

BAB II

LANDASAN TEORI

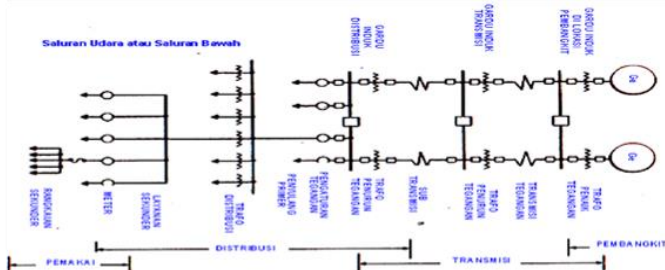
2.1. Distribusi Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik meliputi sistem distribusi. Dengan menggunakan sistem distribusi ini, tenaga listrik dari sumber daya besar (juga dikenal sebagai sumber daya massal) dapat dikirimkan ke pelanggan. Karena pasokan tenaga listrik di pusat-pusat beban (pelanggan) langsung disuplai melalui jaringan distribusi, maka fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1) pendistribusian atau pendistribusian tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan); dan 2) sub sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan pelanggan.

Pengelompokan dan pembagian jaringan distribusi sebagai berikut:

1. Wilayah I : Pusat generator (Pembangkit)
2. Wilayah II : Transmisi tegangan tinggi (HV, UHV, EHV)
3. Wilayah III : Distribusi Primer, Tegangan Menengah (6 atau 20kV).
4. Wilayah IV : Instalasi tegangan rendah (pada beban atau konsumen di dalam struktur).

Gambar 2.1 berikut ini memberikan penjelasan yang lebih menyeluruh tentang bagaimana jaringan di atas dibagi:



Gambar. 2.1 Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

2.2. Bagian – bagian jaringan distribusi

Untuk jaringan didistribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu sebagai berikut :

a. Jaringan distribusi primer

Jaringan distribusi utama adalah suatu sistem pemindahan tenaga listrik dari gardu distribusi ke gardu induk sub transmisi. Jaringan ini memiliki tegangan menengah, juga dikenal sebagai tegangan primer. Jaringan ini biasanya menggunakan enam jenis jaringan yang berbeda, termasuk sistem radial dan sistem tertutup, juga dikenal sebagai jaringan loop, ring, spindle, dan cluster (Abdul Kadir, 2006).

b. Jaringan distribusi sekunder

Tegangan di jaringan ini rendah. Distribusi sekunder, atau jaringan tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen, mempunyai pertimbangan yang sama dengan distribusi primer dalam hal kondisi pelayanan dan pengaturan tegangan. Jaringan ini sering memiliki tegangan rendah. (2006) Abdul Kadir

Listrik disalurkan dari gardu distribusi ke beban di konsumen dengan menggunakan sistem distribusi sekunder. Sistem radial merupakan bentuk saluran yang paling sering digunakan pada sistem distribusi sekunder. Konduktor berinsulasi dan tidak berinsulasi dapat digunakan dalam sistem ini.

2.3. Klasifikasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Komponen sistem tenaga listrik yang menghubungkan gardu induk dan fasilitas pembangkit tenaga listrik dengan konsumen disebut sistem distribusi tenaga listrik. Sedangkan jaringan distribusi adalah suatu cara untuk mendapatkan energi ke konsumen melalui sistem distribusi tenaga listrik. Suatu sistem distribusi harus: disesuaikan dengan kondisi setempat dengan mempertimbangkan faktor beban, lokasi beban, keandalan, dan nilai ekonomi pada saat mendistribusikan listrik ke pusat beban.

Berdasarkan tegangan pengenalnya sistem jaringan distribusi dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

- Sistem jaringan tegangan primer atau Medium Voltage Network (JTM) yaitu berupa Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Tegangan yang disuplai oleh jaringan ini, yang menghubungkan sisi sekunder transformator daya di gardu induk ke gardu distribusi, adalah 6 kV, 12 kV, atau 20 kV.
- Rute yang menghubungkan gardu distribusi dan sisi sekunder trafo distribusi ke pelanggan dikenal sebagai jaringan tegangan distribusi sekunder, kadang-kadang dikenal sebagai jaringan tegangan rendah (JTR). 220 dan 380 volt adalah tegangan sistem yang digunakan.

Dengan mengacu pada konfigurasi jaringan primer Perancangan jaringan distribusi primer dalam suatu sistem jaringan distribusi akan mempengaruhi kualitas layanan yang diterima, khususnya dalam hal kontinuitas layanan. Jenis jaringan primer yang paling umum adalah:

- a. Jaringan Distribusi Pola Radial
- b. Jaringan Distribusi Pola Loop
- c. Jaringan Distribusi Pola Grid
- d. Jaringan Distribusi Pola Spindle

Jaringan Distribusi Pola Radial adalah contoh jaringan distribusi.

2.4. Ruang Lingkup Jaringan Distribusi

Ruang lingkup dari jaringan distribusi adalah sebagai berikut:

1. SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah), terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan per-lengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
2. SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah),, 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, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
4. SUTR (Saluran Udara Tegangan Rendah) dan SKTR (Saluran Kabel Tegangan Rendah), terdiri dari: sama dengan perlengkapan/ material pada SUTM dan SKTM yang membedakan hanya dimensinya. (PLN Buku 5).

2.5. Jenis – Jenis Gardu Distribusi

Menurut system pemasangannya, gardu distribusi dibagi menjadi pemasangan luar dan pemasangan dalam. Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai masing jenis gardu distribusi menurut system pemasangannya :

1. Pemasangan luar :

- Pole mounting : gardu distribusi yang peralatannya di pasang langsung pada tiang, cara pemasangan ini cukup baik untuk trafo kapasiras kecil sampai 50 KVA
- H-Pole Mounting : Gardu distribusi ini dipasang pada lengan antara dua tiang, cara pemasangan ini baik untuk gardu berkapasitas sampai 200 kVA.
- Plat Form Mounting : Gardu distribusi ini dipasang pada konstruksi tersendiri dari empat tiang untuk penempatan trafo, cara ini baik untuk tempat dimana diperlukan peralatan yang membahayakan. Kapasitas maksimal dari gardu ini adalah 200 kVA.
- Pemasangan di Lantai : Gardu distribusi ini baik untuk semua ukuran gardu, tetapi biasanya untuk kapasitas daya lebih besar dari 250 kVA.

2. Pemasangan dalam :

Gardu distribusi pemasangan dalam memiliki jarak minimum sebagai persyaratan bangunan rumah trafo, yaitu sebagai berikut:

1. Jarak dari sisi dinding pada satu sisi minimum 1,25 m
2. Jarak dari sisi dinding pada dua sisi minimum 0,75 m
3. Jarak dari sisi dinding pada tiga sisi minimum 100 m
4. Jarak dari sisi minimum 1,25 m

2.6. Faktor yang mempengaruhi Keandalan Sistem Distribusi

Beberapa faktor yang harus diperhitungkan untuk menjaga keandalan kerja system distribusi adalah sebagai berikut :

➤ **Suhu**

Besarnya arus beban dibatasi oleh suhu, yang berarti bahwa beban untuk jenis elemen sistem ini ditentukan oleh suhu daripada faktor mekanis. Karena batasan ini bervariasi tergantung pada konfigurasi beban dan cuaca, area pembatas akan ditentukan untuk mengontrol beban dalam berbagai keadaan. (As Pabla, Abdulhadi, 1991)

➤ **Ekonomis**

Meskipun pembebanan normal komponen di kota berpenduduk padat berada di bawah batas ekonomi, hal ini digunakan untuk mencegah agar batas tersebut tidak terlampaui bahkan untuk waktu yang singkat dalam perekonomian. Tingkat ekonomis pembebanan tercapai jika hanya untuk membayar kerugian sama dengan hanya mengurangi kerugian (berdasarkan biaya tahunan). situasi mendesak. (As Pabla, Abdul Hadi, 1991)

➤ **Tegangan Jatuh**

Perbedaan antara tegangan di ujung pengirim dan tegangan di ujung penerima daya listrik dikenal sebagai jatuh tegangan pada saluran. Besarnya tegangan pada saluran arus bolak-balik dipengaruhi oleh beban dan faktor kerja, serta impedansi dan masuk saluran. (Kumawahara, arismunandar, 1993)

➤ **Tegangan Lebih (As Pabla, Abdulhadi, 1991)**

Komponen harus mampu menangani lonjakan tegangan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri atau oleh sumber eksternal selain kehilangan tegangan.

2.7. Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Kapasitas sistem tenaga listrik untuk kembali ke keadaan semula setelah terjadi gangguan dikenal sebagai stabilitas sistem. Tanpa melepaskan generator atau beban, integritas sistem harus dipertahankan. Untuk menjaga sistem bekerja dengan baik dan untuk mengisolasi peralatan yang rusak, generator atau beban harus diputuskan. Pengoperasian sistem tenaga listrik memerlukan penyesuaian beban, keluaran generator, dan faktor operasional lainnya. Stabilitas suatu sistem ketika mengalami gangguan transien tergantung pada jenis gangguan dan keadaan awal operasinya. Gangguan mungkin kecil atau besar; gangguan kecil akan menjadi pergeseran terus-menerus dalam beban, yang sistem akan beradaptasi. Tergantung pada tuntutan beban, sistem harus dapat berfungsi dengan baik di bawah berbagai kondisi beban. Suatu sistem juga harus mampu bertahan dari gangguan yang signifikan seperti hubung singkat jaringan transmisi dan kegagalan generator.

Ketika gangguan transien terjadi pada sistem tenaga yang stabil, sistem akan stabil tanpa ada komponen individu yang rusak dan kembali normal melalui tindakan pengontrol dan operator otomatis. Di sisi lain, itu akan menghasilkan keadaan yang tidak terkendali dalam sistem yang tidak stabil, seperti penurunan tegangan bus secara bertahap. Sebagian besar sistem tenaga listrik dapat mengalami pemadaman akibat kondisi sistem yang tidak stabil.

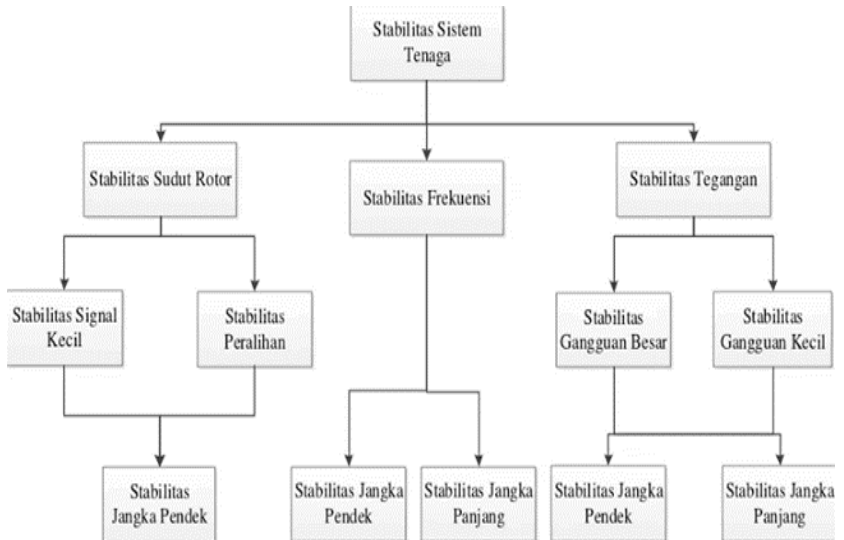
2.8. Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Tidaklah layak untuk mengatasi masalah stabilitas sistem tenaga. Ketidakstabilan sistem dapat mengambil berbagai bentuk dan dipengaruhi oleh berbagai elemen. Klasifikasi stabilitas sistem tenaga listrik ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

- Kapasitas mesin sinkron sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi dalam menghadapi gangguan disebut sebagai "stabilitas sudut rotor". ketidakstabilan yang disebabkan oleh peningkatan sudut ayunan beberapa generator dan mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dengan generator lain
- Kapasitas sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi tetap

dalam menghadapi gangguan sistem yang menyebabkan ketidakseimbangan antara generator dan beban disebut stabilitas frekuensi. Fluktuasi frekuensi berkelanjutan yang disebabkan oleh ketidakstabilan dapat membuat beban atau unit pembangkit tersandung.

- Stabilitas tegangan adalah kapasitas sistem tenaga untuk terus beroperasi dengan tegangan yang stabil di semua busnya jika terjadi gangguan penyalan. Lonjakan tegangan atau jatuhnya beberapa bus dapat menyebabkan ketidakstabilan.



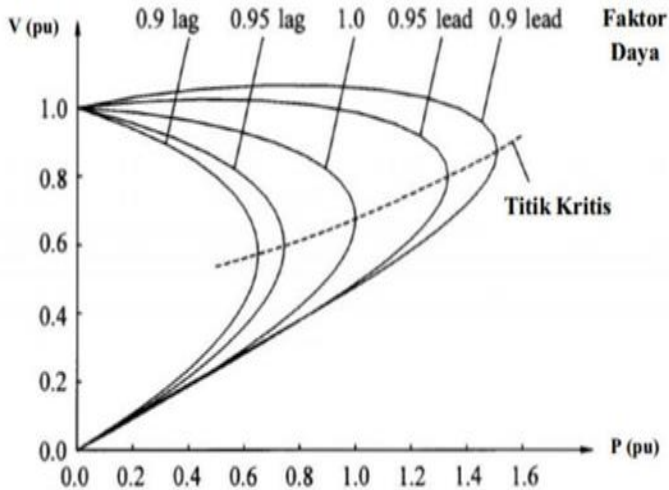
Gambar 2.2. klasifikasi stabilitas sistem tenaga listrik

2.9. Analisis Kestabilan Tegangan Statis

Analisis statis (pada kondisi tunak) sering digunakan untuk memecahkan masalah ketidakstabilan tegangan yang disebabkan oleh gangguan kecil, termasuk peningkatan beban. Simulasi aliran daya adalah teknik penelitian utama yang digunakan dalam analisis statis. Kurva P-V dan kurva Q-V adalah dua bagian dari pendekatan

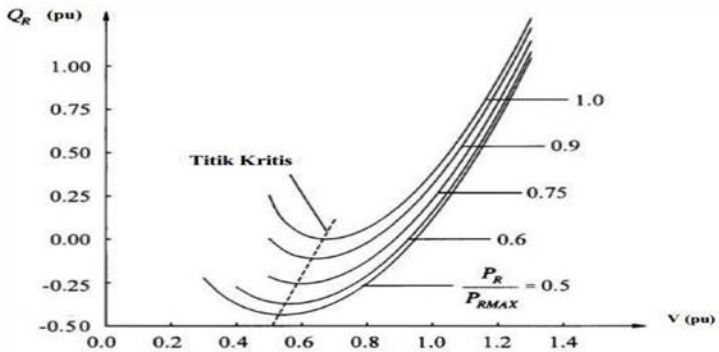
ini. Kedua pendekatan tersebut dapat memberikan batas pembebanan kondisi tunak untuk stabilitas tegangan. [Taylor, 1994].

Hubungan antara daya aktif (P) dan tegangan digambarkan dengan kurva P - V (V) [Kundur, 1994]



Gambar 2.3 kurva P - V

Tegangan sistem akan berkurang dengan meningkatnya daya aktif yang disuplai ke sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. di mana satu daya aktif sistem dimulai pada 0 pu dan berakhir pada 1 pu. Tegangan akan mulai turun segera setelah daya aktif diterapkan. Sampai suatu titik yang dikenal sebagai titik kritis, ketika penambahan daya aktif akan menyebabkan ketidakstabilan tegangan, proses ini terus berlanjut. Jelas dari gambar di atas bahwa stabilitas tegangan dipengaruhi oleh faktor daya. Karena tegangan berada pada batas yang disyaratkan, dapat ditunjukkan dari kurva P - V bahwa pembebanan daya aktif maksimum.



Gambar 2.4 Kurva Q-V Nominal untuk Sistem 2 Bus.

Pada Gambar 2.4 menunjukkan hubungan antara tegangan dan daya reaktif dengan faktor beban yang berbeda. Terlihat bahwa semakin besar daya reaktif yang dibutuhkan, maka tegangan akan mengalami penurunan [Kundur, 1994].

Untuk sistem tenaga listrik yang besar, kurva Q-V didapatkan dengan beberapa kali simulasi aliran daya. Kurva Q-V menggambarkan tegangan pada bus yang diuji atau bus yang kritis terhadap daya reaktif pada bus yang sama. Kurva Q-V dibuat dengan menentukan beberapa nilai daya reaktif pada bus dan disimulasikan untuk melihat nilai tegangan bus untuk setiap nilai Q yang berbeda. Keadaan operasi normal dianggap sebagai titik daya reaktif nol. Beberapa kelebihan dari analisis dengan kurva Q-V antara lain [Taylor, 1994]:

- Keamanan tegangan sangat berhubungan dengan daya reaktif dan kurva QV dapat memberikan informasi batas daya reaktif pada bus yang diuji. Batas daya reaktif adalah jarak nilai VAR dari titik operasi hingga titik minimum kurva.
- Bus yang diuji dapat merepresentasikan semua bus dalam sebuah area kendali tegangan (sebuah area dimana nilai tegangannya berubah secara koheren)
- Kurva Q-V dapat dibuat pada titik-titik sepanjang kurva P-V untuk menguji kekuatan (robustness) sistem

- d. Kemiringan (gradien) kurva Q-V mengindikasikan kekakuan (stiffness) sistem.

2.10. Photovoltaic

Sebuah gadget fotovoltaik adalah salah satu yang dapat langsung mengubah sinar matahari menjadi listrik. Fotovoltaik sering disingkat sebagai PV. Silikon adalah komponen utama yang digunakan dalam produksi PV. Dalam keadaan tertentu, teknologi fotovoltaik dapat berfungsi dengan baik dan ramah lingkungan. Temperatur panel surya, radiasi matahari, kondisi atmosfer bumi, orientasi array PV, dan kedekatan panel surya (array) dengan matahari semuanya mempengaruhi seberapa efisien sel surya beroperasi (sudut kemiringan).^[9]

Biasanya, bahan baku semikonduktor seperti silikon, galium arsenida, kadmium tellurida, atau tembaga indium deselenida digunakan. Sel surya yang terbuat dari kristal sering digunakan dalam produksi sel surya. Alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah sel surya atau panel surya..^[10]



Gambar 2.5. contoh penggunaan PV sebagai pembangkit pada PLTS kupang.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini memiliki kapasitas terpasang 5 MWp dan menempati lahan dengan luasan sekitar 75.143 m². PLTS 5 MWp Kupang ini merupakan Pembangkit

Listrik Tenaga Surya PERTAMA dan TERBESAR di Indonesia yang dibangun dengan konsep Independent Power Producer.

DG adalah sumber daya yang produktif. Berbeda dengan fasilitas pembangkit terpusat, DG menggunakan generator yang lebih kecil. DG seringkali memiliki kapasitas di bawah 10 MW. Listrik didistribusikan oleh DG dekat dengan beban dan memiliki kegunaan yang luas. Dimungkinkan untuk menggunakan DG dengan kapasitas daya kecil untuk memenuhi beban puncak yang hanya terjadi pada jam-jam tertentu setiap hari (Defino, 2002). Ini adalah beberapa keuntungan dari DG:

- a. Pada pengguna akhir atau pelanggan, umumnya mendapat keuntungan dengan adanya pembangkit cadangan skala kecil yang dapat meningkatkan keandalan penyaluran tenaga listrik.

Dapat mengatasi pertumbuhan beban yang tidak pasti dan dapat menekan harga listrik melambung tinggi.