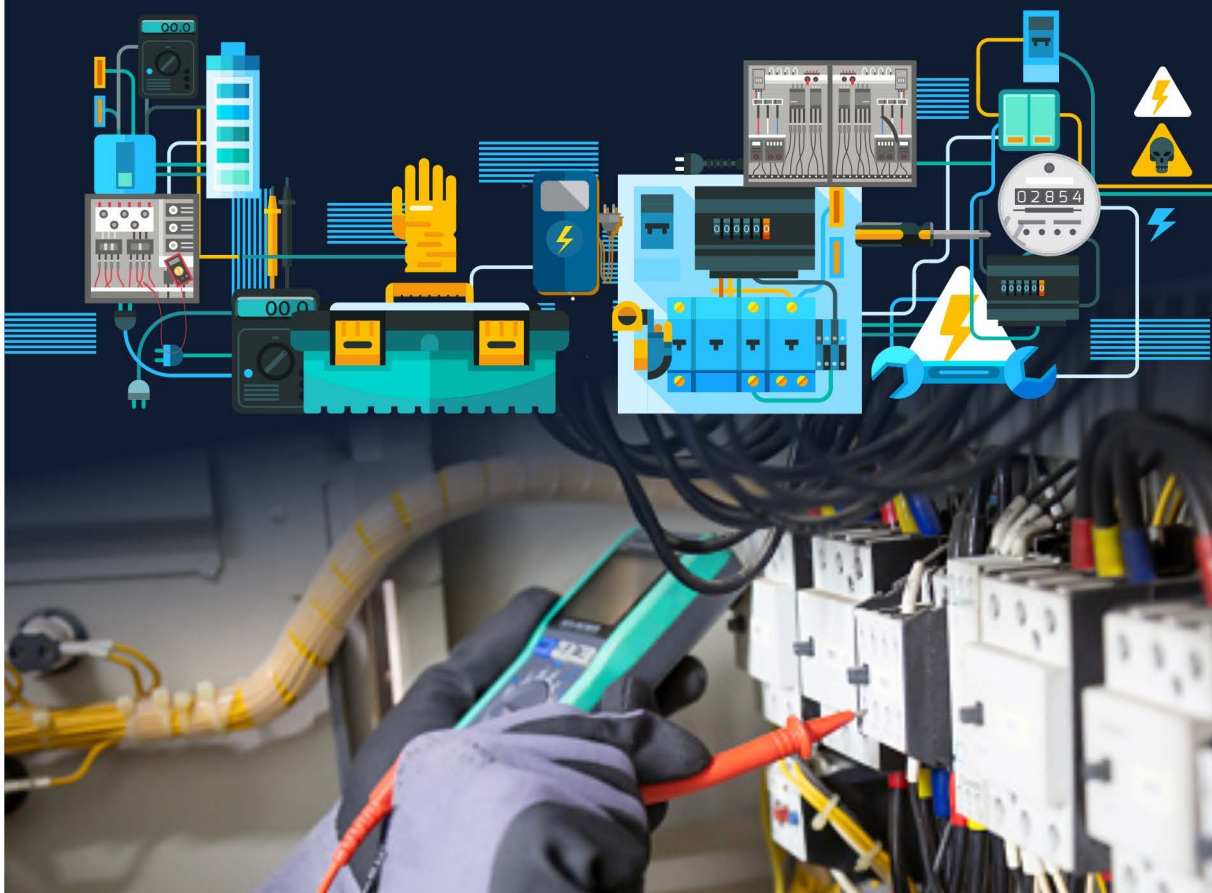


Dr. Ir. Djoko Laras B.T.
Ir. Muhammad Ali, M.T.
Renaldo Rizqi Yanuar, M.Pd.

Pemeriksaan dan Pengujian **SISTEM TENAGA LISTRIK**



Pemeriksaan dan Pengujian SISTEM TENAGA LISTRIK

Dr. Ir. Djoko Laras B.T.
Ir. Muhammad Ali, M.T.
Renaldo Rizqi Yanuar, M.Pd.

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG HAK CIPTA**

Pasal 2

Undang-Undang ini berlaku terhadap:

- a. semua Ciptaan dan produk Hak Terkait warga negara, penduduk, dan badan hukum Indonesia;
- b. semua Ciptaan dan produk Hak Terkait bukan warga negara Indonesia, bukan penduduk Indonesia, dan bukan badan hukum Indonesia yang untuk pertama kali dilakukan Pengumuman di Indonesia;
- c. semua Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dan pengguna Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait bukan warga negara Indonesia, bukan penduduk Indonesia, dan bukan badan hukum Indonesia dengan ketentuan:
 1. negaranya mempunyai perjanjian bilateral dengan negara Republik Indonesia mengenai perlindungan Hak Cipta dan Hak Terkait; atau
 2. negaranya dan negara Republik Indonesia merupakan pihak atau peserta dalam perjanjian multilateral yang sama mengenai perlindungan Hak Cipta dan Hak Terkait.

**BAB XVII
KETENTUAN PIDANA**

Pasal 112

Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (3) dan/atau Pasal 52 untuk Penggunaan Secara Komersial, dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 (dua) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp300.000.000,00 (tiga ratus juta rupiah).

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Pemeriksaan dan Pengujian SISTEM TENAGA LISTRIK

Dr. Ir. Djoko Laras B.T.
Ir. Muhammad Ali, M.T.
Renaldo Rizqi Yanuar, M.Pd.



Pemeriksaan dan Pengujian Sistem Tenaga Listrik

Oleh:

Dr. Ir. Djoko Laras B.T., dkk.

ISBN: 978-602-498-309-3

Edisi Pertama, Oktober 2021

Diterbitkan dan dicetak oleh:

UNY Press

Jl. Gejayan, Gg. Alamanda, Komplek Fakultas Teknik UNY

Kampus UNY Karangmalang Yogyakarta 55281

Telp: 0274 – 589346

Mail: unypenerbita@uny.ac.id

© 2021 Dr. Ir. Djoko Laras B.T., dkk

Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

Anggota Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

Editor : Dr. Soeharto

Desain Sampul : Ngadimin

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Prakata

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku dengan judul *Inspeksi dan Tes Sistem Kelistrikan Mengacu Standar PUIL dan SNI* ini. Buku ini disusun guna melengkapi pustaka tentang Teknik Tenaga Listrik yang masih kurang di Indonesia. Dengan hadirnya buku ini, mahasiswa dapat lebih mudah belajar mata kuliah Teknik Inspeksi dan Tes Sistem Tenaga Listrik sehingga diharapkan mampu membekali bidang ilmu teknik elektro.

Buku ini membahas tentang materi teknik Inspeksi dan Tes Sistem Kelistrikan baik teori maupun aplikasinya dalam dunia kerja. Secara garis besar, buku ini membahas tentang konsep dasar sistem tenaga listrik, potensi bahaya listrik, Inspeksi Sistem Tenaga Listrik, Pengujian Sistem Tenaga Listrik, Inspeksi dan Tes pada Pembangkit Listrik, Saluran Transmisi, Jaringan Distribusi, Instalasi Listrik Pemakaian dan Sistem Proteksi. Pembahasan dilengkapi dengan contoh aplikasi, baik di sistem tenaga listrik baik rumah tangga maupun industri sehingga akan memudahkan pembaca dalam memahaminya.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyempurnaan buku ini. Tidak ada gading yang tidak retak, demikian pula dengan buku ini yang masih jauh dari kata sempurna. Kritik, saran, dan masukan akan sangat diharapkan dan semoga buku ini dapat memberikan manfaat. Amin.

Yogyakarta, 1 Oktober 2021

Daftar Isi

HALAMAN JUDUL.....	i
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1	
DASAR SISTEM TENAGA LISTRIK.....	1
1.1. Pengantar	1
1.2. Komponen Sistem Tenaga Listrik	2
1.3. Latihan Soal	21
BAB 2	
POTENSI BAHAYA LISTRIK.....	25
2.1. Bahaya Listrik.....	26
2.2. Penyebab Kecelakaan Akibat Listrik	30
2.3. Persyaratan Sistem Instalasi Listrik	34
2.4. Latihan Soal	38
BAB 3	
INSPEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK.....	41
3.1. Inspeksi	41
3.2. Ruang Lingkup Pekerjaan Inspeksi Tenaga Listrik.....	42
3.3. Pemeriksaan Dokumen	46
3.4. Pemeriksaan Visual.....	47
3.5. Pemeliharaan.....	48
3.6. Pelaksanaan Pemeriksaan.....	51
3.7. Latihan Soal	54
BAB 4	
PENGUJIAN SISTEM DAN PERALATAN TENAGA LISTRIK...	57
4.1. Pendahuluan	57
4.2. Jenis Pengujian Sistem Tenaga Listrik	58
4.3. <i>Testing</i> dan Komisioning Pekerjaan Kelistrikan	62

4.4. Regulasi dan Standar	63
4.5. Persiapan Pengujian	65
4.6. Pelaksanaan Pengujian	69
4.7. Pelaporan Kegiatan Inspeksi dan Pengujian	71
4.8. Latihan Soal	72
BAB 5	
INSPEKSI DAN TES UNIT PEMBANGKIT LISTRIK.....	75
5.1. Jenis-jenis Pembangkit Listrik.....	76
5.2. Regulasi dan Standar	82
5.3. Persiapan Inspeksi dan Pengujian	84
5.4. Pemeriksaan	87
5.5. Pengujian.....	91
5.6. Pelaksanaan Pengujian	98
5.7. Pelaporan Kegiatan Inspeksi dan Pengujian	99
5.8. Latihan Soal	101
BAB 6	
INSPEKSI DAN TES SALURAN TRANSMISI	105
6.1. Pendahuluan	105
6.2. Jenis Saluran Transmisi.....	108
6.3. Komponen Saluran Transmisi Tenaga Listrik	111
6.4. Latihan Soal	147
BAB 7	
INSPEKSI DAN TES JARINGAN DISTRIBUSI.....	149
7.1. Pengantar	149
7.2. Klasifikasi Jaringan Distribusi	151
7.3. Topologi Jaringan Distribusi	155
7.4. Komponen Jaringan Distribusi	162
7.5. Pemeriksaan dan Pengujian Jaringan Distribusi	175
7.6 Latihan Soal.....	187

BAB 8	
INSPEKSI DAN TES INSTALASI PEMANFAATAN	191
8.1. Prinsip Dasar Instalasi Listrik	191
8.2. Pemilihan Perlengkapan Listrik	195
8.3. Kode Proteksi International	197
8.4. Pentanahan.....	198
8.5. Pengujian.....	205
8.6. Latihan Soal	221
BAB 9	
INSPEKSI DAN TES SISTEM PROTEKSI PETIR	225
9.1. Pendahuluan	225
9.2. Sistem Proteksi Petir.....	229
9.3. Pemeriksaan dan Pengujian Sistem Proteksi Petir.....	238
9.4. Latihan Soal	242
 DAFTAR PUSTAKA.....	 245

BAB 1

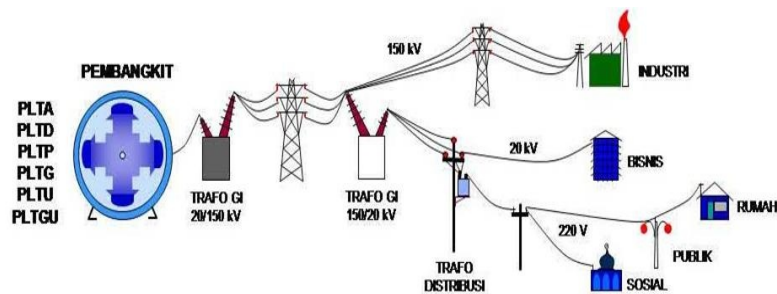
DASAR SISTEM TENAGA LISTRIK

1.1. Pengantar

Di era modern saat ini, kehidupan manusia sangat sulit untuk dipisahkan dari energi listrik. Manusia sekarang sangat bergantung pada energi listrik sehingga banyak yang mengatakan bahwa tanpa listrik manusia akan mengalami kehampaan dalam kehidupan. Kondisi ini dapat dilihat dari berbagai peralatan yang digunakan manusia kebanyakan membutuhkan energi listrik seperti lampu, televisi, kipas angin, komputer, telepon, penanak nasi, radio, pompa air, setrika, alat cukur, alat pijat, alat olahraga, dan berbagai macam peralatan lain yang hampir semuanya membutuhkan listrik sebagai sumber energi. Bahkan dalam bidang transportasi sekarang mulai beralih menggunakan energi listrik seperti sepeda listrik, becak listrik, mobil listrik, dan kereta api listrik.

Pertimbangan utama listrik menjadi pilihan utama kebutuhan energi manusia modern yaitu karena energi listrik mempunyai kelebihan dibanding energi lainnya yaitu: 1) mudah dibangkitkan, 2) mudah diubah menjadi energi lain, 3) mudah ditransmisi dan distribusikan, 4) efisiensi tinggi, 5)

kehandalan tinggi, 6) aman, dan 7) ramah lingkungan. Listrik yang digunakan manusia sehari-hari sebenarnya dihasilkan oleh pembangkit listrik lalu disalurkan melalui saluran transmisi dan didistribusikan ke konsumen-konsumen yang membutuhkannya seperti dapat dilihat pada Gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1. Diagram Sistem Tenaga Listrik

Gambar 1.1. menjelaskan tentang sistem tenaga listrik yang terdiri atas komponen-komponen yang saling bekerja sama untuk mencapai tujuan yaitu untuk menghasilkan sumber energi listrik yang berkualitas bagi konsumen sesuai dengan kebutuhannya. Untuk menghasilkan energi listrik yang berkualitas, dibutuhkan sistem tenaga listrik yang andal.

1.2. Komponen Sistem Tenaga Listrik

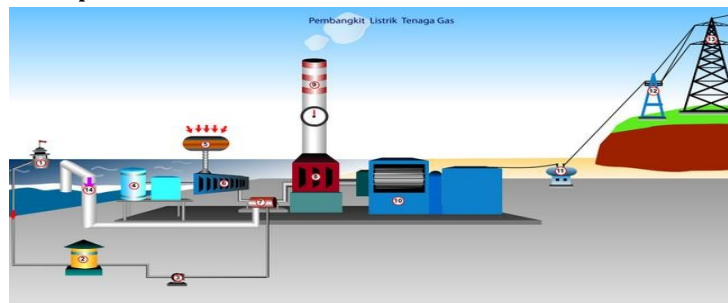
Sebagai sebuah sistem, tenaga listrik tersusun atas komponen-komponen yang saling bekerja sama dalam mewujudkan tujuan. Komponen utama penyusun sistem tenaga listrik yaitu:

1. Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik merupakan komponen sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi membangkitkan energi listrik dengan cara melakukan konversi dari energi lain. Energi lain yang banyak digunakan untuk membangkitkan energi listrik biasanya berasal dari gas, uap, panas bumi, air, angin, matahari, nuklir, dan energi-energi lainnya.

a. Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Pembangkit Listrik yang banyak digunakan di Indonesia yaitu pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) karena berbagai keunggulan dibanding dengan pembangkit listrik jenis lainnya. Salah satu keunggulannya yaitu dari segi efisiensi dan kebersihan lingkungan. Pembangkit listrik tenaga gas mempunyai efisiensi yang tinggi berkisar 85% dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan yang berat seperti pada PLTU. Gas yang digunakan adalah jenis gas alam atau LNG yang digunakan untuk memutar turbin yang disambung atau dikopel dengan mesin listrik (generator listrik). Karena mesin listrik pada sisi inputnya dihubungkan dengan turbin, maka mesin listrik berfungsi sebagai generator yang akan menghasilkan listrik di sisi output. Berikut ini gambaran proses pembangkitan energi listrik pada PLTG.

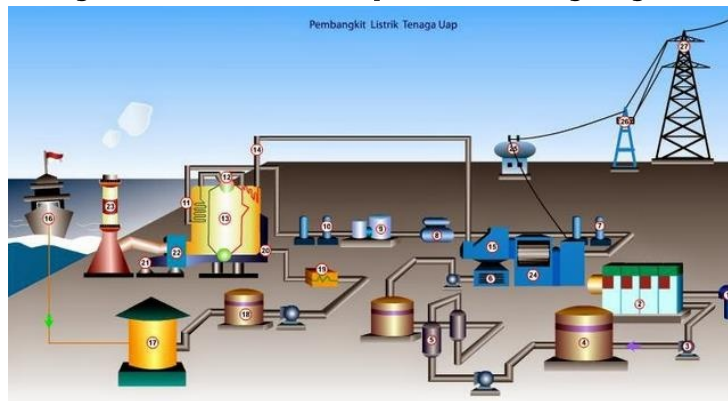


Gambar 1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Gas buang PLTG mempunyai suhu yang masih tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk PLTU. Pembangkit listrik tenaga gas yang gas buangnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar PLTU disebut dengan nama Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU).

b. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Batu Bara)

Pembangkit listrik lain yang banyak digunakan di Indonesia adalah PLTU yang menggunakan bahan baku batu bara. Batu bara digunakan untuk memasak air untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi yang kemudian digunakan untuk memutar turbin. Turbin disambung dengan generator sehingga akan menghasilkan energi listrik. PLTU dengan bahan baku batu bara mempunyai kelemahan yaitu efisiensi yang rendah dan abu hasil pembakaran batu bara yang dapat mengotori lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan peralatan penyedot abu batu bara agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.



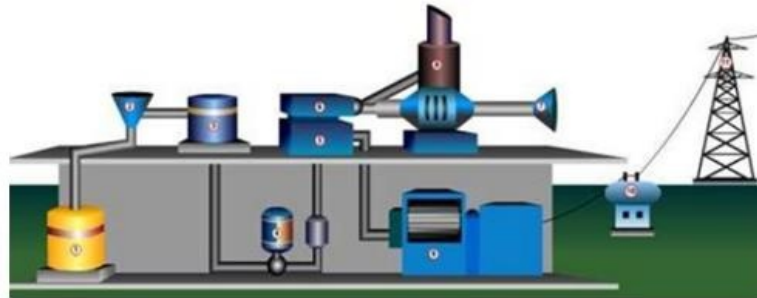
Gambar 1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU biasanya dibangun di dekat pantai dengan pertimbangan pengiriman batu bara melalui kapal laut. Selain kemudahan pengiriman batu bara, juga ketersediaan air untuk dimasak pada Boiler dan untuk pendingin

membutuhkan air dalam jumlah besar. Dengan lokasi di pinggir laut, menjadikan operasional pembangkit listrik tenaga uap lebih mudah dan ekonomis. Pembangkit Listrik Tenaga Uap dapat dijumpai di Batang, Cilacap Jawa Tengah, Paiton, Grati Jawa Timur, Muara Angke Jakarta, Suralaya, Pelabuhan Ratu Jawa Barat, PLTU Bali, Sumatra, dan PLTU lainnya.

c. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Minyak Solar)

Pembangkit listrik lainnya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan bahan bakar minyak solar. PLTD banyak digunakan untuk pembangkit listrik skala kecil dan digunakan untuk cadangan jika listrik utama padam. PLTD skala kecil sering disebut dengan istilah Genset (*Generator Set*) yang biasa ditemui di rumah, kantor, instansi maupun industri baik sebagai sumber utama maupun cadangan. Sebagai sumber energi utama PLTD atau genset banyak dipakai di industri yang belum ada aliran listrik dari PLN sehingga harus mempunyai sumber energi listrik sendiri. Selain itu, genset juga banyak dipakai untuk menggerakkan peralatan listrik seperti pompa air, gergaji listrik, mesin potong, mesin bor, dan mesin-mesin lainnya untuk membantu pekerjaan.

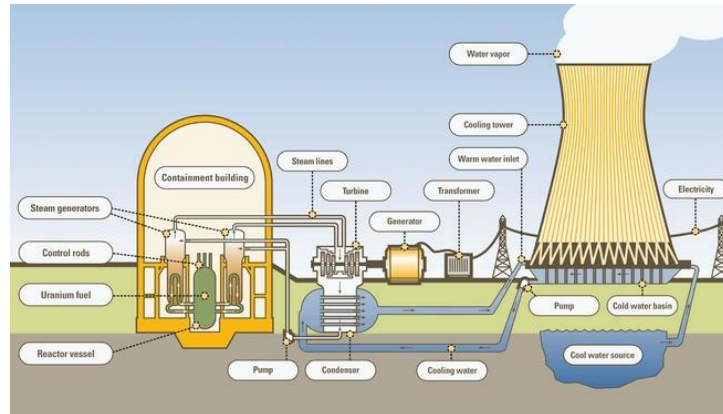


- | | | |
|---|------------------------------|-----------------------|
| 1. Tangki penyimpanan bahan bakar. | 4. Pengabut | 9. Generator |
| 2. Penyaring bahan bakar | 5. Mesin diesel. | 10. Trafo |
| 3. Tangki penyimpanan bahan bakar sementara | 6. Turbo charger. | 11. Saluran transmisi |
| | 7. Penyaring gas pembuangan. | |
| | 8. Tempat pembuangan gas. | |

Gambar 1.4. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

d. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

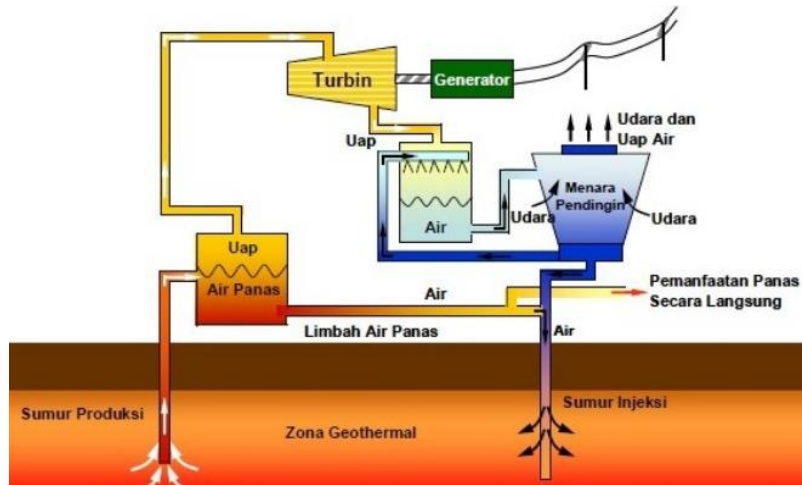
Pembangkit listrik yang banyak digunakan oleh negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, China, Korea, Taiwan, dan negara-negara Eropa, yaitu PLTN dengan bahan baku radio aktif. PLTN mempunyai keunggulan yaitu efisiensi yang sangat tinggi. Perbandingan efisiensi PLTN dan PLTU dapat dilihat dari penggunaan bahan baku 1 gram Uranium pada PLTN setara dengan 2 ton batu bara pada PLTU. Dengan efisiensi yang sangat tinggi maka biaya listrik dapat ditekan menjadi sangat murah. Akan tetapi, karena faktor keamanan banyak negara tidak berani menggunakan PLTN untuk pembangkit listrik utamanya.



Gambar 1.5. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

e. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (*Geo Thermal*)

Panas bumi atau *Geo Thermal* merupakan energi alam yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Indonesia sebagai negara yang mempunyai banyak gunung berapi mempunyai potensi panas bumi yang cukup melimpah. Salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi panas bumi yaitu PLTP Dieng Jawa Tengah, PLTP Kamojang Jawa Barat, dan PLTP Garut Jawa Barat. Prinsip kerja PLTP hampir mirip dengan PLTU, hanya pada PLTP tidak diperlukan pemasakan air untuk diubah menjadi uap. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTP berasal dari energi panas bumi yang ada di dalam tanah dan dipompa untuk digunakan memutar turbin generator. Dengan energi panas bumi, tidak perlu ada *boiler* atau pemasakan air untuk diubah menjadi uap. Secara sederhana proses pembangkitan energi listrik dengan panas bumi dapat dilihat pada Gambar 1.6.

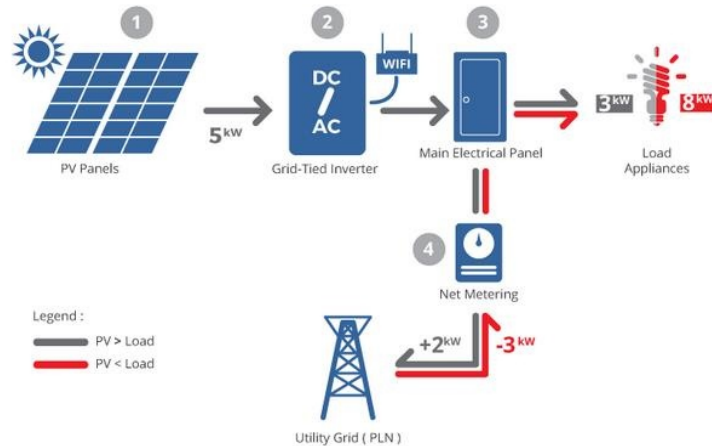


Gambar 1.6. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

f. Pembangkit Listrik Tenaga Matahari (Solar)

Sumber energi listrik masa depan adalah yang dapat diperbarui (*renewable energy*) seperti energi matahari, air, angin, bio gas, energi ombak, dan energi-energi yang dapat diperbarui lainnya. Energi matahari dipercaya mempunyai jumlah yang sangat besar dan tidak akan habis untuk jangka waktu yang sangat panjang, namun pemanfaatannya belum banyak diaplikasikan terutama untuk listrik. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Solar) merupakan alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Berbeda dengan pembangkit listrik tenaga gas, uap, nuklir dan diesel yang menghasilkan listrik dalam jumlah besar dan biasanya menggunakan listrik AC, PLT energi matahari biasanya berukuran relatif kecil dan menggunakan listrik DC. PLTS banyak digunakan untuk energi cadangan atau untuk suplai listrik di daerah yang belum teraliri energi listrik. Faktor biaya yang masih mahal dan umur peralatan

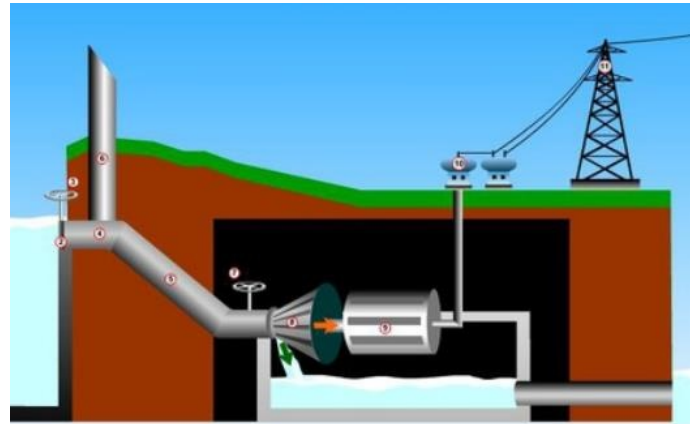
yang cukup pendek, menjadikan PLTS masih belum optimal. Namun, di masa mendatang di mana energi-energi lain akan mengalami habis (gas, batu bara, minyak bumi, nuklir) maka energi matahari menjadi solusi energi di masa mendatang.



Gambar 1.7. Pembangkit Listrik Tenaga Matahari/Solar (PLTS)

g. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Energi yang dapat diperbarui lainnya yaitu air. Indonesia terletak di daerah tropis yang mempunyai banyak sungai besar sehingga mempunyai potensi untuk menggunakan PLTA. Namun, pemanfaatan energi air masih belum optimal karena minimnya bendungan yang dibangun dan biaya investasi yang cukup tinggi. PLTA memanfaatkan aliran air sungai yang dibendung dan dibuat aliran air untuk memutar turbin yang dikopel dengan mesin generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Gambar 1.8. dapat menjelaskan gambaran bagaimana PLTA dapat menghasilkan energi listrik.



Gambar 1.8. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

h. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Angin merupakan salah satu energi yang dapat diperbarui dan masih belum banyak dimanfaatkan untuk energi listrik. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi listrik diperlukan kincir angin (turbin angin) yang diletakkan di daerah yang kecepatan anginnya cukup besar. Selanjutnya, turbin angin dihubungkan dengan generator listrik sehingga mampu menghasilkan energi listrik untuk dapat digunakan baik untuk perumahan maupun usaha dan industri.



Gambar 1.9. Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB)

i. Pembangkit Listrik Tenaga lainnya

Energi alam yang belum dimanfaatkan sangat banyak karena keterbatasan ilmu dan teknologi sekarang. Contoh energi yang dapat dimanfaatkan yaitu energi ombak, energi bio gas, energi sampah, energi limbah pembuangan saluran air, dan energi-energi lainnya.

Dengan semakin menipisnya kandungan energi fosil (minyak dan gas) di dunia, bukan tidak mungkin di masa-masa mendatang energi alternatif terutama energi yang bersifat *renewable* akan mengalami perkembangan yang lebih baik.

2. Saluran Transmisi Listrik

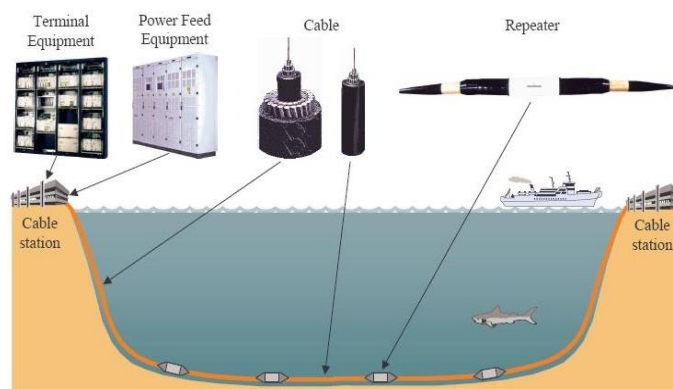
Komponen sistem tenaga listrik yang ke dua adalah saluran transmisi yang berfungsi untuk mengirimkan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik menuju pusat-pusat beban (daerah-daerah yang membutuhkan). Pada umumnya pembangkit listrik berlokasi di pantai, bendungan, atau daerah terpencil lainnya yang jauh dari perkotaan dan industri. Untuk itu diperlukan saluran transmisi untuk mengirimkan listrik ke konsumen yang pada umumnya banyak terdapat di daerah perkotaan.

Saluran transmisi listrik pada umumnya menggunakan saluran udara (*overhead*) dengan tegangan tinggi. Di Indonesia dikenal beberapa saluran transmisi udara, yaitu Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dengan tegangan 500 KV, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dengan tegangan 150, 170 dan 275 KV. Saluran transmisi udara dipilih karena alasan teknik dan ekonomis dibanding dengan saluran transmisi bawah tanah atau di dasar laut. Saluran transmisi udara dapat dilihat di sepanjang jalan pantai utara (Pantura), atau pantai selatan yang menghubungkan dari pusat-pusat pembangkit listrik ke pusat-pusat beban.

Penggunaan tegangan tinggi dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas penyaluran dan mengurangi rugi-rugi penyaluran. Dengan tegangan tinggi, maka ukuran penghantar dapat diperkecil sehingga dari sisi biaya akan lebih murah. Dengan tegangan tinggi, arus yang melewati saluran akan lebih kecil sehingga rugi-rugi penyaluran dapat diminimalisir. Berikut ini adalah contoh saluran transmisi udara tegangan ekstra tinggi yang membentang di Jalur Pantura.



Gambar 1.10. Saluran Transmisi Listrik Udara Tegangan Ekstra Tinggi



Gambar 1.11. Saluran Transmisi Listrik Bawah Laut

3. Jaringan Distribusi Listrik

Komponen sistem tenaga listrik yang ketiga yaitu jaringan distribusi energi listrik. Listrik yang disalurkan melalui saluran transmisi mempunyai tegangan yang sangat tinggi, sehingga perlu diturunkan agar dapat digunakan oleh konsumen. Penurunan tegangan saluran transmisi dari 500 KV atau 150 KV dilakukan di gardu induk untuk diturunkan menjadi tegangan 20 KV untuk konsumsi industri dan selanjutnya dari 20 KV diturunkan menjadi tegangan 220/380 Volt untuk rumah tangga.

Jaringan distribusi listrik biasanya dilakukan oleh PT PLN mulai Gardu Induk sampai dengan gardu distribusi untuk kemudian disalurkan kepada konsumen. Distribusi energi listrik dari PT PLN dilakukan melalui jaringan udara melalui tiang-tiang penyangga di tepi jalan atau dapat juga dilakukan dengan jaringan bawah tanah. Pada umumnya, di daerah perkotaan jaringan distribusi menggunakan instalasi bawah tanah, sedangkan di pedesaan menggunakan instalasi udara. Pemilihan jenis instalasi listrik pada jaringan distribusi dilakukan dengan pertimbangan, antara lain kemudahan, biaya, estetika, keamanan, kemudahan perawatan dan perbaikan.



Gambar 1.12. Jaringan Distribusi Listrik Udara

4. Instalasi Pemanfaatan Energi Listrik

Komponen sistem tenaga listrik yang keempat yaitu konsumen atau pengguna energi listrik. Konsumen listrik dapat dibedakan menurut besar kecilnya energi yang listrik yang digunakan atau juga berdasar jenis penggunaannya. Konsumen listrik dengan penggunaan kecil adalah rumah tangga, rumah ibadah, ruko, dan lainnya yang berlangganan listrik dengan tegangan rendah 220 Volt listrik satu fasa. Konsumen yang menggunakan listrik dalam skala sedang biasanya adalah dunia usaha, rumah ibadah, sekolah, gedung perkantoran, industri rumah tangga dan kecil, puskesmas, klinik, dan lain sebagainya. Adapun konsumen yang menggunakan listrik dalam jumlah besar yaitu industri menengah ke atas, perguruan tinggi, unit usaha, bengkel, rumah sakit, hotel, dan lain sebagainya. Konsumen dengan penggunaan listrik yang besar umumnya berlangganan listrik tegangan menengah atau tegangan tinggi yang selanjutnya didistribusikan sendiri sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

Pemakai energi listrik mengharapkan kualitas listrik yang baik dengan indikasi sebagai berikut: 1) stabil tegangan dan frekuensinya; 2) kontinuitas pelayanan tinggi; 3) kemurnian gelombang sinus listrik AC; 4) aman; dan 5) ramah lingkungan.

Instalasi pemakaian tenaga listrik biasanya digunakan untuk berbagai kebutuhan baik di rumah tangga, dunia usaha maupun industri. Peralatan listrik yang digunakan oleh pengguna dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian diantaranya:

1. Penerangan;
2. Pemanas;
3. Pendingin;
4. *Lift*;
5. Konveyor;
6. Peralatan elektronik;
7. Peralatan dapur;
8. Dll.

5. Sistem Proteksi

Komponen sistem tenaga listrik yang terakhir yaitu sistem proteksi. Untuk menjamin keamanan penggunaan energi listrik perlu dilengkapi dengan peralatan proteksi (pengaman). Energi listrik mempunyai potensi bahaya seperti energi-energi lain, oleh karena itu pemanfaatan energi listrik harus dilakukan oleh personel yang kompeten dan berpengalaman dalam melaksanakan pekerjaan kelistrikan. Peralatan proteksi bertujuan untuk mencegah terjadinya bahaya yang disebabkan oleh listrik baik bahaya bagi pengguna maupun bahaya bagi peralatan listrik agar tidak rusak. Penggunaan energi listrik di Indonesia sudah diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berupa Peraturan Instalasi Listrik (PUIL) yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) untuk mengatur penyediaan, penyaluran, pendistribusian dan pemakaian energi listrik oleh pihak-pihak terkait agar memenuhi kesehatan, keamanan, keandalan dan ramah terhadap lingkungan.

Listrik di Indonesia menggunakan standar tegangan 220 Volt untuk listrik AC 1 fasa dengan frekuensi 50 Hz. Beban atau peralatan listrik harus menyesuaikan dengan standar yang berlaku di Indonesia agar peralatan aman digunakan dan tidak membahayakan pemakaiannya dan juga peralatan itu sendiri. Untuk menjamin keamanan pemakaian energi listrik, PUIL sudah mensyaratkan sistem keamanan yang harus dipenuhi.

Pada umumnya kecelakaan yang dapat diakibatkan oleh energi listrik yaitu 1) berupa sentuhan baik langsung maupun tidak langsung oleh manusia, 2) beban melebihi kapasitas daya terpasang, dan 3) hubung singkat. Untuk itu diperlukan peralatan proteksi diantaranya:

a. Pengaman Sentuhan Langsung

Listrik mempunyai potensi bahaya jika bagian bertegangan tersentuh oleh manusia secara langsung. Kejadian manusia

menyentuh bagian listrik yang bertegangan disebut sebagai tersetrum.

Hal ini bisa mengakibatkan kecelakaan yang berakibat kematian. Untuk mencegah terjadinya sentuhan langsung terhadap bagian listrik yang bertegangan, PUIL mensyaratkan setiap bagian instalasi listrik yang mempunyai tegangan harus dilengkapi dengan isolasi yang aman bagi manusia. Bahan isolasi harus berkualitas agar tidak mudah rusak yang dapat mengakibatkan sentuhan langsung terhadap bagian yang bertegangan. Isolasi dapat menggunakan bahan-bahan isolator yang telah dibahas pada bab I yaitu karet, plastik, keramik, kertas, dan bahan-bahan lainnya. Selain harus berisolasi, perlu ada peringatan kepada pengguna listrik akan bahaya jika menyentuh atau memegang secara langsung bagian listrik yang bertegangan.



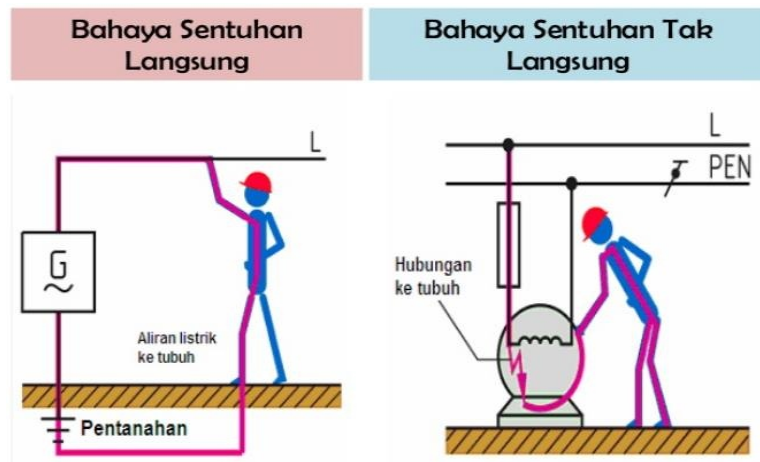
Gambar 1.13. Tersengat Listrik

b. Pengaman Sentuhan Tidak Langsung

Selain bahaya tersentuh secara langsung, kadang terjadi bahaya sentuhan tidak langsung artinya manusia menyentuh bagian peralatan listrik yang seharusnya tidak bertegangan tetapi menjadi bertegangan. Contoh kasus sentuhan tidak langsung adalah jika manusia menyentuh bagian belakang casing komputer yang terbuat dari logam.

Seharusnya bagian chasing komputer tidak mempunyai tegangan listrik karena tidak ada hubungan langsung dengan listrik, akan tetapi pada kenyataannya jika manusia menyentuhnya akan terkena sengatan listrik yang cukup mengagetkan. Besarnya tegangan listrik ini tidak terlalu besar tetapi dapat mengakibatkan kaget dan rasa sakit.

Sentuhan tidak langsung diakibatkan oleh adanya beban listrik yang bersifat induktif (lilitan) seperti pada komputer ada trafo yang digunakan pada rangkaian *power supply*. Dengan adanya beban induktif inilah, maka sesuai dengan prinsip muatan listrik, maka proses induksi juga mengarah ke chasing komputer yang terbuat dari logam. Akibatnya logam yang tidak berhubungan langsung dengan listrik menjadi bertegangan. Bagaimana cara mengatasi bahaya sentuhan tidak langsung? Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menghubungkan bagian logam pada chasing komputer dengan tanah atau sering disebut dengan *Grounding*. Dengan cara ini, maka muatan listrik yang ada pada *chasing* akan dibuang ke tanah sehingga tidak membahayakan manusia.



Gambar 1.14. Sentuhan Langsung dan Tidak Langsung

c. Pengaman Beban Lebih

Potensi bahaya listrik yang sering terjadi lainnya yaitu beban lebih, di mana beban yang digunakan oleh konsumen melebihi dari kapasitas atau desain instalasi listrik awalnya. Banyak kasus terjadi pada instalasi pada awalnya daya yang terpasang kecil misal 900 VA atau 1.300 VA karena kebutuhan energi listrik masih kecil. Seiring dengan perkembangan ekonomi dan jumlah anggota keluarga, kebutuhan peralatan listrik semakin lama semakin meningkat sehingga menyebabkan beban lebih. Apabila terjadi beban lebih maka perlu ada pengaman yang akan mematikan pasokan energi listrik secara otomatis. Peralatan yang digunakan adalah Pemutus atau *Circuit Breaker*.



Gambar 1. 15. Peralatan Pemutus atau *Circuit Breaker*

Permasalahan beban lebih sering terjadi karena penambahan daya terpasang. Contoh pada awal pemasangan daya terpasang 900 VA, karena kebutuhan maka di kemudian hari ditambah menjadi 2.200 VA. Biasanya pada saat penambahan daya tidak dilakukan analisis kelayakan instalasi apakah memungkinkan untuk beban menjadi lebih tinggi. Dengan penggunaan bahan seperti kabel yang masih sama akan mempunyai risiko terjadi beban lebih dan menyebabkan panas. Jika hal ini berlangsung dalam waktu yang lama dapat

merusak isolasi kabel. Jika isolasi kabel rusak, akibatnya bisa terjadi gangguan yang lebih parah seperti hubung singkat yang berpotensi terjadi kebakaran.

d. Pengaman Hubung Singkat

Potensi gangguan listrik yang paling berbahaya adalah jika terjadi hubung singkat atau korsleting listrik. Hubung singkat (*short circuit*) adalah kondisi tersambunginya penghantar fasa dan penghantar netral secara langsung. Hubung singkat dapat terjadi baik secara sengaja maupun tidak sengaja. Akibat hubung singkat dapat menyebabkan adanya percikan api yang jika menyambar bagian yang mudah terbakar dapat menyebabkan kebakaran.

Akibat dari hubung singkat diantaranya adalah:

- *Membahayakan keselamatan manusia;*
- *Putusnya suplai tenaga listrik;*
- *Kerusakan peralatan listrik karena peningkatan tekanan termal dan mekanis yang akhirnya tidak bisa ditoleransi oleh peralatan listrik.*

Untuk mengatasi gangguan hubung singkat dapat dilakukan dengan pemasangan peralatan proteksi hubung singkat berupa Pemutus Rangkaian (*Circuit Breaker*) atau Sekring (*Fuse*).

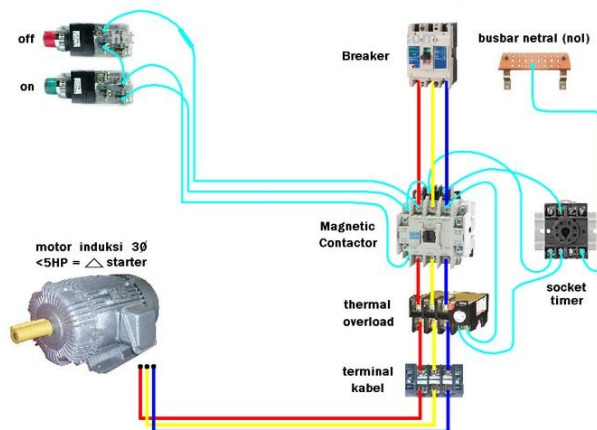


Gambar 1.16. Macam-macam Sekring (*Fuse*)

e. Pengaman Suhu Lebih

Beberapa peralatan listrik yang menggunakan motor listrik seperti pompa air, kompresor, AC, kipas angin, dan peralatan-peralatan lainnya terkadang dilengkapi dengan pengaman terhadap suhu lebih. Pengaman suhu lebih bertujuan untuk mengamankan peralatan dari suhu yang berlebih akibat dari beban lebih atau pada kondisi motor tidak mau berputar.

Contoh kasus yaitu pada pompa air yang menggunakan motor listrik, pada saat kemarau di mana air mengalami kekeringan, maka motor pompa air akan terus menyala walaupun tidak ada air yang disedot. Hal ini akan dapat membahayakan mesin pompa air karena pompa tetap menyala sementara tidak ada air yang dialirkan sehingga motor menjadi panas. Dengan adanya pengaman panas lebih (*thermal overload*), maka motor akan dapat dimatikan secara otomatis sehingga tidak merusak motor dan menghindari bahaya kebakaran.



Gambar 1.17. Pemasangan Proteksi *Thermal Overload* pada Motor Listrik

1.3. Latihan Soal

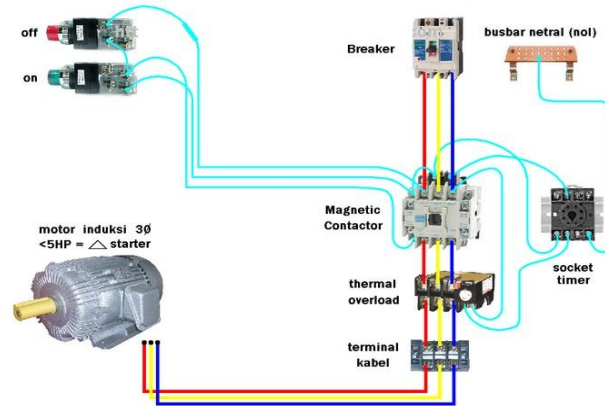
1. Berikut ini adalah kelebihan energi listrik dibanding energi lainnya, **kecuali**
 - a. **Mudah disimpan**
 - b. Mudah dibangkitkan
 - c. Mudah disalurkan
 - d. Bersih
 - e. Aman
2. Manakah dari pembangkit listrik berikut ini yang mempunyai efisiensi paling tinggi
 - a. PLTU
 - b. **PLTG**
 - c. PLTD
 - d. PLTP
 - e. PLTS
3. Penggunaan tegangan tinggi SUTT dan SUTET pada saluran transmisi listrik bertujuan untuk
 - a. Meningkatkan kualitas
 - b. **Meningkatkan kapasitas**
 - c. Menurunkan kapasitas
 - d. Meningkatkan drop tegangan
 - e. Meningkatkan keandalan
4. Kualitas energi listrik ditentukan oleh parameter-parameter sebagai berikut:
 - a. Arus
 - b. Daya
 - c. **Tegangan**
 - d. Resistansi
 - e. Induktansi
5. Perhatikan gambar berikut:



Peralatan pada gambar di atas berfungsi untuk

- a. Mengatur tegangan
- b. Mengatur frekuensi
- c. Proteksi tegangan lebih
- d. **Proteksi beban lebih**
- e. Proteksi ketidakseimbangan

6. Perhatikan gambar berikut ini.



Gambar di atas menunjukkan instalasi dari

- | | |
|----------------------------|---|
| a. Instalasi listrik | d. <u>Instalasi proteksi motor listrik</u> |
| b. Instalasi motor listrik | e. Instalasi motor listrik 3 fasa |
| c. Instalasi pengamanan | |
7. Perhatikan gambar berikut ini



Gambar di atas digunakan pada sistem instalasi listrik untuk...

- | | |
|---------------------------|--|
| a. Pengamanan beban lebih | d. Proteksi sentuhan langsung |
| b. Pembatas arus | e. <u>Pengamanan hubung singkat</u> |
| c. Pengatur tegangan | |
8. Untuk melindungi bahaya listrik dari gangguan beban lebih dan hubung singkat dapat digunakan
- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| a. <u>Circuit breaker</u> | d. Disconnecter switch |
| b. Sekring | e. Saklar magnetik |
| c. Relay | |

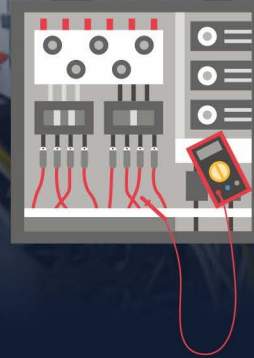
9. Berikut ini contoh sistem kontrol proses yang menggunakan prinsip digital, *kecuali*
- a. PLC
 - b. Mikroprosesor
 - c. Mikrokontroler
 - d. Kontrol Berbasis Komputer
 - e. Kontrol PID
10. Seseorang yang terkena sengatan listrik karena memegang bagian *chasing* peralatan yang terbuat dari logam disebabkan karena
- a. Kesetrum
 - b. **Sengatan listrik tidak langsung**
 - c. Bahaya listrik
 - d. Kapasitor
 - e. Kecerobohan

DAFTAR PUSTAKA

- Blitz, Jack. (1997). *Electrical and Magnetic Methods of Non-destructive Testing*. Springer Science and Business Media Dordrecht.
- Gill, Paul. (2009). *Electrical Power Equipment Maintenance and Testing Second Edition*. CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742.
- Jewet, Serway. (1994). *Physics for Scientist and Engineers*. California State Politechnic University, Ponoma.
- Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia. (2010). *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Jakarta: Indonesia
- Kitcher, Christopher. (2013). *Practical Guide to Inspection, Testing and Certification of Electrical Installations, Third Edition*. Routledge Publisher. London and New York.
- Kularatna, Nihal. (2003). *Digital and Analogue Instrumentation Testing and Measurement*. The Institution of Engineering and Technology. London: Inggris.
- Kusmanto, A., Sukamta, S. (2013). *Pemeriksaan Kondisi Peralatan Mekanikal dan Elektrikal Gedung Menggunakan Metode Infrared Thermography*. Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 1, Januari – Juni 2013. Jakarta: Indonesia.

- Muhamad Ali, dkk. (2017). *Modul Pekerjaan Instalasi Listrik Bangunan Rumah, Testing dan Komisioning Sistem Kelistrikan Rumah*. Modul Pendidikan dan Pelatihan. PT Summarecon. Jakarta: Indonesia
- Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011
- PLN, Persero. (2010). *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah*. PT PLN Persero. Jakarta: Indonesia.
- _____. (2010). *Standar Kompetensi Teknik Ketenagalistrikan Bidang Distribusi Sub Bidang Perencanaan*. PT PLN Persero. Jakarta: Indonesia.
- Scaddan, Brian. 2012. *IEE Wiring Regulations, Inspection, Testing and Certification, Fortheenth Edition, Newnes*. OXFORD AUCKLAND BOSTON JOHANNESBURG MELBOURNE NEW DELHI.
- Standar Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan.
Standar Nasional Indonesia.

Pemeriksaan dan Pengujian **SISTEM TENAGA LISTRIK**



Buku ini membahas tentang materi teknik Inspeksi dan Tes Sistem Kelistrikan baik teori maupun aplikasinya dalam dunia kerja. Secara garis besar, buku ini membahas tentang konsep dasar sistem tenaga listrik, potensi bahaya listrik, Inspeksi Sistem Tenaga Listrik, Pengujian Sistem Tenaga Listrik, Inspeksi dan Tes pada Pembangkit Listrik, Saluran Transmisi, Jaringan Distribusi, Instalasi Listrik Pemakaian dan Sistem Proteksi. Pembahasan dilengkapi dengan contoh aplikasi, baik di sistem tenaga listrik baik rumah tangga maupun industri sehingga akan memudahkan pembaca dalam memahaminya.



UNY Press

Jl. Gejayan, Gg. Alamanda, Komplek Fakultas Teknik UNY
Kampus UNY Karangmalang Yogyakarta 55281

Telp: 0274 - 589346

E-Mail: unypenerbitan@uny.ac.id

Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

Anggota Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)