a^2 = -1$, maka :

$$\begin{aligned} L &= \frac{2 \times 10^{-7}}{3} \left(3 \ln \frac{1}{r'} - \ln \frac{1}{D_{12}} - \ln \frac{1}{D_{23}} - \ln \frac{1}{D_{13}} \right) \\ &= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} - \ln \frac{1}{(D_{12} D_{23} D_{13})^{\frac{1}{3}}} \right) \\ &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{(D_{12} D_{23} D_{13})^{\frac{1}{3}}}{r'} \\ &= 0,2 \ln \frac{GMD}{D_s} \quad \text{mH/km} \end{aligned} \quad (21)$$

dimana

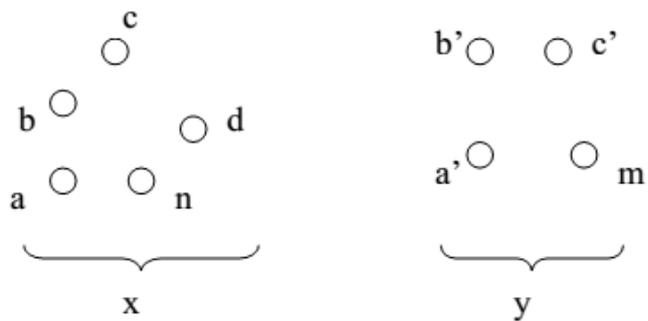
$$GMD = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{13}}$$

Dapat dilihat bahwa dengan transposisi satu-satu induktansi perfasa saluran dihitung dengan rumus yang sama dengan konfigurasi saluran sebelumnya, hanya D diganti GMD (Geometric Mean Distance)

Induktansi Penghantar Bundel (Composite Conductors)

Pembahasan sebelumnya mengambil asumsi penghantar pejal tunggal (solid round conductor). Namun pada saluran transmisi yang sebenarnya dipergunakan juga penghantar berserat (stranded conductors). Selain itu, atas pertimbangan ekonomi, umumnya

saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET – di atas 230 kV) dibuat dalam bentuk penghantar bundel (bundled conductors). Sebab korona, dengan akibat berupa rugi daya dan interferensi pada saluran telekomunikasi, akan menjadi sangat berlebihan bila penghantar yang dipergunakan hanya terdiri dari satu buah penghantar saja perfasa. Dengan menggunakan 2 penghantar atau lebih perfasanya, yang disusun berdekatan dibandingkan dengan jarak pemisah antar fasanya, maka gradien tegangan tinggi pada penghantar dalam daerah SUTET dapat dikurangi lebih banyak. Perhatikan saluran satu fasa yang terdiri dari 2 konduktor berserat di bawah ini.



Gambar 40. Saluran 1 fasa dengan 2 penghantar bundel

Penghantar x terdiri dari n konduktor identik dialiri arus sebesar I masuk ke bidang gambar, sedangkan penghantar y terdiri dari m konduktor identik dengan arus $-I$. Radius antar konduktor x adalah r_x dan antar konduktor y adalah r_y . Menggunakan rumus-rumus sebelumnya, maka induktansi penghantar x adalah :

$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_x} \text{ [H/m]}$$

di mana

$$GMD = \sqrt[nm]{(D_{aa'} D_{ab'} \dots D_{am}) \dots (D_{na'} D_{nb'} \dots D_{nm})}$$

dan

$$GMR_x = \sqrt[n^2]{(D_{aa} D_{ab} \dots D_{an}) (D_{na} D_{nb} \dots D_{nn})}$$

dengan, $D_{aa} = D_{bb} = \dots = D_{nn} = r'_x$

Induktansi untuk penghantar y dapat dihitung dengan cara yang sama, dengan GMD yang sama namun GMR_y berbeda.

c. Kapasitansi Sebuah Jaringan Transmisi

Dua buah konduktor yang dipisahkan oleh suatu medium adalah sebuah kapasitor. Dalam hal ini jaringan transmisi udaralah merupakan dua buah plate kapasitor yang dipisahkan oleh udara dengan yang lain. Kapasitansi ini didistribusikan sepanjang jaringan dan dipandang sebagai bentuk kondensator yang diserikan yang tersambung antar konduktor.

Bilamana suatu perbedaan tegangan dihubungkan pada jaringan, dengan demikian pada jaringan transmisi akan ada arus *leading* yang mengalir walaupun jaringan transmisi belum dibebani, arus ini sering disebut *Charging Current (IC)*. Besarnya *charging current* tergantung pada besarnya tegangan transmisi, kapasitansi jaringan dan frekuensi *a.c supply*, seperti ditunjukkan oleh persamaan:

$$I_c = 2\pi fcv \quad (22)$$

Jika kapasitansi jaringan transmisi udara tinggi, arus pengisian (*Current Charging*) yang mengalir pada jaringan itu besar, yang mana arus pengisian kini akan mengkompensasi komponen reaktif dari arus beban karena itu jumlah arus yang mengalir pada jaringan dapat diperkecil. Pengecilan jumlah arus yang mengalir pada jaringan dapat menyebabkan: Memperkecil kerugian-kerugian pada jaringan dan demikian pula dapat menambah efisiensi transmisi. Memperkecil rugi tegangan atau memperbaiki regulasi tegangan. Keuntungan yang lain dari sebuah jaringan transmisi yang mempunyai kapasitansi yang tinggi adalah menambah kapasitas beban dan memperbaiki faktor daya. Sebuah jaringan transmisi udara 1 phase dengan 2 buah konduktor yang paralel masing-masing mempunyai jari-jari r meter dan ditempatkan di udara dengan jarak d meter (dianggap d lebih panjang dibandingkan r). Jika konduktor A mempunyai sebuah muatan $+Q$ farad per meter

maka konduktor B akan mempunyai sebuah muatan $-Q$ farad per meter.

3. Regulasi dan Efisiensi Jaringan Transmisi

a. Regulasi

Ketika sebuah beban mendapatkan supply dari suatu jaringan transmisi, maka akan ada drop tegangan dalam jaringan, karena resistansi dan induksinya pada ujung jaringan. Oleh karena tegangan penerimaan pada umumnya lebih kecil dari tegangan pengiriman. Drop tegangan adalah perbedaan antara tegangan pengiriman dan tegangan penerimaan, apabila dinyatakan dalam bentuk prosentase dari tegangan penerimaannya disebut "Regulasi". Regulasi sebuah transmisi didefinisikan sebagai : "Kenaikkan tegangan pada ujung penerima ketika beban penuh diputuskan, di mana tegangan pada ujung pengiriman konstant". Dan ini pada umumnya ditunjukkan dalam bentuk prosentase tegangan ujung penerimaan. Secara matematis prosentase regulasi jaringan transmisi adalah:

$$\%Reg = \frac{V_s - V_R}{V_R} \times 100\% \quad (23)$$

Di mana :

V_s = Tegangan pada ujung pengiriman (V)

V_R = Tegangan pada ujung penerimaan (V)

b. Efisiensi

Pada waktu beban mendapatkan supply dari jaringan transmisi, maka terdapat rugi-rugi jaringan, karena tekanan penghantar jaringan. Dengan demikian daya yang diterima pada ujung penerima lebih kecil dari daya yang dikirimkan dari ujung pengiriman. Efisiensi jaringan didefinisikan sebagai: "Perbandingan antara daya penerimaan dengan daya yang dikirimkan". Secara

matematis efisiensi jaringan transmisi. Ditunjukkan dengan persamaan:

$$T = \frac{V_R I_R \cos \varphi_R}{V_S I_S \cos \varphi_S} \times 100\% \quad (24)$$

Di mana :

T = Efisiensi transmisi (%)

V_R = Tegangan ujung penerima (V)

I_R = Arus di sisi penerima (A)

cos φ_R = Faktor kerja pada penerima

V_S = Tegangan pada ujung pengiriman (V)

I_S = Arus pada pengiriman (A)

cos φ_S = Faktor kerja pada pengiriman

4. Jaringan Transmisi Jarak Pendek

Pada jaringan transmisi jarak pendek seperti telah disebutkan pada bagian pendahuluan, bahwa kapasitansi jaringan diabaikan. Pada prinsipnya sistem 3 phase adalah sistem 1 phase yang jumlahnya 3.

Regulasi tegangan dapat ditentukan, sebagai berikut :

$$\%V_{Reg} = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\%$$

atau

$$\%V_{Reg} = \frac{I_R R \cos \varphi_R + I_R X \sin \varphi_R}{V_R} \times 100\% \quad (25)$$

Adapun efisiensi transmisinya :

Daya yang diterima (W) = V_R · I_R · cos φ_R

Rugi-rugi daya jaringan (W) = I_R² · R

Daya yang dikirimkan (W) = V_R · I_R · cos φ_R + I_R² · R

Jadi efisiensi transmisinya :

$$\eta = \frac{V_R I_R \cos \phi_R}{V_R I_R \cos \phi_R + I_R^2 R} \times 100\% \quad (26)$$

5. Perhitungan Transmisi

Keuntungan transmisi (*transmission capability*) dengan tegangan lebih tinggi akan menjadi jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi (*transmission capability*) suatu saluran transmisi. Kemampuan ini biasanya dinyatakan dalam Mega-Volt-Ampere (MVA). Tetapi kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan termal dari penghantar, jatuh tegangan (*drop voltage*) yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan kestabilan system

Bahan Bacaan 5

Perhitungan teknis yang berkaitan dengan perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik

A. Konsep dasar

Energi listrik sangat penting peranannya dalam kehidupan manusia. Pertumbuhan penduduk yang pesat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Oleh karena itu PLN sebagai penyedia energi listrik berusaha semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu langkah yang dilakukan yaitu dengan merencanakan membangun Gardu Induk. Dengan adanya rencana pembangunan Gardu Induk tersebut, perlu juga dilakukan perencanaan penyaluran energi listrik yaitu melalui transmisi saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV.

Penyaluran tenaga listrik kepada konsumen bukan saja perlu direncanakan dari tahap mula, tetapi agar penyaluran tersebut tetap dapat dilaksanakan secara berkesinambungan maka pengusahaan penyaluran perlu pula terus dilakukan. Pada proses tersebut terdapat

berbagai faktor yang mempengaruhi proses, seperti adanya faktor gangguan dalam bentuk kenaikan beban, peralatan kadaluarsa, keterbatasan dana dan sebagainya. Karena itu sebagaimana lazimnya pada setiap proses perlu dilakukan pengaturan dalam bentuk program perencanaan pembangunan.

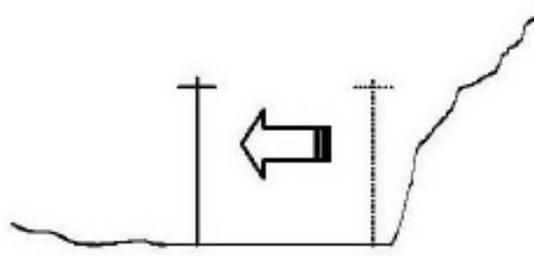
Salah satu tujuan perencanaan sistem transmisi adalah menemukan ukuran konduktor yang sesuai sehingga kehilangan daya dapat diminimalisir dan perkiraan biaya yang dibutuhkan dapat diketahui. Untuk transmisi tegangan tinggi dimana digunakan trafo untuk menaikkan tegangan (*step-up*) dan trafo untuk menurunkan tegangan (*step-down*). Dengan tegangan yang lebih besar arus yang mengalir dalam konduktor lebih kecil sehingga dapat digunakan konduktor yang lebih kecil dimana harga akan lebih murah. Harga yang lebih murah untuk konduktor berlawanan dengan harga dua trafo yang dibutuhkan, satu pada awal jalur transmisi dan satu pada akhir jalur transmisi. Biaya dengan sistem tegangan tinggi tidak hanya biaya trafo tapi juga perawatan trafo (pengecekan isolasi dan penggantian oli). Selain itu isolasi yang lebih mahal dibutuhkan untuk penempatan kabel pada penyangga tiang (*support poles*). Sebaliknya transmisi tegangan rendah tanpa trafo lebih mudah dibuat dan dirawat oleh masyarakat lokal.

5. Penempatan jalur jaringan transmisi

Pada umumnya ditemukan jaringan transmisi tegangan rendah lebih ekonomis dari pada tegangan tinggi untuk jalur transmisi kurang dari 2 km. Karena sistem yang jauh lebih sederhana, sistem tegangan rendah (TR) lebih dipilih bahkan untuk jarak yang lebih besar dari 2 km. bahayanya dengan jarak yang panjang adalah tegangan yang rendah pada ujung konduktor (*voltage drop*) untuk menghindari hal ini biasanya digunakan kabel yang lebih besar.

Guna penyaluran tenaga ke daerah-daerah yang luas, antar daerah dengan tegangan lebih besar dari 60 kV. Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan jalur transmisi adalah sebagai berikut;

- a. Jalur transmisi terletak pada lokasi yang mudah untuk diakses sehingga memudahkan dalam pengawasan dan pemeliharaan. Biasanya jalur yang dipilih adalah sepanjang jalan raya dimana mobilitas bisa lebih mudah dilakukan.
- b. Ditempatkan pada lokasi tanah yang kokoh dan relative stabil. Kondisi tanah yang labil beresiko pada stabilitas menara/tiang penyangga (*pole*).
- c. Legalitas dan pembebasan lahan yang digunakan jalur transmisi tidak mengalami masalah. Ada sebagian penduduk yang tanahnya tidak mau dilewati jaringan listrik dengan alasan keamanan dan ekonomi (pertanian, perkebunan, dll), oleh karena itu sebaiknya sosialisasi dan kompensasi harus dilakukan jika terjadi konflik mengenai lahan yang digunakan
- d. Tempatkan jalur transmisi dengan jarak yang aman dengan gedung dan pohon. Masalah yang cukup banyak terjadi adalah jaringan transmisi yang tertimpa pohon dan kecelakaan yang terjadi pada gedung yang dekat dengan kabel jaringan yang umumnya telanjang. Oleh karena itu pengawasan dan antisipasi akan hal ini harus diperhatikan terutama karena menyangkut keselamatan nyawa manusia.
- e. Pilih jalur yang paling pendek. Hal ini menyangkut alasan ekonomi dan teknis dimana dengan jalur yang panjang akan dibutuhkan kabel yang lebih panjang dan menara/tiang yang lebih banyak. Selain hal itu dengan semakin panjangnya jaringan kehilangan daya dan penurunan tegangan (*voltage drop*) akan lebih besar.
- f. Jangan tempatkan menara/tiang listrik pada sisi bukit atau bidang yang miring. Hal ini dilakukan untuk mencegah bahaya longsor yang dapat merusak jaringan transmisi



Gambar 41. Penempatan menara/tiang listrik dekat dengan bukit atau bidang miring yang perlu dihindari

- g. Minimalkan belokan pada jaringan transmisi. Pada kondisi dimana konduktor mengalami perubahan dari lurus menjadi berbelok, maka akan ada gaya menyamping (lateral force) pada menara/tiang yang cenderung akan membuat miring. Oleh karena itu akan dibutuhkan struktur penguat tiang (*guy & anchor*), yang pada akhirnya menambah biaya dan pekerjaan

Berdasarkan pengalaman dan beberapa aspek teknis serta ekonomis, untuk di Indonesia lebih baik dipakai *jaringan overhead* (udara). Jaringan transmisi udara pada dasarnya mempunyai komponen utama penghantar, tiang dan isolator. Pertimbangan yang pertama dalam merancang bangun jaringan adalah listriknya. Penghantar yang dipakai harus sesuai, sehingga jika jaringan dipakai untuk menyalurkan tenaga listrik tidak timbul panas yang berlebihan atau rugi tegangan yang besar. Isolasinya juga harus sesuai dengan sistem tegangan yang digunakan, semakin besar sistem tegangan yang dipakai menuntut pula isolasi yang lebih besar. Rancang bangun mekanik juga harus dipertimbangkan, sebagai contoh, penghantar dan tiang jaringan yang dipakai harus cukup kuat untuk menahan beban mekanik.

6. Perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik

a. Dasar Pemilihan Tegangan

Pemilihan tegangan saluran transmisi berkaitan erat dengan kapasitas daya yang disalurkan. Pada penyaluran tenaga listrik

dengan daya besar dan jarak yang relatif panjang, banyak hal - hal yang perlu dipertimbangkan terutama ditinjau dari segi ekonomis seperti efisiensi, losses, faktor cuaca, jenis konduktor, temperature dan lain-lain. Untuk mengatasi hal itu, maka dalam transmisinya cenderung untuk menaikkan tegangan ke tingkat tegangan yang lebih tinggi. Dengan cara ini maka daya guna penyaluran akan lebih efektif karena rugi - rugi transmisi dapat diturunkan.

Langkah-langkah yang dilakukan pada proses estimasi dan penentuan tegangan kerja adalah sebagai berikut:

- a. Input data daya yang dikirim P_r (MW) dan panjang saluran (km)
- b. Input data pemilihan tegangan standar V (kV)
- c. Penentuan nilai koefisien kapasitas k .
- d. Perhitungan daya saluran P_{rs} (MW) dengan menggunakan persamaan :

$$P_{rs} = \frac{v^2}{1000.L} k \text{ (MW)} \quad (27)$$

Dengan :

P_{rs} = Kapasitas daya saluran (MW)

V = Tegangan standar (kV)

k = Koefisien kapasitas

L = Panjang saluran (km)

Nilai tegangan yang dipakai dalam perhitungan ini adalah nilai - nilai tegangan standar. Tiap nilai tegangan standar mempunyai koefisien kapasitas yang tertentu.

b. Pemilihan Ukuran Konduktor

Perencanaan suatu jaringan juga meliputi penentuan ukuran tipe konduktor. Ukuran dan tipe konduktor ditentukan oleh arus yang lewat melalui konduktor, karena besar penampang konduktor berbanding lurus dengan kapasitas kuat arusnya. Semakin

besar kuat arus yang mengalir melalui saluran transmisi maka semakin besar pula daya yang mampu dikirim oleh saluran transmisi. Kuat arus per fasa pada perencanaan ini berdasarkan pada rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}V_r} k \quad (A) \quad (28)$$

dimana :

I = Arus per fasa (A)

S = Daya yang dikirim (MVA)

V_r = Tegangan sistem (kV)

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan per fasa selanjutnya akan dihitung besar dari arus per konduktor dengan menggunakan rumus,

$$I_k = I / np \quad (A) \quad (29)$$

dimana :

I_k = Arus per konduktor (A)

I = Arus per fasa (A)

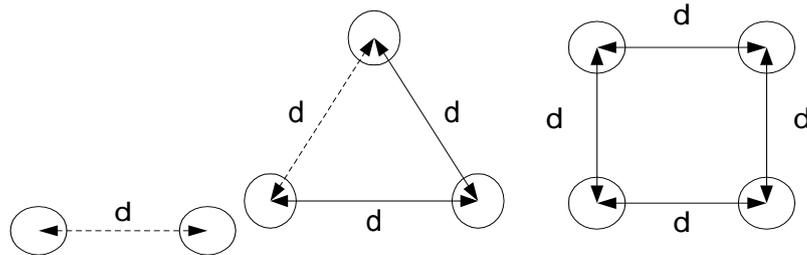
np = Jumlah konduktor per fasa

Dari hasil perhitungan arus per konduktor tersebut akan ditentukan jenis dan ukuran konduktor dengan melihat pada table pemilihan ukuran konduktor. Kapasitas saluran transmisi Prs dapat dinyatakan sebagai fungsi dari tegangan pada titik penerimaan dan panjang saluran. Standar pemilihan tipe serta ukuran konduktor selalu mempertimbangkan faktor-faktor keamanan sehingga pada pemilihannya akan dipilih ukuran diameter konduktor yang lebih besar.

c. Bundle Konduktor (Kawat Berkas)

Kawat jenis ini terdiri dari dua kawat atau lebih dalam satu fasanya masing-masing terpisah dengan jarak tertentu. Kawat ini mempunyai kelebihan-kelebihan dibandingkan kawat padat, karena dengan

menggunakan kawat berkas dapat mengurangi gejala korona, juga kapasitasnya lebih besar serta reaktansinya lebih kecil. Biasanya konduktor bundel terdiri dari 2, 3, atau 4 konduktor yang disusun simetris seperti di bawah ini.



Gambar 42. Penghantar Bundel (*bundle conductor*)

Kawat berkas (*bundle conductor*) lebih tepat bila digunakan pada tegangan transmisi dengan tegangan di atas 230 kV, tetapi dapat juga digunakan untuk tegangan transmisi yang lebih rendah apabila dibutuhkan kapasitas saluran transmisi yang lebih baik dan tinggi. Pada penerapannya diperlukan pula perentang (*spacer*) yang berfungsi untuk menghindarkan terjadinya tumbukan antar sub konduktor karena gejala elektro mekanis atau angin. Keuntungan menggunakan *bundle conductor* bila dibandingkan dengan menggunakan *single conductor* adalah :

1. Mampu menyalurkan daya yang lebih besar dengan kerugian yang kecil karena bisa dicapai efisiensi yang tinggi.
2. Mempunyai induktansi dan reaktansi perfasayang kecil untuk konduktor dengan material yang sama.
3. Mempunyai kapasitas perfasa yang lebih besar reaktansi yang lebih rendah dan memperbesar muatan arus yang dapat memperbaiki faktor daya.
4. Mengurangi impedansi surja saluran.

d. Rugi daya saluran transmisi

Rugi-rugi yang dialami oleh saluran transmisi terutama pada transmisi saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) dipengaruhi oleh dua hal yaitu rugi tahanan dan rugi korona

e. Perencanaan Isolasi Saluran Transmisi

Dalam sistem tenaga sangat dimungkinkan timbulnya tegangan lebih. Tegangan lebih dapat disebabkan oleh kilat dan switching. Berkenaan dengan tegangan ini erat sekali hubungannya dengan isolasi. Pada perencanaan jaringan transmisi perlu juga mempertimbangkan jenis serta jumlah isolasi yang akan digunakan. Langkah-langkah dalam perencanaan isolasi sebagai berikut:

- 1) Data Input berupa tegangan sistem V (kV), konfigurasi saluran yang dipilih-KS (horizontal atau vertikal), Tipe Insulator yang dipilih (tipe string I atau string V).
- 2) Penentuan tegangan flashover lightning (Tegangan Critical flashover) VCFO dan tegangan flashover switching (Tegangan withstand Switching Surge Crest),
- 3) Perhitungan koefisien keamanan k_1 (koefisien keamanan fasa tengah) dan k_2 (koefisien keamanan fasa pinggir)
- 4) Perhitungan jumlah isolator optimal, perhitungan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah isolator pada tiap-tiap yang mampu menahan tegangan lebih switching dan lightning pada daerah tertentu. Sedangkan langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :
 - Menentukan jenis isolator dan data catalog insulator
 - Penentuan jumlah dan panjang Isolator tiap phase

f. Penentuan Outline Tower

Outline tower adalah informasi dan perencanaan dari sebuah menara (tower) informasi ini sangat dibutuhkan oleh seorang perencana dalam merencanakan suatu sistem jaringan transmisi. Dari data outline tower ini seorang perencana dapat menentukan tipe tower beserta ukuran-ukuran jarak bebas

(*clearance*) yang bersangkutan dengan perancangan tower. Informasi keluaran outline tower yang dibutuhkan terdiri dari :

1. Andongan,
2. Jarak bebas ke tanah (*Ground Clearance*),
3. Jarak vertikal dan horisontal antar kawat,
4. Diagram *clearance* dari jarak terhadap kawat fasa,
5. Panjang isolator set.

g. Andongan

Andongan adalah jarak proyeksi yang diukur dari tinggi tower saluran transmisi terhadap jarak lingkungan penghantar yang terendah. Hal ini terjadi karena beratnya penghantar yang direntangkan antar dua tiang transmisi. Dengan diketahuinya jarak andongan, maka akan ditentukan tinggi minimum yang harus dibangun. Dalam perhitungan andongan, faktor yang perlu diperhitungkan adalah parameter pemuaian penghantar yang disebabkan oleh kenaikan suhu penghantar. Karena pemuaian ini akan menyebabkan pertambahan panjang pada penghantar, sehingga juga akan mengakibatkan bertambah panjangnya nilai andongan dan nilai sebenarnya.

Keadaan kondisi permukaan tanah yang tidak rata akan menyebabkan tiang Menara mempunyai perbedaan tinggi antara satu dengan yang lainnya. Pada kondisi seperti ini diperlukan metode perhitungan yang berbeda dari perhitungan andongan yang biasanya, perhitungan andongan diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan kondisi menara penyangga pada saluran penghantar, yaitu:

- Menara yang tingginya sama (simetris)
- Menara yang tingginya berbeda (tidak simetris)

h. Pentanahan Kaki Menara

Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir digunakan satu atau dua kawat tanah yang terletak di atas kawat

fasa dengansudut perlindungan lebih kecil 18°. Dengan demikiankemungkinan terjadinya loncatan api karena sambaranpetir secara langsung dapat diabaikan. Kemungkinanterjadinya loncatan balik (*back flashover*) karenasambaran kilat secara langsung pada puncak menaraatau kawat tanah letap masih ada, dan untukmengurangi tahanan kaki menara harus dibuat tidakmelebihi 10 ohm. Tahanan kaki menara 10 ohm dapatdiperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batangpengetanahan (*ground rod*) dan atau *systemcounterpoise*. Pemilihan penggunaan batangpengetanahan dan atau sistem *counterpoise* tergantungdari tahanan jenis tanah dimana menara transmisitersebut berada.

i. Jatuh tegangan

Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara teganganpada pangkal pengiriman (*sending end*) dan tegangan pada ujung penerimaan(*receiving end*) tenaga listrik. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dariimpedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh teganganrelatif dinamakan regulasi tegangan (*voltage regulation*), dan dinyatakan oleh rumus:

$$\%V_{\text{Reg}} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (30)$$

dimana

V_s = tegangan pada pangkal pengiriman

V_r = tegangan pada ujung pengiriman

Untuk jarak dekat, regulasi tegangan tidak berarti (hanya beberapa % saja),tetapi untuk jarak sedang dan jauh mencapai 5-15%.Bila beban pada saluran tegangan tinggi tidak besar, sistim tenaga dioperasikan pada regulasiyang konstan, karena pengaruh arus pemuat (*charging current*) besar. Untukmemungkinkan regulasi yang kecil, saluran transmisi dioperasikan pada teganganyang konstan pada ujung penerimaan dan pangkal pengiriman tanpa dipengaruhioleh beban. Bila tegangan pada titik penerimaan turun

karena naiknya beban, maka dipakai pengatur tegangan dengan beban (on-load voltage-regulator), guna memungkinkan tegangan sekunder yang konstan, meskipun tegangan primernya berubah.

j. Faktor perencanaan sistem

Perencanaan jaringan transmisi harus dirancang semaksimal mungkin, untuk perkembangan dikemudian hari. Persyaratan sistem transmisi seperti diatas hanya bisa dipenuhi bila tersedia modal (investasi) yang cukup besar, sehingga sistem bisa dilengkapi dengan peralatan-peralatan yang mempunyai kualitas tinggi. Selain pemeliharaan sistem yang berkesinambungan sesuai jadwal yang ditentukan seringkali berakibat fatal pada sistem jaringan justru karena kelalaian dalam cara pemeliharaan yang sebenarnya, disamping perencanaan awal yang kurang memenuhi syarat.

Untuk sistem tenaga listrik yang besar (*power utility*) biaya untuk sistem transmisi bisa mencapai 50 % - 60 % investasi keseluruhan yang diperlukan untuk sistem tenaga listrik. Apalagi sistem transmisi merupakan bagian yang paling banyak mengalami gangguan-gangguan sehingga bisa mengganggu kontinuitas aliran tenaga listrik pada konsumen.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran dimulai dengan membaca seluruh bagian dari kegiatan pembelajaran ini, disarankan anda membaca secara berurutan, sehingga anda mengetahui tujuan dan indikator capaian kompetensi. Belajar dengan menggunakan modul ini menuntut kemandirian dan kejujuran anda terhadap diri sendiri. Beberapa kegiatan yang juga harus anda lakukan:

1. Membaca sumber bacaan lain, yang berhubungan dengan materi pada kegiatan pembelajaran ini.
2. Mengerjakan latihan/kasus/tugas dalam pembelajaran ini.
3. Apabila ada bagian-bagian yang belum anda kuasai sesuai yang diharapkan, ulangi kembali dengan tidak tergesa-gesa.

4. Jawablah pertanyaan pada bagian Latihan/kasus/tugas pada Lembar Kerja yang telah disediakan
5. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan pada bagian latihan/kasus/tugas dengan baik, maka Saudara dapat melanjutkan pembelajaran ke evaluasi

E. Latihan/Kasus/Tugas

a. Pilihan Ganda

1. Berapakah tegangan yang mengalir pada saluran transmisi dengan menara baja.
 - a. 70 kV
 - b. 60 kV
 - c. 150 kV
 - d. 20 kV
2. Menara yang berfungsi untuk menanggung gaya berat adalah
 - a. Transposition tower
 - b. Tension tower
 - c. Suspension tower
 - d. Section tower
3. Menara tension tower adalah menara yang berfungsi untuk..
 - a. Menanggung gaya berat
 - b. Menanggung gaya tarik cek
 - c. Tiang penyangga antara sejumlah menara
 - d. Tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impedansi transmisi

4. Perhatikan gambar di bawah ini



Termasuka jenis tiang saluran apakah gambar diatas

- a. Tubular steel pole
 - b. Concrete pole
 - c. Lattice tower
 - d. Wooden pole
5. Bagian kaki menara yang terhubung antara stub dengan body menara adalah
- a. Leg
 - b. Stub
 - c. Super Structure
 - d. Cross Arm
 - e. K frame
6. Saluran transmisi yang lebih banyak digunakan di Indonesia adalah
- a. Saluran bawah laut
 - b. Saluaran udara

- c. Saluran kabel bawah tanah
 - d. Saluran isolasi gas
7. Kenapa saluran kabel tegangan tinggi jarang dipakai pada saluran transmisi
- a. Tidak memerlukan perawatan
 - b. Lebih mudah di monitor gangguannya
 - c. Bebas gangguan cuaca
 - d. Memerlukan biaya yang lebih besar jika dibanding SUTT.
8. Saluran transmisi yang cocok untuk di kota besar adalah
- a. Saluran udara tegangan tinggi
 - b. Saluran isolasi gas
 - c. Saluran kabel tegangan tinggi
 - d. Saluran kabel
9. Berikut ini kelemahan saluran udara tegangan tinggi, manakah yang bukan kelemahan saluran udara tegangan tinggi.
- a. Pada saat proses pembangunan memerlukan koordinasi dan penanganan yang kompleks, karena harus melibatkan banyak pihak.
 - b. Adanya permintaan dan pertumbuhan beban yang sangat tinggi.
 - c. Mahal dalam instalasi dan investasi serta sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.
 - d. Berada diruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap kehandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar, seperti gangguan hubungan singkat.
10. Kenapa saluran transmisi di Indonesia banyak digunakan (khususnya dipulau Jawa) tegangan 500 kV?
- a. Karena indonesia kelebihan kapasitas tegangan listrik
 - b. Drop tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal
 - c. Supaya cakupan penyaluran transmisi menjadi lebih luas.

- d. Adanya permintaan dan pertumbuhan beban yang sangat tinggi

11. Termasuk jenis isolator apakah gambar di bawah ini



- a. Jenis ball
- b. Jenis Clevis
- c. Jenis Pasak
- d. Jenis pos udara

12. Fungsi isolator pada saluran transmisi adalah

- a. isolasi tegangan listrik antara kawat penghantar dengan tiang.
- b. Untuk memikul beban mekanis yang disebabkan oleh berat penghantar
- c. untuk melindungi kebocoran arus
- d. tempat menopang kawat penghantar jaringan pada tiang-tiang listrik

13. Gambar dibawah ini tergolong isolator jenis apa



- a. Jenis ball
- b. Jenis batang panjang
- c. Jenis pos udara
- d. Jenis pasak

14. Dibawah ini adalah isolator yang digunakan pada jaringan transmisi yang tidak termasuk adalah
- Isolator jenis pasak
 - Isolator jenis pos-saluran
 - Isolator gantung.
 - Isolator ball
15. Yang bukan termasuk langkah yang perlu diambil untuk menghindarkan terjadinya kerusakan terhadap peralatan listrik akibat tegangan lebih dan loncatan bunga api adalah
- menentukan pemakaian isolator berdasarkan kekuatan daya isolasi
 - Memasang isolator menjadi lebih banyak
 - Menentukan isolator dengan kekuatan mekanis
 - Menentukan bahan-bahan isolator yang dipakai.
16. Yang termasuk kategori jaringan transmisi jarak jauh adalah
- Jarak dibawah 150 Km dan tegangan kerja 100 Kv
 - Jarak diatas 150 Km dan tegangan kerja 100 kV
 - Jarak dibawah 150 Km dan tegangan kerja <100 kV
 - Jarak dibawah 150 Km dan tegangan kerja 100 kV
17. Yang tidak termasuk dalam desain saluran transmisi adalah
- Jumlah daya yang harus disalurkan
 - Jarak dan jenis medan yang dilalui
 - Kebutuhan alat dan bahan
 - Pertumbuhan beban dimasa akan datang
18. Jaringan transmisi yang mempunyai panjang antara 80-150 Km dan tegangan jaringan 20 – 100 kV
- Jaringan transmisi jarak pendek
 - Jaringan transmisi jarak menengah
 - Jaringan transmisi jarak jauh
 - Jaringan transmisi jarak sangat jauh

19. Disebut apakah jaringan transmisi yang didefinisikan sebagai: “Perbandingan antara daya penerimaan dengan daya yang dikirimkan”
- Regulasi
 - Drop tegangan
 - Efisiensi
 - Kapasitansi
20. Kenapa pada jaringan transmisi tegangan menengah kapasitasnya diperhitungkan?
- Kapasitansi jaringan jarak menengah secara seragam didistribusikan ke seluruh panjang jaringan dan dianggap terpusat pada satu titik atau lebih
 - Kapasitansi didistribusikan sepanjang jaringan dan tidak lagi dianggap berkumpul pada satu tempat atau lebih.
 - Karena jaringan transmisi yang mempunyai panjang antara 80 – 150 Km dan tegangan jaringan antara 20 – 100 KV,
 - jaraknya yang pendek dan tegangannya tidak terlalu tinggi
21. Apabila jalur yang panjang akan kehilangan daya dan penurunan tegangan yang lebih besar, jadi jika dalam perencanaan jaringan transmisi apa yang harus kita lakukan.
- Jangan ditempatkan pada jalur yang miring
 - Memilih jalur yang pendek
 - Menimalkan belokan pada jaringan transmisi
 - Menempatkan pada lokasi yang mudah di akses
22. Dibawah ini adalah langkah – langkah yang harus dilakukan pada proses estimasi dan penentuan tegangan kerja. Langkah yang tidak termasuk adalah
- Input data daya yang dikirim
 - Input data pemilihan tegangan standar
 - Penentuan koefisien kapasitas
 - Jumlah saluran jaringan transmisi

23. Kawat berkas lebih tepat bila digunakan pada tegangan transmisi dengan tegangan diatas 230 kV, tetapi dapat juga digunakan untuk tegangan transmisi yang lebih rendah apabila dibutuhkan kapasitas saluran transmisi yang lebih baik dan tinggi. Dari pernyataan diatas termasuk faktor yang manakah dalam perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik.

- a. Bundle konduktor
- b. Pemilihan ukuran konduktor
- c. Perencanaan isolasi saluran transmisi
- d. Input dan yang dikirim dan panjang saluran

24. Keadaan kondisi permukaan tanah yang tidak rata akan menyebabkan tiang Menara mempunyai perbedaan tinggi antara satu dengan yang lainnya. Pernyataan ini termasuk dalam perencanaan jaringan transmisi yang mana

- a. Penempatan pada lokasi tanah yang kokoh dan stabil
- b. Rugi daya saluran
- c. Andongan
- d. Penentuan outline tower

25. Yang tidak termasuk dalam informasi keluaran outline tower yang dibutuhkan adalah

- a. Andongan
- b. Jarak bebas ke tanah
- c. Panjang isolator set
- d. Perencanaan isolasi

b. Essay

1. Tuliskan konstruksi dari menara baja jaringan transmisi!
2. Apa yang dimaksud dengan menara jaringan transmisi!
3. Kenapa saluran jaringan transmisi yang digunakan PLN lebih banyak konstruksi menara baja daripada tiang baja?
4. Tuliskan syarat yang harus dipenuhi dalam pemasangan stub?
5. Apakah beda antara cross arm dengan "K" arm?

6. Bagaimanakah sistem tegangan yang digunakan di Indonesia untuk penyaluran energi listrik ?
7. Apakah keuntungan-keuntungan saluran udara untuk transmisi energi listrik, dibandingkan dengan penggunaan kabel bawah tanah ?
8. Kenapa pada transmisi saluran udara menggunakan kabel telanjang?
9. Bagaimanakah perbandingan SUTT dengan SKTT?
10. Apa yang dimaksud dengan isolator jaringan tenaga listrik.
11. Kemukakan alasan anda bagaimana jika saluran jaringan transmisi tenaga listrik tidak menggunakan isolator
12. Apa yang penting diperhatikan dalam pemakaian isolator jaringan transmisi tenaga listrik
13. Bagaimana kriteria dalam pemilihan bahan isolator jaringan transmisi tenaga listrik
14. Apa kegunaan isolator jaringan transmisi tenaga listrik?
15. Kenapa kapasitansi diabaikan pada jaringan transmisi jarak pendek?
16. Kenapa daya pada jaringan transmisi yang diterima pada ujung penerima lebih kecil dari daya yang dikirimkan dari ujung pengiriman. ?
17. Uraian perbedaan transmisi jarak menengah dengan jarak jauh?
18. Apakah beda regulasi dan efisiensi jaringan transmisi tenaga listrik?
19. Kenapa kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti.
20. Tuliskan 3 faktor yang mempengaruhi perusahaan penyaluran jaringan transmisi tenaga listrik.
21. Apakah tujuan perencanaan sistem transmisi ?
22. Apa yang harus dilakukan jika pada penyaluran tenaga listrik dengan jarak yang relatif panjang?
23. Apa yang dimaksud dengan outline tower

24. Kenapa perencanaan sistem jaringan transmisi harus dirancang semaksimal mungkin

F. Rangkuman

Menara atau tiang transmisi adalah suatu bangunan penopang saluran transmisi yang dapat berupa menara baja, tiang baja, tiang beton bertulang dan tiang kayu.

Tiang baja, beton atau kayu umumnya digunakan pada saluran - saluran dengan tegangan kerja relatif tinggi dan extra tinggi digunakan menara baja. Menara baja dibagi sesuai dengan fungsinya, yaitu : menara dukung, menara sudut, menara ujung, menara percabangan dan menara transposisi.

Konstruksi menara baja merupakan jenis konstruksi transmisi saluran udara tegangan tinggi (SUTT) ataupun transmisi saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang paling banyak digunakan di jaringan PLN.

Ada dua kategori saluran transmisi yaitu *overheadlines* dan saluran kabel tanah (*underground cable*). Yang pertama menyalurkan tenaga listrik melalui kawat- kawat yang digantung pada menara atau tiang transmisi dengan perantaraan isolator - isolator, sedangkan kategori yang kedua menyalurkan tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanam dibawah permukaan tanah. Keduanya mempunyai keuntungan dan kerugian sendiri-sendiri, dibandingkan saluran udara, saluran bawah tanah tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, taufan, hujan angin, bahaya petir dan sebagainya. Lagipula, saluran bawah tanah lebih estetik karena tidak mengganggu pemandangan. Karena alasan terakhir. saluran bawah tanah lebih disukai, terutama untuk daerah yang padat penduduknya dan di kota-kota besar. Namun biaya pembangunannya jauh lebih mahal dibandingkan dengan saluran udara, dan perbaikannya jauh lebih sukar bila terjadi gangguan hubung singkat dan kesukaran- kesukaran lain.

Jenis yang digunakan pada saluran transmisi adalah jenis porselin atau gelas. Menurut penggunaan dan konstruksinya dikenal tiga jenis isolator yaitu, isolator jenis pasak, isolator jenis pos-saluran, isolator gantung.

Isolator jenis pasak dan isolator jenis possalurandigunakan pada saluran transmisi dengan kerjarelatif rendah (kurang dari 22 - 33 kV), sedang isolatorgantung dapat digandeng menjadi rentengan isolator yang jumlahnya disesuaikan kebutuhan. Jika jaringan dipakai untuk menyalurkan tenaga listrik tidak timbul panas yang berlebihan atau rugi tegangan yang besar. Isolasinya juga harus sesuai dengan sistem tegangan yang digunakan, semakin besar sistem tegangan yang dipakai menuntut pula isolasi yang lebih besar.

Regulasi sebuah transmisi didefinisikan sebagai : “Kenaikkan tegangan pada ujung penerima ketika beban penuh diputuskan, di mana tegangan pada ujung pengiriman konstant.” Efisiensi jaringan didefinisikan sebagai: “Perbandingan antara daya penerimaan dengan daya yang dikirimkan”.

Pembangunan saluran udara tegangan tinggi harus sudah melalui proses rancang bangun yang aman bagi lingkungan serta sesuai dengan standar keamanan internasional, Salah satu tujuan perencanaan sistem transmisi adalah menemukan ukuran konduktor yang sesuai sehingga kehilangan daya dapat diminimalisir dan perkiraan biaya yang dibutuhkan dapat diketahui.Pemilihan tegangan saluran transmisi berkaitan erat dengan kapasitas daya yang disalurkan.Perencanaan suatu jaringan juga meliputi penentuan ukuran tipe konduktor kawat berkas (*bundle conductor*) lebih tepat bila digunakan pada tegangan transmisi dengan tegangandiatas 230 kV, tetapi dapat juga digunakan untuk tegangan transmisi yang lebih rendah apabila dibutuhkan kapasitas saluran transmisi yang lebih baik dan tinggi.Pada umumnya ditemukan bahwa jaringan transmisi tegangan rendah lebih ekonomis dari pada tegangan tinggi untuk jalur transmisi kurang dari 2 km. Untuk sistem tenaga listrik yang besar (*power utility*) biaya untuk sistem distribusi bisa mencapai 50 % - 60 % investasi keseluruhan yang diperlukan untuk sistem tenaga listrik.Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan jalur transmisi adalah sebagai berikut;

- a. Jalur transmisi terletak pada lokasi yang mudah untuk diakses
- b. Ditempatkan pada lokasi tanah yang kokoh dan relative stabil
- c. Legalitas dan pembebasan lahan yang digunakan jalur transmisi tidak mengalami masalah.

- d. Tempatkan jalur transmisi dengan jarak yang aman dengan gedung dan pohon.
- e. Jangan tempatkan tiang listrik pada sisi bukit atau bidang yang miring.
- f. Minimalkan belokan pada jaringan transmisi

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Bandingkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia. Hitunglah jumlah jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus dibawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah Jawaban benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Jika anda mencapai tingkat penguasaan 75 % keatas, anda dapat meneruskan ke modul berikutnya. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih dibawah 75 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

(*Catatan* : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

1. Kegiatan Pembelajaran 1

Pilihan Ganda

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

2. Kegiatan Pembelajaran 2

Konstruksi Menara/Tiang Jaringan Transmisi Tenaga Listrik

Kunci Jawaban

A. Pilihan Ganda

1. C
2. C
3. B
4. C
5. A
6. B
7. D
8. C
9. D
10. B
11. D
12. A
13. A

14. D
15. B
16. B
17. C
18. B
19. C
20. A
21. B
22. D
23. A
24. C
25. D

B. Essay

1. Kontruksi dari menara baja yaitu :
 - a. Pondasi
 - b. Stub
 - c. Leg
 - d. Common Body
 - e. Super structure
 - f. Cross arm
 - g. "K" frame
 - h. Bridge
 - i. Rambu tanda bahaya
 - j. Rambu identifikasi menara dan penghantar / jalur.
 - k. Anti Climbing Device (ACD)
 - l. Step bolt
 - m. Halaman menara
2. Konstruksi bangunan yang kokoh yang berfungsi untuk menyangga/merentang kawat penghantar tegangan tinggi atau ekstra tinggi dengan ketinggian dan jarak yang cukup agar aman bagi manusia serta lingkungan sekitarnya.

3. Konstruksi menara baja ini merupakan jenis konstruksi transmisi saluran udara tegangan tinggi (SUTT) ataupun transmisi saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET). Hal ini dikarenakan mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya. Selain itu harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan saluran bawah tanah serta pemeliharaannya yang mudah
4.
 - a. Jarak antar stub harus benar
 - b. Sudut kemiringan stub harus sesuai dengan kemiringan kaki menara
 - c. Level titik hubung stub dengan kaki menara tidak boleh beda 2 mm (milimeter)
5. Perbedaannya adalah
 - a. Cross arm
Merupakan bagian menara yang berfungsi untuk tempat menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta clamp kawat petir. Pada umumnya cross arm berbentuk segitiga kecuali menara jenis tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat.
 - b. "K" frame
Merupakan bagian menara yang terhubung antara common body dengan bridge maupun cross arm. "K" frame terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri. "K" frame tidak dikenal di tower jenis pyramid.
6. Sistem tegangan dari pembangkit sampai gardu induk sebesar 220kV, gardu induk ke gardu distribusi sebesar 60 kV, dari gardu distribusi ke transformator konsumen 15 kV, dan tegangan ke konsumen 220/380 V, 50 Hz.
7. Dengan menggunakan saluran udara :
 - (1) Isolasinya lebih mudah,
 - (2) Pendinginannya lebih baik,
 - (3) Gangguan-gangguan lebih mudah diatasi,
 - (4) Jauh lebih murah dari sistem saluran bawah tanah.
8. Keuntungannya :

- Harganya murah
- Pemasangan mudah dan tidak diperlukan keahlian khusus dan peralatan khusus

Kerugiannya :

- Mudah terpengaruh gangguan, kemudian pemuaian lebih cepat dibandingkan dengan kabel tutup.
9. Konfigurasi jaringan pada umumnya single atau double sirkuit, dimana 1 sirkuit terdiri dari 3 fasa dengan 3 atau 4 kawat. Biasanya hanya 3 kawat dan penghantar netralnya digantikan oleh tanah sebagai saluran kembali.
 10. Isolator jaringan tenaga listrik merupakan alat tempat menopang kawat penghantar jaringan pada tiang-tiang listrik yang digunakan untuk memisahkan secara elektrik dua buah kawat atau lebih
 11. Terjadi kebocoran arus (*leakage current*) atau loncatan bunga api (*flash over*) sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada sistem jaringan tenaga listrik.
 12. Menentukan pemakaian isolator berdasarkan kekuatan daya isolasi (*dielectric strength*) dan kekuatan mekanis (*mechanical strength*) bahan-bahan isolator yang dipakai. Karena sifat suatu isolator ditentukan oleh bahan yang digunakan.
 13. Bahan isolator harus memiliki resistansi yang tinggi untuk melindungi kebocoran arus dan memiliki ketebalan yang secukupnya (sesuai standar) untuk mencegah breakdown pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagai pertahanan fungsi isolasi tersebut. Kondisinya harus kuat terhadap goncangan apapun
 14. Kemampuan suatu bahan untuk mengisolir atau menahan tegangan yang mengenainya tanpa menjadikan cacat atau rusak tergantung pada kekuatan dielektriknya. Fungsi utama isolator adalah :
 - a. Untuk penyekat / mengisolasi penghantar dengan tanah dan antar penghantar dengan penghantar.

- b. Untuk memikul beban mekanis yang disebabkan oleh berat penghantar dan / atau gaya tarik penghantar.
 - c. Untuk menjaga agar jarak antar penghantar tetap (tidak berubah).
15. Jaraknya yang pendek dan rendah tegangannya, pengaruh kapasitansi sangat kecil,
 16. Karena terdapat rugi-rugi jaringan, karena tekanan penghantar jaringan
 17. Kategori jaringan transmisi jarak menengah, dalam hal ini kapasitansi jaringan diperhitungkan mengingat jarak dan besarnya tegangan kerja. Kapasitansi jaringan jarak menengah secara seragam didistribusikan ke seluruh panjang jaringan dan dianggap terpusat pada satu titik atau lebih. Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di atas 150 Km dan tegangan kerja di atas 100 KV, termasuk pada kategori transmisi jarak jauh. Dalam jaringan ini impedansi dan admitansi diperhitungkan secara seragam, didistribusikan sepanjang jaringan dan tidak lagi dianggap berkumpul pada satu tempat atau lebih.
 18. Regulasi". Regulasi sebuah transmisi didefinisikan sebagai : "Kenaikkan tegangan pada ujung penerima ketika beban penuh diputuskan, di mana tegangan pada ujung pengiriman konstant." Dan ini pada umumnya ditunjukkan dalam bentuk prosentase tegangan ujung penerimaan. Efisiensi jaringan didefinisikan sebagai : "Perbandingan antara daya penerimaan dengan daya yang dikirimkan".
 19. Kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan termal dari penghantar, jatuh tegangan (*drop voltage*) yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan kestabilan sistem
 20. Faktor yang mempengaruhinya yaitu
 - a. Faktor gangguan dalam bentuk kenaikan beban
 - b. Peralatan usang

c. Keterbatasan dana

21. Menemukan ukuran konduktor yang sesuai sehingga kehilangan daya dapat diminimalisir dan perkiraan biaya yang dibutuhkan dapat diketahui. Untuk transmisi tegangan tinggi dimana digunakan trafo untuk menaikkan tegangan (*step-up*) dan trafo untuk menurunkan tegangan (*step-down*). Dengan tegangan yang lebih besar arus yang mengalir dalam konduktor lebih kecil sehingga dapat digunakan konduktor yang lebih kecil dimana harga akan lebih murah. Harga yang lebih murah untuk konduktor berlawanan dengan harga dua trafo yang dibutuhkan, satu pada awal jalur transmisi dan satu pada akhir jalur transmisi. Biaya dengan sistem tegangan tinggi tidak hanya trafo tapi juga perawatan trafo (pengecekan isolasi dan penggantian oli). Selain itu isolasi yang lebih mahal dibutuhkan untuk penempatan kabel pada penyangga tiang (*support poles*).
22. Maka dalam transmisinya biasanya cenderung untuk menaikkan tegangannya ketinggian tegangan yang lebih tinggi. Dengan cara ini maka daya guna penyaluran akan lebih efektif karena rugi-rugi transmisi dapat diturunkan.
23. Outline tower adalah informasi dan perencanaan dari sebuah menara (tower) informasi ini sangat dibutuhkan oleh seorang perencana dalam merencanakan suatu sistem jaringan transmisi.
24. Karena perencanaan jaringan transmisi harus dirancang semaksimal mungkin, untuk perkembangan dikemudian hari. Selain pemeliharaan sistem yang berkesinambungan sesuai jadwal yang ditentukan seringkali berakibat fatal pada sistem jaringan justru karena kelalaian dalam cara pemeliharaan yang sebenarnya, disamping perencanaan awal yang kurang memenuhi syarat. Apalagi sistem transmisi merupakan bagian yang paling banyak mengalami gangguan-gangguan sehingga bisa mengganggu kontinuitas aliran tenaga listrik pada konsumen.

EVALUASI

A. Pilihan ganda

1. Perhatikan gambar di bawah ini



Menurut konstruksinya tergolong jenis menara transmisi apa?

- a. Tubular steel pole
 - b. Lattice tower
 - c. Section tower
 - d. Tension tower
2. Dibawah yang tidak termasuk keuntungan transmisi dengan saluran udara adalah
- a. Isolasi lebih mudah
 - b. Pendingannya baik
 - c. Gangguan lebih mudah diatasi dengan cepat
 - d. Biaya yang tidak murah

3. Menara jaringan transmisi yang berfungsi sebagai tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impedansi transmisi adalah
 - a. Tension tower
 - b. Suspension tower
 - c. Transposition tower
 - d. Gantry tower

4. Saluran udara transmisi yang memiliki tegangan operasi 30Kv sampai 150kV tergolong klasifikasi saluran transmisi yang mana
 - a. SUTET
 - b. SUTT
 - c. SUTM
 - d. SKTT

5. Bagian menara bagian bawah yang terhubung antara leg dengan badan tower bagian atas adalah
 - a. Common body
 - b. Stub
 - c. Leg
 - d. Cross arm

6. Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di bawah 80 Km dengan tegangan operasi di bawah 20 kV termasuk klasifikasi jaringan transmisi yang mana?
 - a. Jaringan transmisi jarak pendek
 - b. Jaringan transmisi jarak menengah atas
 - c. Jaringan transmisi jarak jauh
 - d. Jaringan transmisi jarak sangat pendek

7. Saluran transmisi yang lebih banyak digunakan di Indonesia adalah
 - a. Saluran kabel bawah tanah
 - b. Saluran isolasi gas
 - c. Saluran udara
 - d. Saluran bawah laut

8. Di bawah ini adalah faktor yang mempengaruhi pengusahaan perencanaan penyaluran energi listrik, yang bukan adalah
- Faktor gangguan dalam bentuk kenaikan beban
 - Keterbatasan dana
 - Peralatan yang tidak tersedia
 - Peralatan yang usang
9. Berikut ini kelemahan saluran udara tegangan tinggi, manakah yang bukan kelemahan saluran udara tegangan tinggi.
- Pada saat proses pembangunan memerlukan koordinasi dan penanganan yang kompleks, karena harus melibatkan banyak pihak.
 - Adanya permintaan dan pertumbuhan beban yang sangat tinggi.
 - Mahal dalam instalasi dan investasi serta sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.
 - Berada diruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap kehandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar, seperti gangguan hubungan singkat.
10. Termasuk jenis isolator apakah gambar di bawah ini



- Jenis ball
- Jenis Clevis
- Jenis Pasak
- Jenis pos udara

11. Yang menjadi perhitungan dalam perhitungan kategori transmisi jarak jauh adalah
- Impedansi
 - Admitansi
 - Impedansi dan Admitansi
 - Kapasitansi
12. Disebut apakah apabila terjadi perbedaan antara tegangan pengiriman dan tegangan penerimaan,..
- Regulasi
 - Drop tegangan
 - Efisiensi
 - Kapasitansi
13. Yang termasuk kategori jaringan transmisi jarak jauh adalah
- Jarak dibawah 150 Km dan tegangan kerja 100 Kv
 - Jarak diatas 150 Km dan tegangan kerja 100 kV
 - Jarak dibawah 150 Km dan tegangan kerja <100 kV
 - Jarak dibawah 150 Km dan tegangan kerja 100 kV
14. Yang tidak termasuk hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan jalur transmisi adalah
- Legalitas dan pembebasan lahan yang digunakan jalur transmisi tidak mengalami masalah
 - Ditempatkan pada lokasi tanah yang kokoh dan relative stabil.
 - Jalur transmisi terletak pada lokasi yang susah untuk diakses
 - Tempatkan jalur transmisi dengan jarak yang aman dengan gedung dan pohon
15. Pada kondisi konduktor mengalami perubahan dari lurus menjadi berbelok maka akan ada gaya menyamping pada tiang. Dari pernyataan di samping, apa yang di harus dilakukan dalam penempatan jalur transmisi?
- Tempatkan pada lokasi yang mudah di akses

- b. Tempatkan jalur pada jarak yang aman
- c. Minimalkan belokan pada pada jalur transmisi
- d. Jangan tempatkan tiang pada sisi bukit

B. Essay

1. Jelaskan fungsi menara jaringan tenaga listrik?
2. Apakah permasalahan dalam pemasangan saluran udara tegangan ekstra tinggi?
3. Jelaskan pendapat anda yang menjadi pertimbangan pertama dalam merancang bangun jaringan transmisi adalah
4. Apakah beda antara section tower dengan tension tower?
5. Apakah yang dimaksud dengan isolator jaringan tenaga listrik?
6. Tuliskan kekurangan saluran udara transmisi tenaga listrik
7. Apakah beda regulasi dan efisiensi jaringan transmisi tenaga listrik?
8. Kenapa kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti.
9. Tujuan perencanaan sistem transmisi adalah
10. Tuliskan hal apa sajakah yang termasuk dalam perencanaan jaringan transmisi tenaga listrik.

PENUTUP

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari Generator Station/ Pembangkit Listrik. Selain itu, transmisi merupakan proses penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lainnya, yang besaran tegangannya adalah Tegangan Ultra Tinggi (TUT), Tegangan Ekstra Tinggi (TET), Tegangan Tinggi (TT), Tegangan Menengah (TM), dan Tegangan Rendah (TR). Jaringan *overhead* lebih banyak digunakan dengan konstruksi menara baja ini dikarenakan mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya dengan menggunakan udara sebagai isolasi kabel, kabel lebih murah serta biaya instalasi lebih sederhana dan mudah.

Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di bawah 80 Km dan tegangan operasinya di bawah 20 KV, adalah termasuk pada klasifikasi jaringan transmisi jarak pendek. Jaringan transmisi yang mempunyai panjang antara 80 – 150 Km dan tegangan jaringan antara 20 – 100 KV, termasuk pada kategori jaringan transmisi jarak menengah, dalam hal ini kapasitas jaringan diperhitungkan mengingat jarak dan besarnya tegangan kerja. Standar tegangan tinggi yang berlaku di Indonesia adalah 30kV, 70kV, 150kV dan 500kV. Sebelum pembangunan saluran transmisi tentu saja harus memperhatikan hal-hal yang mempengaruhi perancangan peralatan tegangan tinggi yang nantinya digunakan dalam proses penyaluran energi listrik misalnya kondisi tanah tempat tower, jarak antar kawat – kawat (konduktor), pemilihan kawat (konduktor) yang ekonomis, jumlah isolator, perhitungan tegangan tarik andongan dari kawat yang dibentang, pentanahan kaki tower transmisi dan penentuan kawat pelindung petir. Sehingga hasil yang diharapkan dari perencanaan peralatan tegangan tinggi adalah dapat menghasilkan proses penyaluran energi listrik yang efektif dan efisien. Keuntungan transmisi (*transmission capability*) dengan tegangan lebih tinggi akan menjadi jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi (*transmission capability*) suatu saluran transmisi. Kemampuan ini biasanya dinyatakan dalam Mega Volt Ampere (MVA).

GLOSARIUM

Transmisi	Sistem penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (Power Plant) hingga Saluran distribusi listrik (substation distribution)
Isolasi	Bahan yang dipakai untuk menyekat penghantar dari penghantar lain dan dari selubungnya
Penghantar	Kawat yg menyalurkan tenaga listrik
Konfigurasi	Susunan kawat fasa pada menara transmisi
Menara	Penyangga kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan
Gardu induk	Sub sistem dari sistem penyaluran(transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi)terdiri dari peralatan listrik berupa instrumen pengukuran, pengaman serta penaik dan penurun tegangan
Generator station	Pusat pembangkit tenaga listrik
Gas SF6	Salah satu media isolasi yang baik, dapat berfungsi sebagai penyekat antara bagian bertegangan dengan ground hanya dengan jarak yang sangat pendek jika di dibandingkan dengan isolasi udara
Direduksi	Pengurangan nilai
Drop	Penurunan
Konduktor	Benda atau bahan penghantar panas, arus listrik,
Poly etheline	Termoplastik yang digunakan secara luas oleh konsumen produk sebagai kantong plastik / berbahan dari plastik
Elektris	Bersifat listrik
Arus bocor	Adanya arus yg terjadi bila Isolasi dari penghantar tidak memenuhi standar/syarat, baik itu antar penghantar maupun dengan tanah/ground.
Arus	Banyaknya muatan yang bergerak persatuan waktu.
Tegangan	Usaha yang diberikan pada setiap muatan untuk dapat bergerak.

Daya	Usaha yang dilakukan untuk menggerakkan muatan persatuan waktu.
Overhead lines	Saluran udara, jenis saluran yang terdapat pada sistem transmisi, diantaranya SUTT dan SUTET
Transposisi	Pertukaran posisi penghantar-penghantar pada saluran 3 fasa setiap satu pertiga panjang saluran.
Kawat Berkas	Kawat penghantar yang terdiri dari dua kawat atau lebih dalam satu fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., dan Supriyono, Widodo. (1991). Psikologi Belajar. Jakarta : Rineka Cipta.
- Aslimeri, dkk. (2008). *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 2 untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- Aslimeri, dkk. 2010. *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 3 SMK*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan.
- Daman Suswanto. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Mahasiswa Teknik Elektro*. Padang : Jurusan Teknik Elektro: FT-UNP.
- Joko pramono, dkk. 2010. Makalah Teknik Tenaga Listrik "Transmission Of Electrical Energy (Transmisi Tenaga Listrik)". Jakarta : FT-UI Departemen Teknik Elektro.
- John W Santrok. 2007. *Perkembangan Anak Edisi 11*. Erlangga Jakarta
- Kurnia, Ingridwati, dkk. 2007. *Perkembangan belajar Peserta Didik*. Jakarta: Depdiknas.
- MIF Baehaqi, Sugiarnin. 2008. *Memahami dan Membantu Anak ADHD*. Aditya: Bandung.
- Modul Bahan Ajar SMK Kelas XI SM 3 Kurikulum 2013 Teknik Jaringan Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta : PPPPTK bekerjasama dengan Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan nasional.
- PT PLN PERSERO. 2010. *Buku 5 Standar konstruksi Jaringan Tegangan menengah tenaga listrik*.
- Rooijackers, Ad. 1988. *Mengajar dengan Sukses*. Jakarta : Gramedia.
- Rosita. (-). *Diagnosis Kesulitan Belajar*. Handout.

Syah, Muhibbin. 2001. Psikologi Pendidikan Suatu Pendekatan Baru. Bandung
: Remaja Rosdakarya.

Thabrany, Hisbullah. 1994. Rahasia Sukses Belajar. Raja Grafindo Persada

Widen Lukmantono, dkk. *Studi Perencanaan Saluran Transmisi 150 kV Bambe
Incomer*. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro-FTI, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

William.D.Stevenson, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi 4