

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Rujukan Penelitian Yang Pernah Dilakukan untuk mendukung penulisan skripsi ini antara lain:

1. Arif Kurniawan (2016) yang melakukan penelitian mengenai Analisa Jatuh Tegangan dan Penanganan pada Jaringan Distribusi 20 kV Rayon Palur PT. PLN (Persero) menggunakan Etap 12.6. Dari penelitian ini disimpulkan drop tegangan selalu mengalami penurunan sehingga tegangan kirim tidak sebanding dengan tegangan terima. Drop tegangan sepanjang feeder alas tuo dengan total tegangan terima dari penyulang palur sampai dengan alas tuo dengan nilai tegangan 19,857 KV dengan jatuh tegangan total 1,581 KV dan prosentase jatuh tegangan 0,00611%. Hasil perhitungan yang telah dilakukan bahwa jatuh tegangan pada saluran distribusi dipengaruhi panjangnya penghantar serta nilai impedansi dimana nilai impedansi dipengaruhi oleh nilai resistansi dan nilai reaktansi saluran, semakin besar nilai reaktansi dan nilai resistansi maka drop tegangan akan semakin besar.

2. Agusthinus S. Sampeallo, Wellem F. Galla, Rendi A. Oematan (2013) dalam jurnal penelitian mengenai Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV Berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo PT. PLN Persero Rayon Kupang). Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan besar impedansi dan pembebanan berpengaruh terhadap nilai jatuh tegangan pada Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo.

3. Andang Purnomo Putro, Karnoto, and Bambang Winardi (2015) dalam jurnal Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan Dengan Menggunakan Etap 7.5.0 mendapat kesimpulan bahwa presentase tegangan jatuh pada jaringan tegangan menengah tertinggi di Kabupaten Pelalawan sebesar 41% yang disebabkan oleh panjangnya hantaran.

4. Firman Rachmat Wahyudy (2013) yang melakukan penelitian mengenai Analisa Drop Tegangan Menengah 20kv Pada Penyulang Pagentenan Di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pamekasan yang dapat disimpulkan Drop tegangan dapat disebabkan oleh panjangnya pendistribusian tenaga listrik, beban persection dan luas penampang penghantar jaringan tegangan menengah (TM).

5. Windu Nur Hardiranto (2017) yang melakukan penelitian mengenai Analisa Optimasi Perbaikan Faktor Daya Dan *Drop* Tegangan Dengan Menggunakan Kapasitor *Bank* Pada *Line 5* PT Bukit Asam (PERSERO) TBK dapat disimpulkan Perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor daya sangat efektif dalam meningkatkan faktor daya dan mengurangi rugi-rugi pada jaringan.

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

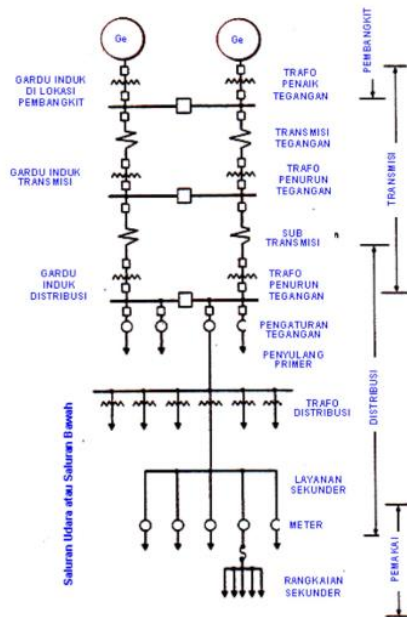
Jaringan distribusi didefinisikan sebagai sistem tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk sampai konsumen tenaga listrik (Gonen, Turan, 1996).

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber sampai ke konsumen. Fungsi distribusi tenaga listrik adalah membagikan atau menyalurkan tenaga listrik ke berbagai tempat dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pengguna layanan, karena catu daya pada pusat-pusat beban dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang berasal dari pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11-24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk menggunakan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV , 154 kV, 220 kV atau 500 kV yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan adalah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi. 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 menggunakan 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 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.



- Daerah I : Bagian pembangkit (Generation)
- Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission) , bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV)
- Daerah III : Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah (6 atau 20kV).
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi,bertegangan rendah

Gambar 2.1. Pengelompokan Sistem Tenaga Listrik

(Sumber : Hardiansyah, 2016)

A. Klasifikasi Saluran Tenaga Listrik :

1) Menurut nilai tegangannya :

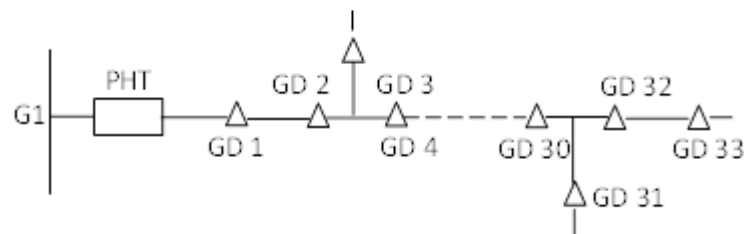
a. Saluran distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Berupa Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Jaringan ini menghubungkan sisi sekunder trafo daya di gardu induk menuju ke gardu distribusi, besar tegangan yang disalurkan adalah 6 kV, 12 kV atau 20 kV. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat

beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer yaitu :

1. Jaringan distribusi radial

Jaringan distribusi dengan radial tipe pohon, radial dengan tie dan switch pemisah, radial dengan pusat beban, dan radial dengan pembagian phase area. Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani. Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang-cabangnya makin keujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula.

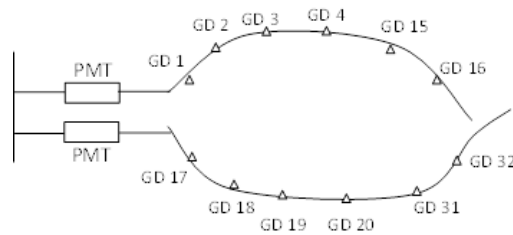


Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial

(Sumber : Feri Hatoropan Pasaribu, 2012)

2. Jaringan distribusi *ring (loop)*

Jaringan distribusi dengan bentuk *open loop* dan bentuk *close loop*. Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar 2 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.3 Jaringan Distribusi *Ring (Loop)*

(Sumber : <https://saranabelajar.wordpress.com>)

3. Jaringan distribusi jaring-jaring (Net).
4. Jaringan distribusi spindle
5. Saluran *radial interkoneksi*.

b. Saluran distribusi sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

Salurannya berupa SKTM atau SUTM yang menghubungkan gardu distribusi sekunder ke trafo distribusi konsumen. Tegangan sistem yang digunakan adalah 220 Volt dan 380 Volt. Di Indonesia dalam hal ini PT. PLN menggunakan sistem tegangan 220/380 Volt. Sebagai anggota, IEC (*International Electrotechnical Commission*), Indonesia telah mulai menyesuaikan sistem tegangan menjadi 220/380 Volt saja, karena IEC sejak tahun 1967 sudah tidak mencantumkan lagi tegangan 127 Volt.

- 2) Menurut bentuk tegangannya :
 - a. Saluran distribusi DC (*Direct Current*) menggunakan sistem tegangan searah
 - b. Saluran distribusi AC (*Alternating Current*) menggunakan sistem tegangan bolak-balik
- 3) Menurut jenis/tipe konduktornya :
 - a. Hantaran Udara (*Over Head Line*)

Hantaran udara berupa kawat terbuka atau kabel udara yang pada pemasangan diluar bangunan. Bahan yang dipakai untuk untuk kawat penghantar

sendiri aluminium telanjang (AAC atau *All Aluminium Cable*) dan juga AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*). Sistem ini baik untuk daerah dengan kerapatan daerah beban rendah, seperti daerah pinggiran kota maupun daerah pedesaan, Hantaran udara murah untuk daerah seperti itu karena harga.

Keuntungan-keuntungan dari hantaran udara antara lain mudah melakukan pencabangan untuk keperluan perkembangan beban, mudah mengadakan perbaikan gangguan yang bersifat sementara, dan mudah melakukan pemeriksaan jika terjadi gangguan pada jaringan.

Jaringan hantaran udara menyalurkan daya listrik melalui kawat telanjang atau kabel yang digantung pada tiang-tiang dengan peralatan isolator, disamping itu juga mengurangi keindahan sekitarnya karena saluran kabel itu tidak beraturan. Penghantar pada jaringan distribusi primer biasanya menggunakan jenis kabel atau kawat belitan dengan bahan penghantar dari jenis tembaga atau aluminium.

Tiang-tiang jaringan distribusi primer atau sekunder biasanya dapat berupa tiang kayu, besi ataupun beton, namun biasanya jaringan distribusi yang paling banyak digunakan adalah tiang dari jenis besi karena memberikan keuntungan karena tiang besi tidak mudah terpengaruh oleh keadaan alam sehingga usia pemakaian lebih panjang bila dibandingkan dengan tiang kayu. Tiang besi juga dapat langsung berfungsi sebagai elektroda pentanahan.

b. Hantaran Bawah Tanah (*Under Ground Cable*)

Hantaran bawah tanah menggunakan kabel tanah. Sistem ini biasanya diterapkan di daerah-daerah dengan kerapatan beban tinggi, seperti daerah pusat kota dan industri. Pada daerah tersebut, pembangunan hantaran udara terutama yang menggunakan kawat hantaran bawah tanah lebih banyak dipakai walaupun harganya relatif lebih mahal. Keuntungan dari hantaran ini adalah tidak dipengaruhi oleh perubahan cuaca, sambaran petir maupun oleh pepohonan serta gangguan yang disebabkan oleh manusia. Sedangkan hal yang dipandang merugikan dari hantaran bawah tanah ini adalah :

1. Harga kabel yang relative mahal
2. Tidak fleksibel terhadap perubahan jaringan

3. Gangguan sering bersifat permanent
4. Waktu dan biaya untuk menanggulangi bila terjadi gangguan lebih lama dan lebih mahal.

Secara umum kabel-kabel yang digunakan pada kedua sistem penyaluran daya diatas sesuai dengan konsep sebagai berikut :

1. Inti / Teras (*Core*) : Tunggal, ganda, tiga, dan setengah
2. Bentuk (*Shape*) : Bulat, sector
3. Susunan (*Arrangement*) : Sabuk, bertasbir, berisi minyak, berisi gas, diperkuat dan tidak diperkuat
4. Dielektris : Kertas (PILCTA), polyvinyl chloride (PVC),rantai silang polyethylene (XLPE), berisi gas (Nitrogen atau SF 6)

- c. Saluran bawah laut yang dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine communication cable*). Pada awalnya kabe komunikasi bawah laut digunakan untuk membawa lalu lintas telegrafi. Perkembangan selanjutnya untuk membawa lalu lintas telepon. Saat ini menggunakan teknologi *fiber optic* untuk membawa data-data digital seperti telepon dan internet.

B. Konfigurasi Saluran Distribusi Listrik:

1) Saluran konfigurasi horizontal

Yaitu bila diantara tiga saluran fasanya saling membentuk garis lurus horizontal, terbagi dalam dua macam yaitu : konfigurasi horizontal tanpa perisai pelindung dan konfigurasi horizontal dengan perisai pelindung.

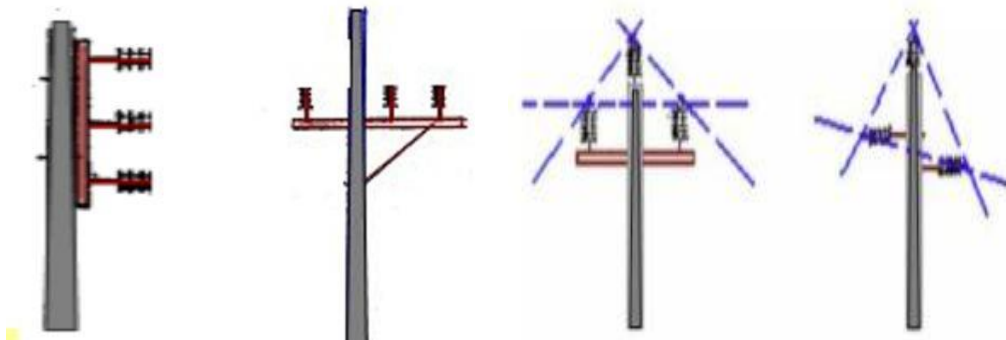
2) Saluran konfigurasi vertikal

Bila diantar tiga saluran fasa pada sistem tiga fasa (R,S,T) saling membentuk garis vertikal (tegak lurus bidang tanah, sejajar dengan posisi tiangnya).

3) Saluran konfigurasi delta

Konfigurasi segitiga atau delta ketiga fasanya membentuk bidang segitiga. Peletakan kabel terisolasi pada sisi tegangan rendah dengan diletakkan di atas *cable tray* menjadi pilihan gedung-gedung mal karena sesuai dengan kondisi medan yang *indoor*. *Cable tray* digantungkan pada pelat beton dengan lebar *tray* disesuaikan dengan diameter dan jumlah kabel yang digunakan. Untuk penghantar kawat digunakan jenis kabel NYY *single core type* dengan diameter bervariasi antara $1 \times 120 \text{ mm}^2$ sampai $1 \times 400 \text{ mm}^2$. Beberapa kabel menggunakan kabel tahan panas untuk kebutuhan sistem fire.

Untuk sistem bawah tanah yang digunakan untuk instalasi tanam kabel ditanam dalam tanah dengan menggunakan kabel tanah tegangan rendah jenis NYFGBY. Konfigurasi jaringan distribusi primer dipengaruhi oleh situasi medan dimana jaringan tersebut dipasang tegangan efektif antar fase umumnya adalah 380 V dan tegangan efektif fase dengan netral adalah 220 V.



Gambar 2.4 Konfigurasi Saluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

(Sumber : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2008/12/sistem-distribusi-tenaga-listrik.html>)

2.3 Sifat Beban

Pada suatu rangkaian listrik selalu dijumpai suatu sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi sumber DC adalah nol. Reaktansi induktif (X_L) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut akan short circuit. Reaktansi kapasitif (X_C) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan *open circuit*.

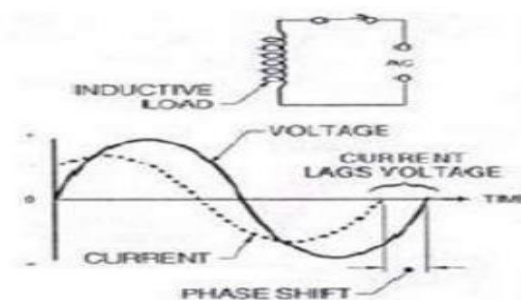
Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut :

A. Beban Resistif

Beban yang memiliki sifat resistif akan memiliki sifat yang sama dengan resistor. Apabila beban tersebut dialiri arus listrik maka arus listrik yang mengalir melalui beban tersebut adalah arus nominal pada beban dan memiliki nilai yang tetap sehingga tidak diaktifkan . Contoh beban beban listrik yang bersifat resistif adalah lampu pijar (penerangan), setrika, teko listrik, dan alat-alat rumah tangga yang bersifat pemanas lainnya. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali.

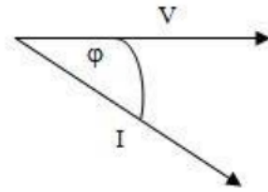
B. Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi contoh : motor – motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “lagging”. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR). Tegangan mendahului arus sebesar ϕ° . Secara matematis dinyatakan :



Gambar 2.5 Rangkaian Induktif Gelombang AC

(Sumber : <https://saranabelajar.wordpress.com/2010/02/18/karakteristik-beban-pada-sistem-arus-listrik-bolak-balik-ac/>)

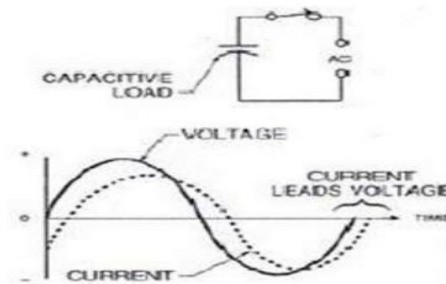


Gambar 2.6 Tegangan dan Arus pada Beban Induktif

(Sumber : <https://saranabelajar.wordpress.com/2010/02/18/karakteristik-beban-pada-sistem-arus-listrik-bolak-balik-ac/>)

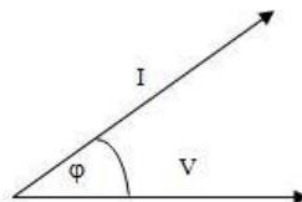
C. Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0–1. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Arus mendahului tegangan sebesar ϕ° . Secara matematis dinyatakan:



Gambar 2.7 Rangkaian Kapasitif Gelombang AC

(Sumber : <https://saranabelajar.wordpress.com/2010/02/18/karakteristik-beban-pada-sistem-arus-listrik-bolak-balik-ac/>)



Gambar 2.8 Tegangan dan Arus Pada Beban Kapasitif

(Sumber : <https://saranabelajar.wordpress.com/2010/02/18/karakteristik-beban-pada-sistem-arus-listrik-bolak-balik-ac/>)

2.4 Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dalam satuan watt dan daya reaktif dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR) dari daya yang disalurkan oleh pusat-pusat pembangkit ke beban. Nilai faktor daya akan mempengaruhi jumlah arus yang mengalir pada saluran untuk suatu beban yang sama. Rendahnya faktor daya disebabkan karena melebarnya sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya yang terlalu rendah mengakibatkan rugi yang sangat besar pada saluran.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor daya} &= \frac{P}{S} \\
 &= \frac{kW}{kVA} \\
 &= \frac{V.I \cos \phi}{V.I} \\
 &= \cos \phi
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Keterangan :

P = Daya Aktif

S = Daya Semu

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu. Keuntungan meningkatkan faktor daya :

1. Kapasitas distribusi sistem tenaga listrik akan meningkat.
2. Mengurangi rugi – rugi daya pada sistem.
3. Tagihan listrik akan menjadi kecil

Jika pf pelanggan jelek (rendah) maka kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunakan pelanggan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan semakin menurunnya pf sistem kelistrikan pelanggan. Akibat menurunnya pf itu maka akan muncul beberapa persoalan antara lain :

1. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi.
2. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR

3. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan

Jika nilai daya itu diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi-rugi daya menjadi besar sedang daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Dengan demikian produksi pada industri itu akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi untuk itu suplai daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya. Dengan bertambahnya nilai daya maka akan terjadi penurunan nilai V dan naiknya nilai I.

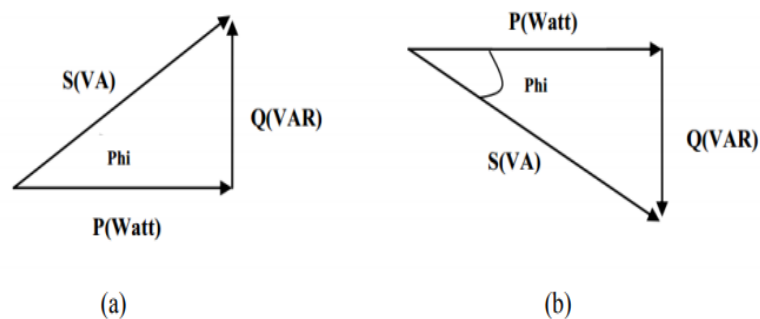
$$P = V \cdot I \quad (2.2)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)



Gambar 2.9 (a) Karakteristik Beban Kapasitif dan (b) Karakteristik Beban Induktif

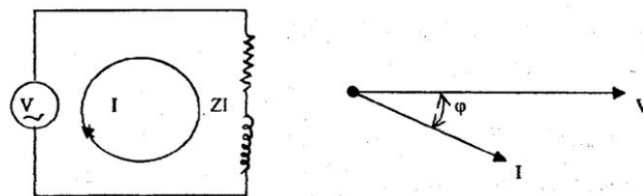
$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.3)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2.4)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ atau } S = V \cdot I \quad (2.5)$$

Pergeseran sudut fasa antara arus dan tegangan di tentukan oleh sifat impedansi beban (resistif, induktif, kapasitif) yang dihubungkan dengan sumber

arus bolak-balik tersebut. Apabila beban mempunyai impedansi yang bersifat resistif, maka arus dan tegangan sefasa atau besarnya pergeseran sudut fasa sama dengan nol. Dengan demikian faktor daya sama dengan satu (*unity power factor*). Impedansi beban bersifat induktif, vektor arus (I) terbelakang dari vektor tegangan (V), kondisi tersebut disebut faktor daya tertinggal (*lagging power factor*) sedangkan untuk impedansi beban yang bersifat kapasitif, vektor arus (I) mendahului vektor tegangan (V), keadaan tersebut dinamakan faktor daya mendahului (*leading power factor*).



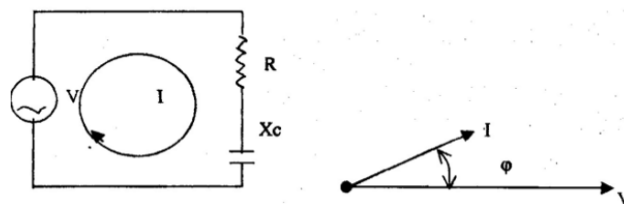
Gambar 2.10 Faktor Daya Tertinggal

(Sumber : <https://dedyalfilianto.wordpress.com/2014/06/08/faktor-daya/>)

Rumus faktor daya tertinggal yaitu :

$$\text{Faktor daya (Power Factor)} = \frac{P}{S} = \frac{V \times I \times \sin \varphi}{V \times I} = \sin \varphi \quad (2.6)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \quad (2.7)$$



Gambar 2.11 Faktor Daya Mendahului

(Sumber : <https://dedyalfilianto.wordpress.com/2014/06/08/faktor-daya/>)

Rumus faktor daya mendahului yaitu :

$$\text{Faktor daya (Power Factor)} = \frac{P}{S} = \frac{V \times I \times \cos \varphi}{V \times I} = \cos \varphi \quad (2.8)$$

2.5 Spesifikasi dan Jenis-Jenis Kabel Listrik

Secara umum kabel adalah kawat penghantar atau media penghantar untuk menyalurkan arus listrik. Kemampuan kabel listrik ditentukan oleh KHA (Kemampuan Hantar Arus) yang dimilikinya dalam satuan Ampere (A). KHA ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik. Sedangkan tegangan listrik dinyatakan Volt (V) dan besar daya (P) yang diterima dinyatakan dalam satuan Watt (W).

$$P = V \cdot I \quad (2.9)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

A. Jenis-Jenis Kabel Yang Digunakan Dalam Dunia Kelistrikan :

1. Kabel NYA

Kabel NYA sering digunakan dalam instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah biasanya digunakan ukuran $1,5 \text{ mm}^2$ dan $2,5 \text{ mm}^2$. NYA merupakan simbol dari bagian penghantar. Jumlah inti dan jenis selubung disimbolkan N yang menandakan NYA merupakan kabel penghantar berisolasi dengan penghantar tembaga sebagai inti. Simbol Y menandakan jenis selubung isolasi dari PVC. Simbol A menandakan kebel berisolasi tunggal.



Gambar 2.12 Tampilan Kabel NYA

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

Kabel NYA berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC dan digunakan untuk instalasi luar atau kabel udara. Warna pada isolasi kabel NYA

diantaranya yang berwarna merah (fase), kuning (fase), hitam (fase) serta biru (Netral) dan hijau kuning (Grounding/pentanahan).

2. Kabel NYM

Sama seperti kabel NYA kabel NYM juga biasanya digunakan untuk kabel instalasi rumah atau gedung dan ssstem tenaga. NYM merupakan simbol atau kode untuk menentukan jenis penghantar, jumlah inti, dan jenis selubungnya. Simbol N menandakan kabel standar atau penghantar berisolasi dengan tembaga sebagai inti. Simbol Y menandakan jenis selubung isolasi terbuat dari PVC dan simbol M menunjukkan kabel berisolasi lebih dari 1 dan berinti lebih dari 1 (2 dan 4).



Gambar 2.13 Tampilan Kabel NYM

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

Dapat di definisikan Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam. Biasanya kabel NYM digunakan sebagai instalasi penerangan. Hal ini karena lapisan isolatornya yang bagus sehingga tidak mudah terkelupas maupun putus. Harga kabel NYM lebih mahal di bandingkan kabel NYA.

3. Kabel NYY

Kabel jenis NYY hampir sama dengan kabel NYM hanya saja kebanyakan ukurannya lebih besar dan memiliki isolator yang lebih kuat dan tebal. Oleh karena itu kabel NYY sering digunakan dalam

instalasi listrik gedung, perkantoran, pabrik dan sebagainya hal ini disebabkan kabel NYY tahan terhadap baerbagai macam cuaca.



Gambar 2.14 Tampilan Kabel NYY

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

Pada kabel NYY simbol N menandakan kabel standar atau penghantar berisolasi dengan penghantar tembaga sebagai inti, simbol Y menandakan jenis Selubung isolasi dari PVC, dan simbol Y menandakan selubung luar dari PVC.

4. Kabel NYAF

Kabel NYAF ialah jenis kabel serabut fleksibel dan berisolasi PVC dengan penghantar tembaga berjenis serabut dimaksud guna mempermudah bergerak. Kabel jenis NYAF dipakai untuk instalasi panel-panel yang membutuhkan fleksibilitas yang tinggi.

Kabel jenis NYAF ini sangat cocok untuk tempat yang memiliki belokan – belokan tajam. Kabel NYAF dipakai pada lingkungan yang kering dan tidak dalam kondisi yang lemba atau terkena pengaruh cuaca secara langsung.

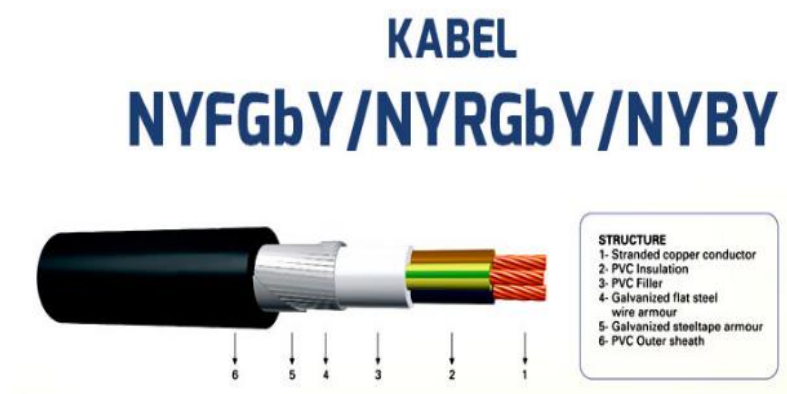


Gambar 2.15 Tampilan Kabel NYAF

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

5. Kabel NYFGBY/NYRGBY/NYBY

Kabel NYRGBY/NYFGBY/NYBY merupakan kabel yang hampir mirip dengan kabel NYY hanya saja di lapisan isolasi layer dalam (*innersheath*) di lapisi armour. Armour berfungsi sebagai pelindung kabel dari hantaman, benturan, tekanan dan tekukan. Kabel jenis ini mempunyai lapisan isolator yang kuat serta tahan lama. Dalam penggunaannya, kabel bisa di tanam dalam tanah tanpa perlu perlindungan tambahan lagi.



Gambar 2.16 Tampilan Kabel NYFGBY/NYRGBY/NYBY

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

6. Kabel NYCY

Kabel NYCY ialah kabel yang dirancang untuk penggunaan dalam ruangan, didalam tanah maupun di alam terbuka.



Gambar 2.17 Tampilan Kabel NYCY

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

7. Kabel Listrik BC (*Bare Conductor*)

Kabel BC mempunyai sistem konduktansi yang unik, yang mana penghantarnya terdiri dari pilinan kabel yang disatukan sehingga menghasilkan konstruksi kabel yang kuat dan tidak mudah putus.



Gambar 2.18 Tampilan Kabel *Bare Conductor*

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

8. Kabel listrik AAAC

Kabel AAAC adalah jenis kabel yang terdiri dari pilinan kabel berbahan aluminium-magnesium-silikon yang merupakan bahan logam campuran. Kabel ini didisain sebagai kabel yang mempunyai konstruksi yang kuat, anti karat serta untuk penggunaan yang sangat lama. Kabel jenis AAAC juga baik untuk dipakai sebagai penghantar dari penangkal petir.

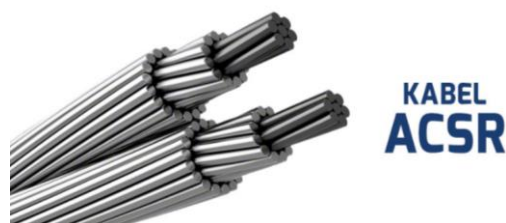


Gambar 2.19 Tampilan Kabel AAAC

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

9. Kabel ACSR

Kabel ACSR adalah kawat penghantar yang terdiri dari aluminium berinti kawat baja. Kabel ini dipakai untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, yang mana jarak antara menara/tiang saling berjauhan mencapai ratusan meter, maka diperlukan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu dipakai kawat penghantar ACSR.



Gambar 2.20 Tampilan kabel ACSR

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

10. Kabel ACAR

Kabel ACAR adalah kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan menggunakan logam campuran, sehingga kabel ini lebih kuat daripada kabel ACSR. Sama seperti halnya kabel ACSR, kabel jenis ACAR memiliki fungsi yang hampir sama dengan kabel ACSR hanya saja kabel jenis ACAR memiliki kualitas yang lebih baik karena bahan kabelnya diperkuat lagi dengan bahan logam campuran sehingga menghasilkan kabel yang sangat kokoh dan kuat.



Gambar 2.21 Kabel ACAR

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

11. Kabel NYMHYO

Kabel NYMHYO adalah kabel jenis serabut dengan berintikan dua serabut. Kabel NYMHYO banyak dipakai pada peralatan elektronik rumah tangga maupun peralatan elektronika yang membutuhkan arus rendah. Letak kabel ini biasanya ada pada *soundsystem*, kabel *loudspeaker*, kabel audio-video, rangkaian elektronika dan lain-lain.



Gambar 2.22 Kabel NYMHYO

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

12. Kabel NYMHY atau NYHY

Kabel NYMHY atau NYHY adalah jenis kabel yang banyak dipakai untuk keperluan listrik rumah tangga sekala kecil karena sifatnya fleksible dan tidak mudah patah yang instalasinya ada di atap dan dinding ruangan. NYMHY pada umumnya memiliki warna putih dan NYHY biasanya memiliki warna hitam. Kabel-kabel ini berinti lebih dari 1 kabel.



Gambar 2.23 Kabel NYMHY

(Sumber : <http://www.alkonusa.com>)

2.6 Jatuh Tegangan (Drop Tegangan)

A. Pengertian Jatuh Tegangan

Panjang sebuah saluran transmisi dapat didesain dengan mempertimbangkan jatuh tegangan (*Voltage Drop*). Jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (*sending end*) dan tegangan pada sisi terima (*receiving end*). Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah.

Di dalam saluran transmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Jatuh tegangan dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2.10)$$

ΔV = Jatuh Tegangan (Drop Voltage) (Volt)

V_s = Tegangan pengiriman di sisi sumber (Volt)

V_r = Tegangan penerima di sisi beban (Volt)

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen (V_r) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_s), sehingga jatuh tegangan (V_{drop}) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*Sending*

End) dan tegangan pada ujung penerimaan (*Receiving End*) tenaga listrik. Jatuh tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan V_R (*voltage regulation*) dan dinyatakan oleh rumus :

$$V_R = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\% \quad (2.11)$$

V_S = Tegangan pengiriman di sisi sumber (Volt)

V_R = Tegangan penerima di sisi beban (Volt)

Rumus untuk menghitung besarnya kerugian jatuh tegangan (*Drop Tegangan*) pada instalasi listrik 3 phase menurut *Electrical installation handbook Protection, control and electrical devices (Published by ABB SACE 2010, Hal 309)* yang mengacu berdasarkan IEC 60204-1 (*Safety of machinery*) dan IEC 60364-7-714 (*Electrical Installation of Building*) :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times \frac{\ell}{n} \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (2.12)$$

Sedangkan untuk menghitung besarnya jatuh tegangan (*Drop Tegangan*) pada instalasi listrik 2 phase bisa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta V = 2 \times I \times \frac{\ell}{n} \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (2.13)$$

Besar persentasi drop tegangan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (2.14)$$

Keterangan :

ΔV = Jatuh Tegangan (Volt)

R = Resistansi/tahanan penghantar phasa (Ω/km)

X = Reaktansi saluran (Ω)

ℓ = Panjang kabel penghantar (m)

n = Jumlah Konduktor

I = Besar Arus (A)

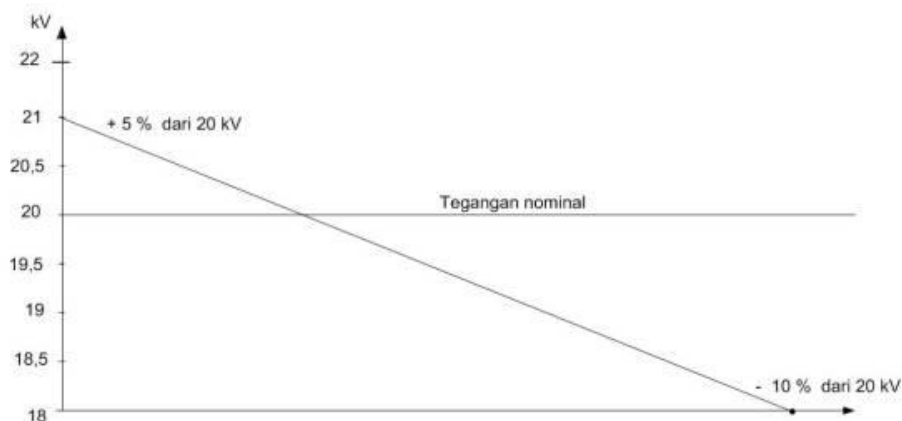
$\text{Cos } \varphi$ = Faktor daya

A = Luas Penampang (mm^2)

B. Standar Jatuh Tegangan yang Diizinkan

Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti (*PT.PLN(Persero),2010: hal 20*).

Jatuh tegangan semakin besar jika arus dalam penghantar semakin besar. Jatuh tegangan merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Oleh karena itu jatuh tegangan yang diizinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya (*Daryanto,2010:hal 18 &42*).



Gambar 2.24 Toleransi Tegangan yang Diizinkan

(Sumber: <https://modalholong.wordpress.com/2012/12/21>)

Berdasarkan dari standar PUIL 2000, dimana ditentukan bahwa variasi tegangan sebagian akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya. Besarnya rugi tegangan pada saluran transmisi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung).

C. Penyebab Terjadinya Jatuh Tegangan

Akibat adanya impedansi saluran dan beban maka antara tegangan sumber (V_s) dan tegangan penerima (V_r) ada perbedaan. Dimana tegangan penerima akan selalu lebih kecil dari tegangan sumber ($V_s > V_r$). Selisih tegangan tersebut disebut jatuh tegangan (ΔV). Secara umum jatuh tegangan adalah $V = V_s - V_r$. Besar kecilnya jatuh tegangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Tahanan Saluran Penghantar

Penghantar listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam setiap instalasi listrik, oleh karena itu dibutuhkan suatu bahan yang memiliki nilai tahanan/hambatan (Resistan) yang sekecil mungkin untuk digunakan sebagai penghantar listrik. Karena semakin kecil Tahanan atau hambatan dari penghantar tersebut, akan semakin kecil kerugian-kerugian listrik yang terjadi dalam suatu instalasi listrik. Dalam ilmu kelistrikan sendiri, kita mengenal istilah Hukum Ohm, yang berbunyi:

“Besaran Arus Listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar listrik akan berbanding lurus dengan nilai Tegangan dan berbanding terbalik dengan Resistan / hambatan (Ohm)”.

Untuk mengetahui seberapa besar tahanan atau hambatan yang dihasilkan dari penghantar listrik dalam suatu instalasi listrik, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho \cdot \ell}{A} \quad (2.15)$$

R = Nilai resistan/hambatan (Ω)

ρ = Nilai hambatan jenis bahan penghantar ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

- ℓ = Panjang penghantar (m)
 A = Luas penampang penghantar (mm^2)

Jatuh tegangan pada penghantar semakin besar jika tahanan penghantar semakin besar. Semakin besar tahanan jenis dari bahan penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi. Besar kecilnya tahanan jenis penghantar tergantung pada bahan penghantar yang digunakan.

2. Arus Saluran Penghantar

Semakin besar arus listrik yang mengalir pada penghantar, maka semakin besar Kerugian tegangan atau Tegangan jatuh yang terjadi.

3. Faktor Daya ($\text{Cos } \phi$)

Pada kondisi faktor daya rendah , arus yang mengalir akan meningkat . Sehingga jatuh tegangan pada penghantar akan mejadi lebih besar. Pengaruh dari jatuh tegangan akan mengakibatkan buruknya nilai regulasi tegangan (*Voltage Regulation* = V_R) pada sistem. Ketika faktor daya bernilai rendah , jatuh tegangan akan menjadi besar , sehingga nilai tegangan diujung penerima menjadi kecil bila dibandingkan dengan tegangan diujung pengirim dan akan semakin besar selisihnya apabila dibandingkan dengan nilai tegangan disisi pengirim ketika pada kondisi tanpa beban, dimana arus tidak ada yang mengalir.

4. Panjang Penghantar

Semakin panjang jarak suatu penghantar listrik yang terpasang akan semakin besar nilai tahanan atau hambatan penghantar tersebut oleh karena itu semakin panjang kabel penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau jatuh tegangan yang terjadi.

5. Luas Penampang Penghantar

Semakin besar ukuran luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil kerugian tegangan atau jatuh tegangan yang terjadi.

6. Usia Penggunaan Penghantar

Usia penggunaan penghantar akan mempengaruhi besarnya jatuh tegangan yang terjadi pada saluran penghantar. Hal ini terjadi karena adanya perubahan nilai resistansi dan reaktansi pada penghantar yang disebabkan oleh lamanya penggunaan penghantar dengan beban secara terus-menerus.

7. Perubahan Beban

Perubahan karena adanya penambahan beban dapat menyebabkan arus pada penghantar semakin besar sehingga jatuh tegangan yang terjadi pada penghantar juga akan semakin besar. Ketidak seimbangan beban dapat menyebabkan arus mengalir pada hantaran netral yang mengakibatkan adanya hambatan yang memicu terjadinya jatuh tegangan.