

# SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH

Oleh : Tri Watingsih

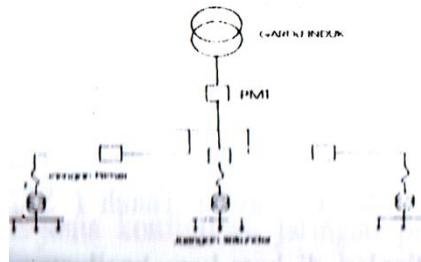
Abstrack

*Sistem pelistrikan menggunakan sumber yang disuplai dari GI sebesar 122 MVA dari 5 buah trafo yang masing-masing berkapasitas (30MVA tiga buah dan 16 MVA dua buah). Tenaga Listrik dari GI didistribusikan melalui sistem jaringan radial, tegangan sebesar 20 KV diturunkan dengan trafo step-down sehingga menjadi 220/380 volt.*

## PENDAHULUAN

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari suatu Gardu Induk Distribusi kekonsumen . Secara umum sistem distribusi dapat dibagi menjadi empat bagian utama yaitu : Gardu induk distribusi, Jaringan Primer, Gardu Distribusi, Jaringan Sekunder. Gardu Distribusi adalah gardu induk dimana terdapat transformator daya yang berfungsi untuk menurunkan tegangana tinggi menjadi tegangan rendah , Jaringan DistribusiTegangan menengah adalah jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ketransformator dengan tegangan yang disalurkan adalah 20 kv.

Jaringan tegangan rendah ( jaringan sekunder ) adalah jaringan yang menghubungkan transformator distribusi dengan konsumen, besar tegangan yang disalurkan adalah 380/220 V. Gambar 2.1 memperlihatkan skema umum sistem distribusi tenaga listrik.



Gambar 2.1 Skema umum sistem distribusi tenaga listrik Menurut bentuk sambungan terdiri dari: rangkaian 3 fase 3 kawat, 3 fase 4 kawat, fase tunggal, dengan hubungan rangkaian radial, tertutup (loop), jaringan grid (network ) dan spindel, dan sistim pertanahan titik netralnya.

## Jardis Menurut Besar Tegangan yang Dipakai

Biasanya tiap-tiap negara mempunyai standar tegangan sendiri-sendiri, dan berbeda satu dengan yang lain. Di Indonesia setandar tegangan yang digunakan adalah :

- a. Untuk jaringan tegangan menengah: 20 KV 2 fase 3 kawat / 3 fase 4 kawat 11,55 KV fase tunggal 2 kawat
- b. Untuk jaringan tegangan rendah 380 V 3 fase 4 kawat 220 V 1 fase 2 kawat. Untuk sistem lama dengan tegangan menengah 6 KV dan tegangan rendah 110 V lambat laun akan di hapus, sedang sistem yang dikembangkan selanjutnya adalah 11,55 / 20 KV untuk jaringan tegangan menengah dan 220 / 440 V, 220 / 380 V untuk jaringan tegangan rendah.

### **Jardis Menurut Frekuensi yang Dipakai**

Frekuensi yang biasanya dipakai pada sistem tenaga listrik adalah 25 Hz, 50 Hz, 60 Hz. Dan kebanyakan pada jaringan kereta api/ Tren listrik menggunakan 25 Hz, sedangkan di eropa termasuk juga Indonesia menggunakan 50 Hz. Untuk frekuensi 60 Hz banyak dipakai di Amerika Serikat dan Jepang dengan keuntungannya dibanding dengan 50 Hz yaitu kecepatan sinkron motor induksi dengan 2 kutub : 3600 rpm untuk 60 Hz, sedang 3000 rpm untuk 50 Hz Untuk Tegangan dan kapasitas trafo yang sama, karena trafo 60 Hz lebih ringan dibanding trafo 50 Hz, sehingga material yang diperlukan lebih sedikit, diantaranya reaktansi induksi lebih kecil, dan reaktansi kapasitas lebih besar, sehingga batas beban bertambah, rugi jaringan berkurang dan efesinsi lebih tinggi. Di Indonesia frekuensi yang dipakai ditetapkan 50 Hz.

### **Jardis Menurut Konstruksi**

Ditinjau dari segi konstruksi dapat dibagi atas : saluran Udara Tegangan Menengah ( SUTM ), Saluran Kabel Bawah Tanah ( SKTM ) dan Saluran udara tegangan menengah banyak dipakai di kota-kota kecil atau kota besar yang bebanya kurang padat. Berdasarkan hal-hal diatas maka pemilihan tipe konstruksi yang cocok banyak tergantung pada kondisi dan permintaan konsumen, walaupun sebenarnya saluran udara bila ditinjau dari segi teknis lebih ekonomis, sedangkan saluran kabel bawah tanah lebih menguntungkan ditinjau dari segi kurang jumlah gangguan dan segi keindahan.

### **Jardis Menurut bentuk sambungan**

Ditinjau dari bentuk sambungan sistem distribusi tenaga listrik dapat di bedakan menjadi : rangkaian 3 fase, 3 kawat yang diperoleh dari kumparan sekunder trafo, baik tersambung

delta maupun Bintang ( Y ) dengan keuntungannya hanya membutuhkan 3 kawat berarti menghemat biaya, bila dibanding dengan 3 fase 4 kawat, arus hubung singkat ketanah nol, sehingga tidak peka terhadap gangguan hubung dan beroperasi hanya dengan memakai 2 trafo satu fase yang dirangkai menjadi trafo 3 fase.

#### 1. Rangkaian 3 fase 4 kawat

Rangkaian 3 fase 4 kawat hanya di peroleh dari kumparan sekunder trafo yang terhubung bintang ( Y ) dengan keuntungannya adalah : sistem netral yang ditanahkan akan lebih murah, sebab tiap trafo hanya membutuhkan satu busing, satu arester, dan satu cut out. Sistem akan lebih aman, karena arus gangguan hubung singkat ketanah besar, sehingga mudah di rasakan oleh alat pengaman dan dengan cepat membuka saluran. Dengan menggunakan netral yang sama maka jaringan sekunder terpasang dibawah jaringan primer dan tidak perlu netral lagi

#### 2. Rangkaian 1 fase 2 kawat

Suatu rangkaian fase tunggal umumnya diperoleh dari suatu rangkaian 3 fase, yang di peroleh dari sebuah generator arus bolak-balik fase tunggal, dan jarang di pakai dengan jaringan primer distribusi fase tunggal yang diperoleh dari rangkaian 3 fase, 4 kawat dan beban percabangan untuk masing-masing fase dibuat sama, sehingga beban rangkaiannya seimbang.

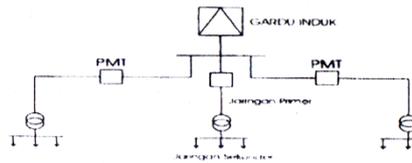
### **Jardis Menurut Konfigurasi Jaringan**

Pola jaringan distribusi primer pada suatu sistem distribusi sangat menentukan mutu pelayanan yang diperoleh dari sistem tersebut, khususnya mengenai kontinuitas pelayanannya. Adapun jenis-jenis konfigurasi jaringan primer yang di pakai adalah sebagai berikut:

#### **Sistem Radial**

Sistem radial adalah konfigurasi jaringan primer dan setiap salurannya hanya mampu menyalurkan daya dari satu aliran daya. Sistem ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kepadatan beban rendah. Dengan keuntungannya adalah kesederhanaan dari segi teknis serta biaya awal pembuatan lebih murah.

Sedangkan kelemahannya adalah kontinuitas pelayanan tidak dapat dijamin dan apabila terjadi gangguan ( terutama dekat dengan sumber ), maka semua beban akan ikut terganggu hingga dapat diatasi, berarti terputusnya pelayanan kepelanggan dan rugi daya dan tegangan juga tinggi.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Sistem Radial

### Sistem Loop

Sistem konfigurasi loop adalah jaringan yang dimulai dari satu titik pada rel daya dan dikelilingi beban kemudian kembali lagi ke titik rel daya semula. Jaringan konfigurasi biasa dipakai pada sistem distribusi yang melayani beban dengan kontinuitas dan pelayanan dengan baik ( lebih baik dari sistem radial ) serta banyak digunakan didaerah industri kecil dan daerah komersil. Karena sistemnya berbentuk loop maka sering dinamakan sistem cincin/gelang, dengan keuntungannya adalah gangguan akan dapat dilokalisir sekecil mungkin karena kedua ujung penyulang tersambung pada sumber sehingga kontinuitas pelayanan dapat dijamin.

### Sistem Grid ( Network)

Sistem distribusi dengan pola Grid mempunyai beberapa rel daya yang dihubungkan dengan saluran tie feeder, dan setiap gardu distribusi dapat menerima daya dari satu atau ke rel lain, dengan keuntungannya adalah kontinuitas pelayanan lebih baik dari pola radial maupun loop. Fleksibilitas dalam menghadapi/ mengantisipasi perkembangan beban sesuai dengan kerapatan beban tinggi Sistem Spindle

Sistem distribusi dengan pola spindle merupakan pengembangan dari pola radial dan loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari satu gardu induk diarahkan menuju satu tempat yang disebut gardu hubung ( GH ), kemudian antara gardu induk dengan gardu hubung tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut Feeder Express. Gardu Distribusi pada sistem ini terdapat disepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri. Pada keadaan normal sistem ini bekerja secara radial, namun dalam keadaan darurat atau terjadi gangguan bekerja secara loop. Dengan keuntungannya sangat sederhana dalam hal teknis dalam pengoprasian secara radial dan kontinuitas lebih baik dari sistem radial atau loop

Pengecekan pada masing-masing beban lebih mudah di bandingkan dengan pola Grid, dengan demikian peralatan pengaman (proteksi ) lebih sederhana dari pola grid, dan baik

dipergunakan pada daerah perkotaan dengan kerapatan beban yang tinggi Menurut bentuk sambungan

Berdasarkan cara pengentanan titik netral dan ada tidaknya kawat tanah pada saluran udara tegangan menengah 20 KV yang dikembangkan di Jawa antara lain Sistem distribusi 3 fase 3 kawat tanpa pentanahan titik netral dan tanah tinggi yang dikembangkan oleh PLN distribusi Jawa Timur, dengan maksud untuk memperoleh hasil optimum yang mengutamakan keselamatan umum, sehingga lebih banyak memasuki daerah perkotaan dengan saluran udara.

Sistem distribusi 3 fase 3 kawat pentanahan titik netral dengan tanah rendah yang dikembangkan di daerah perusahaan PLN. Distribusi Jawa Barat, Jakarta dan Tangerang. Sistem ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil optimum dari kombinasi antara faktor ekonomi dan kecelakaan umum disamping untuk membatasi arus gangguan tanah. Sistem distribusi 3 Fase 4 Kawat dengan pengentanan Secara Langsung ( Multi Grounded ) dikembangkan di daerah Jawa Tengah dengan maksud untuk memperoleh hasil yang lebih optimum dan mengutamakan segi ekonomisnya, sehingga pengiriman tenaga listrik saluran udara lebih obyektif dan banyak dipakai diluar kota sampai daerah- daerah pelosok, dan mempunyai tingkat isolasi terendah sehingga paling murah

Arus gangguan tanah cukup besar, mudah dideteksi sehingga dapat digunakan rele pengaman yang relatif murah dan cukup memuaskan untuk memutus tenaga dengan kecepatan tinggi serta biayanya lebih rendah dibanding sistem yang lain. Pengaman Jaringan Distribusi Tegangan menengah, ditinjau dari segi konstruksinya sangat rawan terhadap gangguan maupun sentuhan dari pohon disekitarnya, apalagi tanpa pelindung, dengan adanya gangguan-gangguan tersebut maka dapat menimbulkan gangguan arus lebih dan tegangan lebih pada saluran, sehingga melebihi kemampuan penghantar dan apabila tidak dapat segera dipadamkan akan berakibat sangat fatal terhadap penghantar maka dapat terbakar / meleleh, untuk merencanakan sistem pengaman saluran udara dari gangguan arus lebih haruslah diperhatikan adanya karakteristik arus waktu untuk penghantar yang digunakan, sehingga sistem pengaman dapat membebaskan gangguan sebelum penghantar rusak.

Kualitas penyediaan tenaga listrik kekonsumen dapat diukur berdasarkan banyaknya pemadaman setiap tahunnya, semakin sering terjadi gangguan sehingga kualitas penyedia tenaga listrik kurang baik, untuk menghindari gangguan penyaluran tenaga listrik yang diakibatkan adanya arus lebih pada saluran udara, maka perlu pemilihan peralatan pengaman arus lebih yang tepat serta mengkoordinasikannya. Dengan 3 Fungsi Sistem Pengaman yaitu :

menghindari atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya, menjaga keselamatan umum dari akibat gangguan listrik pada jaringan, meningkatkan kelangsungan pelayanan tenaga listrik kepada pelanggan. Persasaratann sistem pengaman. Sistem pengaman yang baik harus mampu : melakukan koordinasi dengan sistem TT GI/Transmisi/pembangkitan, mengamankan peralatan dari kerusakan dan gangguan, membatasi kemungkinan terjadinya kecelakaan secepatnya membebaskan pemadaman karena gangguan, membatasi daerah yang mengalami pemadaman, mengurangi frekuensi pemutusan tetap karena gangguan. Sedangkan setiap alat/sistem pengaman harus mempunyai : kepekaan/sensitivitas, kecermatan dan keandalan serta kecepatan bereaksi yang baik yaitu : keandalan / reliability

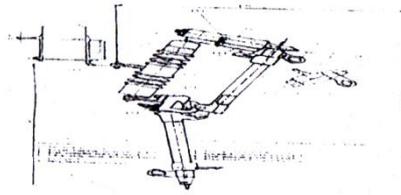
Dalam keadaan normal pengaman tidak bekerja, berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun walaupun pengaman tidak bekerja., tetapi pengaman yang diperlukan harus dapat bekerja, sebab jika gagal dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan, sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas ( Black out). Pengaman tidak boleh salah bekerja ( mistrip ) sebab dapat mengakibatkan pemutusan yang tidak perlu dan tidak semestinya. Jadi susunan alat pengaman harus dapat diandalkan baik pada pengaman itu sendiri maupun alat-alat lainnya. Keandalan pengaman tergantung pada design, pengerjaanya ( work manship ) untuk beberapa pengaman tidak harus bekerja, tetapi dengan pasti dapat bekerja sewaktu-waktu diperlukan. Oleh karena itu pengujian secara periodik perlu sekali dilakukan khususnya rele + PMT dengan maksud untuk : mengetahui apakah pengaman masih dapat bekerja, mengetahui penyimpangan-penyimpangan karekteristik untuk mengadakan koreksi penyetelan, membandingkan hasil pengujian sebelumnya agar diketahui proses terburuk pada pengaman alat bantunya sehingga dapat direncanakan perbaikan penggantinya. Pengaman lebur adalah salah satu peralatan pengaman (proteksi ) arus lebih yang bekerja dengan cara meleburkan elemen konduktifitasnya apabila dialiri arus tertentu selama waktu tertentu. Pada jaringan sistem 3 fase 4 kawat, pelebur di gunakan untuk pengaman percabangan jaringan 3 fase, percabangan jaringan 1 fase dan pengaman terhadap transformator distribusi.

#### Jenis dan Konstruksinya

Ada dua jenis pelebur jaringan tegangan menengah, yaitu :

1. Pelebur jenis letupan, dimana busur listrik yang terjadi waktu pemutusan dipadamkan oleh semprotan gas yang timbul karena panas busur listrik itu sendiri.

2. Pelebur Jenis Pembatas arus, adalah pelebur yang membatasi arus pada suatu nilai yang cukup rendah dan harga puncak arus perkiraannya setelah selang waktu tertentu seperti pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Pelebur Jenis Pembatas arus

### Koordinasi pengaman antara pelebur di sisi sumber dan di sisi hilir

Gambar Koordinasi antar Pelebur



Apabila dua buah pelebur (PL) berhubungan secara seri atau bertingkat, maka diperlukan koordinasi kerja pemutusan antara kedua pelebur sehingga dicapai sistem pengaman yang baik, yaitu jika terjadi gangguan di dekat beban pemroteksi, tidak berpengaruh secara fatal pada PL - terproteksi. Koordinasi antar pelebur adalah perbandingan antara waktu pembebasan maksimum dari pengaman lebur disisi hilir terhadap waktu lebur minimum disisi hulu tidak boleh lebih dari 75 %. Hal ini untuk menjamin pada saat PL - pemroteksi membebaskan gangguan, PL - terproteksi belum mengalami perubahan sifat (fisik ). Faktor 75% digunakan untuk mengatasi variabel pengaruh lingkungan dan panas pelebur. Prinsip diatas dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\frac{t.MCT.2}{t.MCT.1} \times 100\% < 75\%$$

Dengan :

T . MCT . 2 : waktu pembebasan terbesar PL - pemroteksi

t . MCT . 1 : waktu pelebur terkecil PL - terproteksi(detik)

Koordinasi Menggunakan Kurva arus - Waktu

Koordinasi menggunakan kurva arus-waktu adalah koordinasi antara dua pelebur yang menggunakan kurva arus - waktu pembebasan terbesar ( Clearing Trime ) dan kurva arus-waktu pelebur terkecil (Minimum Melting Time) Gambar 2.15 menunjukn contoh kurva arus waktu untuk koordinasi antara kedua pelebur. Sebagai Contoh :

Setting PL-1 ( PL - Terproteksi) : 30 T

Setting PL - 2 ( PL - Terproteksi) : 15 T

Apabila terjadi gangguan hubung singkat di titik B dengan arus gangguan 1550 Amp, maka dari kurva koordinasi arus waktu pada gambar 2.15, dihasilkan: T . MCT . 2 : 0,2' detik

T . MCT . 1 : 0,3 detik 0,21

$$\frac{0,21}{0,31} \times 100\% : 68\% < 75\%$$

Karena waktu pembebasan terbesar PL- pemroteksi masih lebih kecil dari 75% waktu pelebur terkecil PL-terproteksi, maka koordinasi berjalan baik. Tabel koordinasi maksimum antara PL - 1 dan PL - 2 adalah pada arus gangguan 1.700 amp. Apabila terjadi gangguan pada zona pengaman PL - 2 (titik B) dengan gangguan lebih kecil dari pada 1.700 Amp, maka PL - 2 akan melebur terlebih dulu sebelum PL-1.

Arus pelebur pengenal/tipe pemroteksi (A)	Arus pengenal / tipe pelebur yang diproteksi (A)													
	8T	10T	12,5T	16T	20T	25T	31,5T	40T	50T	63T	80T	100T	150T	200T
	Arus gangguan maksimum (A)													
6,3 T	-	150	70	95	120	150	205	250	320	380	510	680	1150	1520
8 T	-	-	30	50	120	150	205	250	320	380	510	680	1150	1520
10 T	-	-	-	40	50	150	205	250	320	380	510	680	1150	1520
12,5 T	-	-	-	-	30	110	205	250	320	380	510	680	1150	1520
16 T	-	-	-	-	-	70	170	240	320	380	510	680	1150	1520
20 T	-	-	-	-	-	-	90	100	320	380	510	680	1150	1520
25 T	-	-	-	-	-	-	-	80	150	380	510	680	1150	1520
31,5 T	-	-	-	-	-	-	-	-	90	170	510	680	1150	1520
40 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	250	680	1150	1520
50 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170	300	1150	1520
63 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	1150	1520
80 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	1520
100 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1520
160 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4000

Tabel 1. Koordinasi antar pelebur Type T (SPLN, 64 :1985)

Pelaksanaan pekerjaan pemantauan dengan mengontrol atau inspeksi baik pada jaringan tegangan menengah maupun pada jaringan tegangan rendah perlu dilakukan, karena pekerjaan ini akan menunjang dan membantu pekerjaan pemeliharaan agar dicapai penyaluran tenaga listrik yang optimal dan kontinuitas tinggi, yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pelebur adalah bagaimana dapat dilakukan penyesuaian dan koordinasi sebaik-baiknya antara pengaman dan peralatan yang diamankan dengan penyesuaian karekteristik dan persyaratan masing-masing, pelebur disisi hulu tidak boleh bekerja langsung terhadap

gangguan yang terjadi disisi hilir, dan speed Ratio (SR) harus dibuat setinggi mungkin agar daerah koordinasi dapat seluas mungkin dilakukan antar pelebur terproteksi dan pemroteksi harus bisa bekerja dan berkoordinasi dengan baik sesuai dengna fungsinya masing-masing

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aris Munandar, Kuwahara, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1984.
- AS. Pabla, electrical Power Distribution System, Tata Mc. Graw-Hill, Publ.Co.Ltd, New Delhi.
- E. Kuffel, W.S. Zaengl, High Voltage Engineering Fundamental, Perga mon Press, British, Fist Edition, 1984.
- Abdul Kadir, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, Jakarta : UI - Press, 2000.
- Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- James J.Burke, Power Distribution Engineering - Fundamentals And Applications, New York : Marcel Dekker Inc., 1994.
- Sudaryatno Sudirham, Dr., Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada Saluran, Bandung : ITB, Tim Pelaksana Kerjasama PLN-ITB, 1991.
- Sulasno, Ir., Teknik Tenaga Listrik, Semarang : Satya Wacana, 1991.
- Zuhal, Dasar Tenaga Listrik, Bandung : ITB, 1991.
- Abdul Kadir, Transformator, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 1989.
- Marsudi, D, 1990, Oprasi Sistem Tenaga Listrik, Balai Pustaka dan Humas ISTN, Jakarta
- Zuhal, 1988, Dasar Tekbik Listik dan Elektronika dasar, Gramedia Jakarta
- Standart Perusahaan Umum Listrik Negara Nomor 52-3 : Tahun 1983
- Standart Perusahaan Umum Listrik Negara Nomor 64 : Tahun 1985.