



BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Pengertian Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.⁹

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.

⁹ A. Muhammad Syafar, *Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Dengan Metode Fmea (Failure Mode Effect Analysis)*, Rizky Artha Mulia, Makassar, 2018, Hal 24-25



Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

2.2 Pengelompokan Sistem Distribusi

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, pada sistem kelistrikan diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan, yakni:

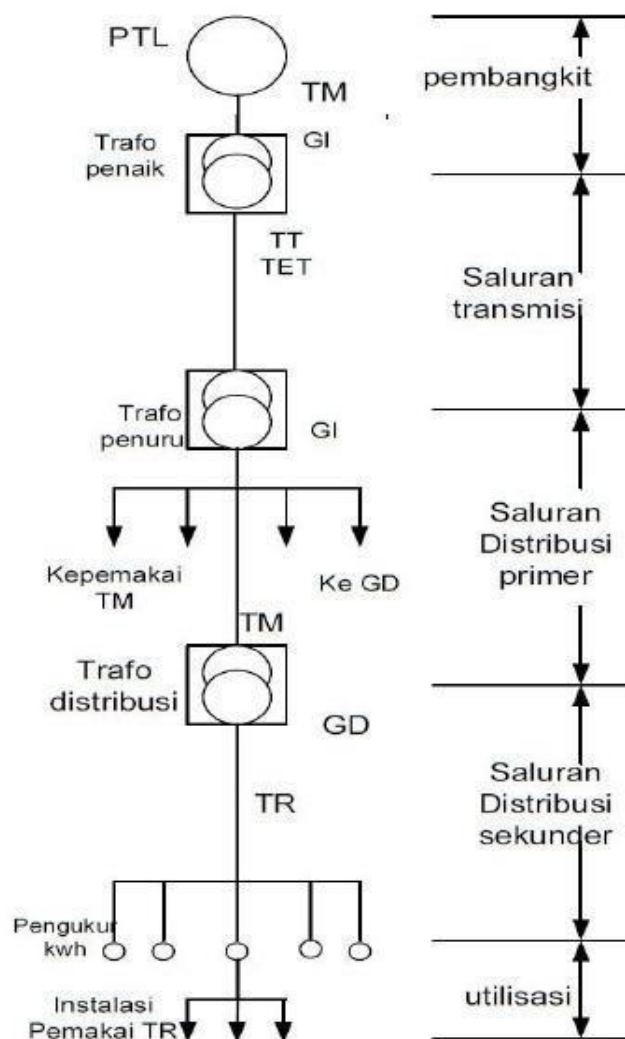
- a. Daerah I : Bagian pembangkitan (*Generation*)
- b. Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*), bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV)
- c. Daerah III : Bagian distribusi primer, tegangan menengah (6 atau 20kV).
- d. Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi, tegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi sistem distribusi adalah daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup jaringan distribusi adalah:

1. SUTM, terdiri dari tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan per-lengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
2. SKTM, terdiri dari kabel tanah, *indoor* dan *outdoor* termination, batu bata, pasir dan lain-lain.



3. Gardu trafo, terdiri dari : *Transformator*, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, *Arrester*, kabel-kabel, peralatan *grounding*, dan lain-lain.
4. SUTR dan SKTR terdiri dari: sama dengan perlengkapan/ material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.



Gambar 2.1 Pengelompokan Sistem Distribusi⁸

⁸ Suhadi dik, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*, Bandung, 2008 Hal.24



2.3 Isolator

2.3.1 Pengertian Isolator¹⁰

Isolator adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mengisolasi konduktor atau penghantar dengan tiang listrik guna 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. Isolator sendiri memiliki beberapa fungsi yakni menyekat penghantar dengan tiang dan antara penghantar dengan penghantar, dan menjaga jarak antar penghantar tetap (tidak berubah).

Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya sebagai pemisah antara saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Pengaruh keadaan udara sekitar dan polutan yang menempel pada permukaan yang menyebabkan permukaan isolator bersifat konduktif. Dalam menentukan sebuah isolator yang akan dibuat serta bagaimana unjuk kerjanya dalam melayani suatu sistem tenaga listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan yaitu, sifat-sifat kandungan material dengan bahan dasar untuk membuat isolator kemampuannya pada cuaca buruk, keadaan saat terkontaminasi serta pertimbangan masalah biaya produksi (Arismunandar, 2001).

Pada suatu sistem tenaga listrik terdapat berbagai bagian yang memiliki tegangan dan juga tidak bertegangan. Sehingga bagian yang bertegangan ini harus dipisahkan dari bagian-bagian yang tidak bertegangan. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi aliran arus yang tidak semestinya ada antara satu bagian dengan yang lainnya. Misalnya pada suatu jaringan transmisi, antara suatu konduktor penghantar dengan konduktor lainnya dipisahkan oleh udara. Namun konduktor ini harus digantungkan pada tower penopang sehingga dibutuhkan suatu isolator yang

¹⁰ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1998, hal 45



cukup kuat untuk menopang konduktor ini sekaligus mengisolasi antara konduktor dengan menara yang terhubung ke tanah agar tidak terjadi hubung singkat ke tanah (Simanjuntak, 2005).

Isolator dapat ditemui pada setiap bagian sistem tenaga listrik. Selain pada transmisi, isolator juga dapat ditemui pada jaringan distribusi hantaran udara, gardu induk dan panel pembagi daya. Pada jaringan distribusi hantaran udara isolator digunakan sebagai penggantung atau penopang konduktor. Pada gardu induk isolator digunakan sebagai pendukung sakelar pemisah, pendukung konduktor penghubung dan penggantung rel dengan kerangka pendukung pemisah (Surdia et al., 1995).

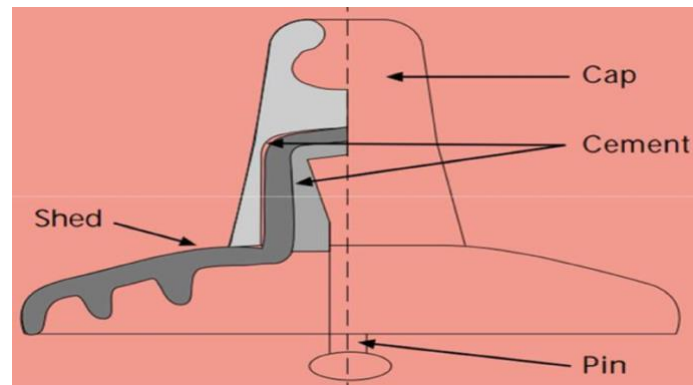
Langkah yang perlu diambil untuk menghindarkan terjadinya kerusakan terhadap peralatan listrik akibat tegangan lebih dan loncatan bunga api, ialah dengan menentukan pemakaian isolator berdasarkan kekuatan daya isolasi (*dielectric strenght*) dan kekuatan mekanis (*mechanis strenght*) bahan-bahan isolator yang dipakai. Karena sifat suatu isolator ditentukan oleh bahan yang digunakan. Bahan isolator banyak digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik adalah isolator dari bahan porselin/keramik dan isolator dari bahan polimer/karet.

Fungsi isolator dapat ditinjau dari 2 (dua) segi yaitu :

- a. Fungsi dari segi listrik
 1. Isolator Untuk menyekat mengisolasi antar kawat fasa dengan tanah
 2. Untuk menyekat mengisolasi antar kawat fasa dengan kawat fasa
- b. Fungsi dari segi mekanik
 1. Menahan berat dari penghantar / kawat
 2. Mengatur jarak dan sudut antar penghantar / kawat dan kawat
 3. Menahan adanya perubahan kawat akibat perbedaan temperature dan angin.

2.3.2 Konstruksi Isolator

Isolator pada umumnya memiliki tiga bagian utama yaitu bahan dielektrik, kap dan fitting. Selain itu juga terdapat semen yang berfungsi sebagai bahan perekat yang merekatkan ketiga bagian ini (Susilowati dan Diah, 2010).



Gambar 2.2 Konstruksi Isolator

Berikut persyaratan umum yang harus dipenuhi dalam merancang suatu isolator adalah sebagai berikut:

1. Isolator harus memiliki kekuatan mekanis yang kuat untuk menahan beban konduktor, terpaan angin dan lain-lain.
2. Isolator harus menggunakan bahan dengan resistansi yang tinggi agar tidak terjadi arus bocor yang besar ke tanah.
3. Isolator harus memiliki kekuatan permitivitas yang tinggi agar dapat memiliki kemampuan dielektrik yang baik.
4. Isolator harus padat dan tidak memiliki celah udara karena dapat menimbulkan peluahan sebagian.
5. Isolator dapat menahan *flashover*.
6. Setiap lubang pada bahan isolator harus memiliki sumbu yang sejajar dengan sumbu tegak isolator. Dan lubang dibuat pada temperature penampaan isolator.
7. Tidak memiliki lekukan runcing agar pada isolator tidak terjadi medan elektrik yang tinggi.
8. Permukaan isolator harus licin dan bebas partikel runcing.
9. Tidak ada resiko meledak atau pecah.
10. Jarak rambat isolator harus diperbesar jika isolator ditempatkan pada kawasan yang dihuni banyak burung.
11. Bahan perekat harus memiliki kekuatan adhesi yang tinggi.



2.3.3 Jenis Isolator

Berdasarkan fungsinya didalam suatu sistem tenaga listrik isolator dapat dibagi menjadi:

1. Isolator Tumpu (*line isolator*)

Isolator tumpu digunakan untuk tumpuan penghantar karena bagian konduktor yang bertegangan harus dipisahkan dari tiang penopang yang berhubungan ke tanah. Gaya mekanis pada isolator ini adalah gaya akibat berat beban penghantar pada tiang tumpu atau pada tiang sudut.

Isolator pendukung ini biasanya hanya dioperasikan pada tegangan kerja isolator dibawah 33kV. Hal ini dikarenakan jika isolator dioperasikan pada tegangan diatas 33kV, maka besar isolator menjadi tidak efisien lagi. Hal ini disebabkan ukuran isolator akan bertambah seiring dengan pertambahan tegangan kerja. Isolator pendukung terbagi atas tiga jenis yaitu: isolator pin, isolator post, dan isolator pin-post (Dissado, L.A., Fothergill, 1992).

Tabel 2.1 Karakteristik Isolator⁴

No.	Karakteristik	Jenis Isolator		
		Line Post	Pin Post	Pin
1.	Tegangan kerja maksimal	24 KV	24 KV	22 KV
2.	Withstand voltage (basah)	65 KV	65 KV	75 KV
3.	Impulse withstand voltage	125 KV	125 KV	125 KV
4.	Mechanical Strength	1250 daN	1250 daN	850 daN
5.	Creepage Distance	534 mm	534 mm	583 mm
6.	Berat	10 kg	10 kg	6,4 kg

⁴ Buku 1 PT. PLN (Persero), *Kriteria Design Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, PT PLN (Persero), Jakarta Selatan, 2010, Bab 3 Hal 12.

Tabel 2.2 Konstruksi Isolator Tumpu⁴

Sudut Lintasan	Material
0°-15°	Isolator tumpu tunggal
15°-30°	Isolator tumpu ganda

2. Isolator Regang (suspension insulator)

Isolator peregangan dipakai pada konstruksi tiang awal/tiang sudut apabila sudut elevasi lebih besar dari 30°. Terdapat dua jenis isolator yang dipakai, yaitu isolator payung dan long rod dengan karakteristik sebagai berikut :

Tabel 2.3 Karakteristik Teknis Isolator Payung dan Long Rod⁴

No.	Karakteristik	Jenis Isolator	
		Payung	Long Road
1	Tegangan Kerja Maksimal	24 kV	24 kV
2	Withstand Voltage	65 kV	67 kV
3	Impulse Witstand Voltage	110 kV	170 kV
4	Creeparge Distance	295 mm ²	546 mm ²
5	Mechanical Strength	7000 daN	7500 daN
6	Berat	4,7 kg	7 kg

Untuk tiap satu set isolator jenis suspension terdiri atas dua buah atau dua piring sedangkan jenis long rod satu buah. Beban mekanis isolator ini adalah beban mekanis sebagaimana pada isolator tiang ujung/awal. Isolator yang digunakan pada jaringan distribusi adalah isolator tumpu dan regang.

⁴ Ibid, Bab 3, Hal 12.

⁴ Buku 1 PT. PLN (Persero), *Kriteria Design Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik* PT. PLN (Persero), Jakarta Selatan, 2010, Bab.5 Hal.13



3. Isolator Gantung

Isolator gantung digunakan pada tiang maupun tower transmisi untuk menggantung konduktor hantaran udara baik secara vertikal maupun horizontal (Dissado, L.A., Fothergill, 1992).

Isolator gantung digunakan pada sistem dengan tegangan kerja melebihi 33 kV. Isolator gantung ini terdiri dari dua jenis yaitu isolator piring dan isolator batang tonggak. Untuk transmisi tegangan tinggi, isolator piring dirangkai berbentuk rantai.

4. Isolator Rantai

Isolator rantai adalah merupakan kumpulan dari beberapa isolator piring yang disusun secara berantai sehingga menjadi satu kesatuan isolator. Isolator rantai seperti gambar 2.8 biasanya digunakan untuk menggantung penghantar transmisi tegangan tinggi pada menara-menara transmisi. Penghantar ini digantung dengan menggunakan isolator agar penghantar ini tidak menyentuh badan menara yang dibumikan. Isolator jenis ini banyak digunakan karena pada sistem transmisi tegangan tinggi isolator ini dianggap paling efisien untuk mengisolasi antara konduktor dengan tiang menara.

2.3.4 Konstruksi Isolator Tumpu⁵

Isolator yang digunakan untuk saluran distribusi tenaga listrik berdasarkan fungsi dan konstruksinya dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis sebagai berikut:



Gambar 2.3 Konstruksi Isolator Tumpu

⁵ Buku 5 PT. PLN (Persero). *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan, 2010, Hal.5



1. Isolator *pin-post*

Isolator ini mempunyai bentuk jarak rambat (*creepage distance*) tidak merata dengan sebagian permukaan terlindung dari siraman hujan dan kontaminasi polutan, mempunyai jarak tembus (*puncture distance*). Penggunaan isolator ini disesuaikan dengan kondisi tingkat intensitas polusi dimana isolator itu dipasang. [refer ke SPLN-10-3B-1993 dan SPLN-10-4A- 1994]

2. Isolator *line-post*

Isolator ini mempunyai bentuk jarak rambat (*creepage distance*) bergelombang merata. Tidak ada bagian yang terlindungi dari siraman air hujan. Jarak tembus (*puncture distance*) panjang. Penggunaan isolator ini disesuaikan dengan kondisi tingkat intensitas polusi dimana isolator itu dipasang. [refer ke SPLN-10-3B-1993 dan SPLN-10-4B-1995]

3. Isalator payung (*pin insulator*)

Isolator ini mempunyai bentuk jarak rambat (*creepage distance*) merata pada permukaan dan sebagian besar bergelombang di bawah. Permukaan isolator yang terhindar dari siraman air hujan dan kontaminasi polutan. Namun isolator ini mempunyai jarak tembus (*puncture distance*) pendek yang kerap menyulitkan jika terjadi kegagalan isolasi pada dudukan penghantar. Penggunaan isolator ini disesuaikan dengan kondisi tingkat intensitas polusi dimana isolator itu dipasang. [refer ke SPLN-10-3B- 1993 dan SPLN-10-4C-1997]

2.3.5 Bahan Isolator

Karakteristik dari suatu isolator baik mekanis maupun elektriknya dipengaruhi oleh konstruksi dan bahan yang digunakan. Dimana pada suatu isolator bahan yang paling utama adalah bahan dielektriknya. Bahan dielektrik dari suatu isolator harus memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi serta tidak dipengaruhi oleh kondisi udara sekitarnya (Tobing, 2003).

1. Porselin

Porselen merupakan bahan dielektrik yang paling sering digunakan pada isolator. Hal ini terjadi karena porselen memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi



dan tidak dipengaruhi oleh perubahan kondisi udara disekitarnya. Kekuatan mekanik porselen bergantung pada cara pembuatannya. Kemampuan mekanis suatu porselen standar dengan diameter 2-3 cm adalah 45.000 kg/cm² untuk beban tekan; 700kg/cm² untuk beban tekuk dan 300 kg/cm² untuk beban tarik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa porselen adalah bahan yang memiliki kemampuan mekanik yang sangat baik pada beban tekan. Kekuatan mekanik dari porselen akan berkurang jika dilakukan penambahan luas penampang porselen.



Gambar 2.4 Isolator Porselin

Suatu dielektrik porselen dengan tebal 1,5 mm memiliki kekuatan dielektrik sebesar 22-28 kVrms/mm. Jika tebal dielektrik bertambah maka kemampuan dielektrik bahan berkurang. Hal ini terjadi karena medan elektriknya tidak seragam. Bila tebal bertambah dari 10 mm menjadi 30 mm kekuatan dielektrik berkurang dari 80 kVrms/mm menjadi 55 kVrms/mm. Kekuatan dielektrik porselen pada tegangan impuls adalah 50-70 % lebih tinggi daripada kekuatan dielektrik pada frekuensi daya (Tobing, 2003).

2. Gelas

Isolator gelas lebih murah daripada porselen, sedangkan karakteristik mekaniknya tidak jauh berbeda dari isolator porselen. Karakteristik elektrik dan mekanik dari isolator gelas bergantung pada kandungan alkali pada isolator tersebut. Semakin tinggi kandungan alkalinya maka kemampuan dielektrik isolator akan semakin menurun hal ini dikarenakan isolator memiliki konduktivitas lebih



tinggi. Kekuatan dielektrik gelas alkali tinggi adalah 17,9 kVrms/mm sedangkan kemampuan dielektrik gelas alkali rendah adalah 48 kVrms/mm (Waluyo, 2010).



Gambar 2.5 Isolator Gelas

Jika isolator gelas dipasangkan pada suatu sistem tegangan arus searah. Maka dapat menimbulkan pemuai kimia gelas sehingga akan meningkatkan kandungan alkalinnya. Dimana hal ini akan menyebabkan penurunan kemampuan isolasi dari gelas. Berdasarkan proses pembuatannya isolator gelas dibagi menjadi 2 yaitu gelas yang dikuatkan (*annealed glass*) dan gelas yang dikeraskan (*hardened glass*) (Waluyo, 2010).

3. Polymer/ Komposit

Isolator komposit adalah isolator yang dikembangkan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan dari isolator porselen dan gelas. Bahan komposit tertua yang dikembangkan adalah isolator kertas. Namun, akhir - akhir ini bahan isolator yang paling banyak diminati adalah karet silikon (*siliconrubber*) (Waluyo, 2010).



Gambar 2.6 Isolator Polimer



Seperti yang terlihat pada gambar diatas, isolator komposit memiliki beberapa bagian utama yaitu: inti berbentuk batang (rod) yang terbuat dari bahan komposit, fitting yang terbuat dari bahan logam dan bahan antar muka (*interface*) (Waluyo, 2010).

2.4 *Flashover*⁹

Flashover adalah gangguan eksternal yang terjadi pada permukaan isolator atau proses loncatan api pada permukaan suatu isolator yang disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya suhu, kelembaban, dan lingkungan sekitarnya (debu, asap pabrik dan polutan garam). Tegangan *flashover* adalah nilai atau ukuran tegangan yang dapat ditahan isolator sampai terjadinya lompatan api / *flashover*. (Bahri Syamsul, UGM 2005).

Flashover adalah fenomena pelepasan muatan bersifat merusak yang melintasi seluruh bagian permukaan isolator. Pelepasan muatan ini disebabkan pembebanan medan listrik pada permukaan isolator yang melebihi harga ketahanan elektriknya. Penyebab terjadinya tegangan lewat denyar adalah pengotoran permukaan isolator, hujan asam, surja hubung dan surja petir. Tegangan lewat denyar atau *flashover* ini berupa fenomena loncatan api yang terjadi antara isolator atau komponen listrik tegangan tinggi. Hal ini dapat terjadi akibat gagalnya isolasi sistem tegangan tinggi tersebut.

2.5 Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang muncul saat seseorang terhubung dengan konduktor yang dialiri arus, dimana konduktor dan seseorang tersebut juga terhubung langsung ke bumi (American National Standard. 1986). Tegangan sentuh yang terlalu tinggi adalah tegangan sentuh yang melampaui batas rentang tegangan I yaitu $> 50 \text{ V a.b. efektif}$.¹

⁹ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1998, hal 45.

¹ Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. BSN, Jakarta, 2000, Hal 44.



Khusus untuk tempat-tempat berikut ini:

- a. Tempat yang lembab/basah, atau
- b. Ruang kerja dalam industri pertanian, tegangan sentuh yang terlalu tinggi adalah tegangan sentuh yang $> 25 \text{ V a.b. efektif}$.

Berdasarkan Standar IEC Publication 364 4-41, 1977 (Amandemen 1) dinyatakan bahwa tegangan sentuh sebagai fungsi dari waktu yang diijinkan lihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Tegangan Sentuh Yang Diizinkan Berdasarkan *Standard IEC Publication 364 4-41, 1977 (Amandemen 1)*²

Lama Sentuhan Maksimum (detik)	Besar Tegangan Sentuh	
	Arus Bolak Balik (AC)	Arus Searah (DC)
	<50	<120
5	50	120
1	75	140
0,5	90	160
0,2	110	175
0,1	150	200
0,05	220	250
0,03	280	310

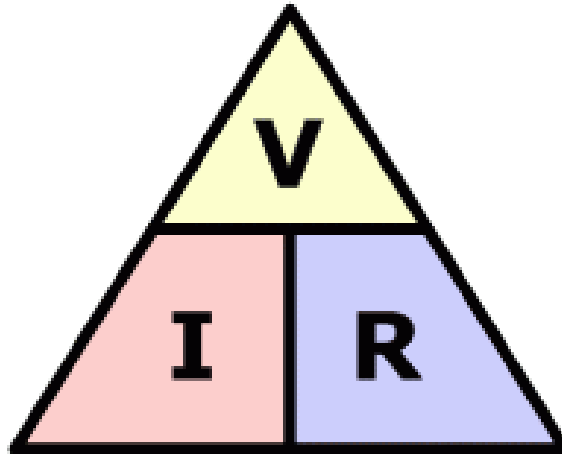
2.6 Hukum Ohm

Hukum Ohm merupakan sebuah teori yang membahas mengenai hubungan antara Tegangan (Volt), Arus (Ampere), dan Hambatan listrik dalam sirkuit (Ohm). 1 Ohm adalah hambatan listrik yang menyebabkan perbedaan satu volt saat arus sebesar 1 Ampere mengalir. Hukum Ohm menyatakan bahwa

² Dr.Monang Sitorus, *Majalah Ilmiah "VISI" Universitas HKBP Nomensen*, Universitas HKBP Nomensen, Medan, 1990, Hal 3122.



“Kuat arus listrik pada suatu beban listrik berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan”⁹



Gambar 2.7 Segitiga Ohm

Lambang dari hambatan adalah R, lambang dari arus adalah I, dan lambang dari tegangan adalah V. Berdasarkan hukum Ohm diatas maka bisa diambil rumus sebagai berikut ini:

Keterangan:

I = Besar arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

V = Besar tegangan pada penghantar (Volt)

R = Besar hambatan (Ohm)

2.7 Arus Bocor

Timbulnya arus bocor diawali oleh adanya lapisan konduktif pada permukaan isolator. Lapisan konduktif terbentuk akibat adanya pembasahan di permukaan isolator. Pada keadaan bersih, permukaan isolator memiliki tahanan listrik yang besar. Pembentukan lapisan konduktif disebabkan adanya kontaminasi air pada permukaan isolator sehingga menyebabkan penurunan nilai tahanan pada

⁹ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1998, hal 20.



permukaan isolator. Penurunan ini menyebabkan terjadinya arus bocor pada permukaan isolator.

Sesuai dengan fungsinya bahan, bahan isolasi yang baik adalah bahan isolasi yang resistivitasnya besar tak terhingga tetapi pada kenyataannya bahan yang demikian itu belum bias diperoleh. Sampai sekarang semua bahan isolasi pada Teknik listrik masih mengalirkan arus listrik (walaupun kecil) yang lazim disebut arus bocor. Pemaakaian bahan isolasi pada daerah kerja yang suhunya tinggi atau lembab, harus dipilih bahan yang sesuai, baik bahan dan tegangan kerjanya. Hal ini menunjukkan bahwa resistansi bahan isolasi bukan tidak terbatas besarnya. Besarnya resistansi bahan isolasi sesuai dengan Hukum Ohm adalah

$$R_i = \frac{V}{I_b} \dots\dots\dots (2.1)^2$$

Keterangan;

R_i = Resistansi isolasi (Ω)

V = Tegangan yang digunakan (V)

I_b = Arus bocor (A)

2.8 Besaran Arus Terhadap Tubuh Manusia

Kemampuan tubuh manusia terbatas terhadap besarnya arus yang mengalir di dalamnya. Tetapi berapa besar dan lamanya arus yang dapat ditahan oleh tubuh manusia sampai batas yang belum membahayakan sangat sukar ditetapkan. Dalam hal ini telah banyak diselidiki oleh para ahli dengan berbagai macam percobaan baik dengan tubuh manusia sendirimaupun dengan menggunakan binatang tertentu. Dalam batas-batas tertentu di mana besarnya arus belum berbahaya terhadap organ tubuh manusia telah diadakan terhadap beberapa orang sukarelawan yang menghasilkan batas-batas besarnya arus dan pengaruhnya terhadap manusia yang bebadan sehat. Penyelidikan yang terperinci telah dikemukakan oleh DR.Hans Prinz dimana batasan-batasan arus tersebut disusun menurut tabel 2.5

² Dr.Monang Sitorus, *Majalah Ilmiah "VISI" Universitas HKBP Nomensen*, Universitas HKBP Nomensen, Medan, 1990, Hal 3131.

Tabel 2.5 Batasan – Batasan Arus dan Pengaruhnya Pada Manusia²

Besar Arus	Pengaruh Pada Tubuh Manusia
0 – 0,9 mA	Belum dirasakan pengaruhnya, tidak menimbulkan reaksi apa – apa.
0,9 – 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik, tetapi tidak menimbulkan akibat kejang, kontraksi atau kehilangan kontrol.
1,2 – 1,6 mA	Mulai terasa seakan – akan ada yang merayap didalam tangan.
1,6 – 6,0 mA	Tangan sampai ke siku merasa kesemutan.
6,0 – 8,0 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah.
13 – 15mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar.
15 – 20 mA	Rasa sakit tidak tertahankan, penghantar masih dapat melepaskan dengan daya besar sekali.
20 – 50 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan tubuh manusia.
50 – 100 mA	Batas arus yang dapat meyebabkan kematian.

2.9 Rumus Penurunan Tahanan Isolasi

Dalam proses penghitungan penurunan tahanan isolasi. Terdapat beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk mendapat kan nilai-nilai yang dibutuhkan dalam hal ini rata-rata data nilai tahanan isolasi yang terukur saat Pengukuran dan presentase penurunan nilai tahanan isolasi. Adapun kedua persamaan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Rata – Rata Tahanan Islolasi} &= \frac{\sum \text{Tahanan Isolasi}}{\text{Banyak Data}} \\ &= \frac{R1+R2+R3}{3} \dots\dots\dots (2.2) \end{aligned}$$

$$\% \text{ Penurunan Tahanan Isolasi} = \frac{\sum Ra - \sum Rb}{\sum Ra} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

R1, R2, R3 = Nilai Percobaan Pertama, Kedua, dan Ketiga

$\sum Ra$ = Jumlah Nilai Tahanan Isolasi Insulator Kondisi Baik

$\sum Rb$ = Jumlah Nilai Tahanan Isolasi Insulator Kondisi Buruk

² Dr.Monang Sitorus, *Majalah Ilmiah “VISI” Universitas HKBP Nomensen*, Universitas HKBP Nomensen, Medan, 1990, Hal 3125.