



## BAB II

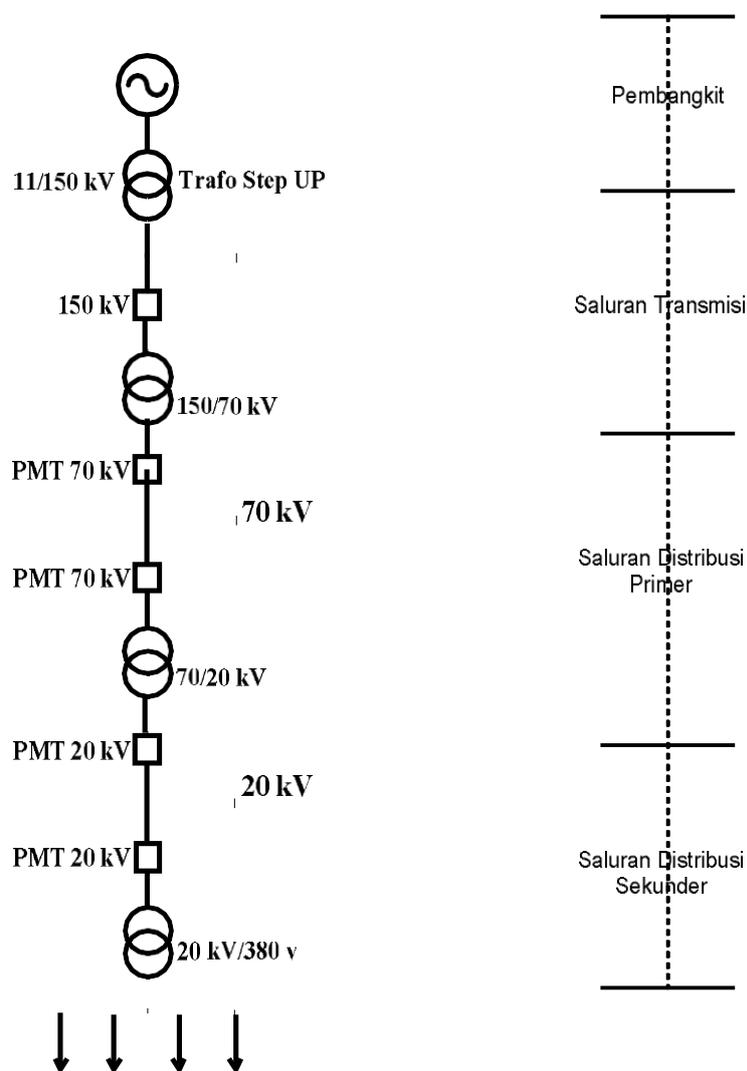
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk menggunakan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV 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 ( $I^2 \cdot R$ ). 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 menggunakan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi yang kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi menurunkan tegangannya menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220V/380V. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh digunakan tegangan setinggi mungkin dengan menggunakan trafo *step-up*. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi



lingkungan dan mahalny harga perlengkapannya, selain itu menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Oleh karena itu, pada daerah-daerah pusat beban, tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo *step-down*. Dalam hal ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik<sup>[7]</sup>



Keterangan:

TR = Tegangan Rendah            PP = *Power Plan*  
GIT = Gardu Induk                GID = Gardu Induk  
GD = Gardu Distribusi

Pada gambar 2.1 digambarkan bagian-bagian dari sistem jaringan distribusi tenaga listrik secara umum. Untuk jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian besar yaitu:

- a. Jaringan Distribusi Primer, yaitu jaringan tenaga subtransmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah (20 kV).
- b. Jaringan Distribusi Sekunder, yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke beban/konsumen. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan rendah (220 V/380V).

Setelah saluran transmisi mendekati pusat pemakaian tenaga listrik, yang merupakan suatu daerah industri atau suatu kota, tegangan melalui gardu induk (GI) diturunkan menjadi tegangan menengah (TM) 20 kV. Setiap gardu induk (GI) merupakan pusat beban untuk suatu daerah pelanggan tertentu. Bebannya berubah-ubah sepanjang waktu sehingga daya yang dibangkitkan dalam pusat-pusat listrik selalu berubah. Perubahan daya yang terjadi di pusat pembangkit ini bertujuan untuk mempertahankan tenaga listrik tetap pada frekuensi 50 HZ. Proses perubahan ini dikoordinasikan dengan Pusat Pengaturan Beban.

Tegangan yang diterima di titik-titik beban pada jaringan distribusi lebih kecil dari tegangan yang disalurkan. Hal ini disebabkan adanya rugi tegangan di sepanjang jaringan listrik yang diakibatkan oleh pemakaian beban listrik, panjang saluran, luas penampang saluran, impedansi saluran dan nilai faktor kerja



yang buruk. Akibat dari rugi tegangan ini ialah menimbulkan rugi daya dan mempengaruhi efisiensi penyaluran ke konsumen.

Baik buruknya suatu sistem distribusi dinilai dari beberapa faktor, diantaranya<sup>[19]</sup>:

- a) Kontinuitas pelayanan
- b) Fleksibilitas
- c) Kualitas daya
- d) Pertimbangan ekonomis
- e) Kondisi dan situasi lingkungan

## **2.2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik<sup>[19]</sup>**

Secara umum, saluran tenaga listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

### **2.2.1 Menurut Jenis/Tipe Konduktornya**

- a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan tiang dan perlengkapannya yang dibedakan atas :  
Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi pembungkus.  
Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.
- b. Saluran bawah tanah, dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (*ground cable*).
- c. Saluran bawah laut, dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine cable*).

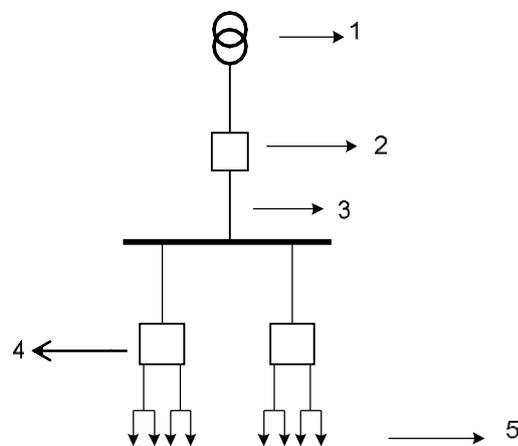
### **2.2.2. Menurut Susunan Rangkaiannya**

Dari uraian diatas telah disinggung bahwa sistem distribusi dibedakan menjadi dua yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.



### a. Jaringan Distribusi Primer

Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo substation (G.I.) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. 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 suplay tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer. Berikut adalah gambar bagian-bagian distribusi primer secara umum.



**Gambar 2.2 Bagian-Bagian Sistem Distribusi Primer**

Keterangan :

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 1. Transformator daya | 4. Gardu Hubung     |
| 2. Pemutus tegangan   | 5. Gardu Distribusi |
| 3. Penghantar         |                     |



Bagian-bagian sistem distribusi primer terdiri dari :

- a. Transformator daya, berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah atau sebaliknya.
- b. Pemutus tegangan, berfungsi sebagai pengaman yaitu pemutus daya.
- c. Penghantar, berfungsi sebagai penghubung daya.
- d. Gardu hubung, berfungsi menyalurkan daya ke gardu gardu distribusi tanpa mengubah tegangan.
- e. Gardu distribusi, berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah.

**a. Jaringan Distribusi Primer Menurut Bahan Konduktornya<sup>[6]</sup>**

Jaringan distribusi SUTM 20 KV pada umumnya menggunakan jenis kawat yaitu saluran yang konduktornya tidak dilapisi isolasi sebagai pelindung luar (telanjang). Tipe demikian digunakan pada pasangan luar yang diharapkan terbebas dari sentuhan misalnya untuk jenis kabel yaitu saluran yang konduktornya dilindungi/dibungkus lapisan isolasi.

Bahan konduktor yang paling populer digunakan adalah tembaga (*copper*) dan aluminium. Tembaga mempunyai kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium karena konduktivitas dan kuat tariknya lebih tinggi. Tetapi kelemahannya ialah untuk besar tahanan yang sama, tembaga lebih berat dari aluminium, dan juga lebih mahal. Oleh karena itu kawat penghantar aluminium telah menggantikan kedudukan tembaga. Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat aluminium digunakan campuran aluminium (*aluminium alloy*).

Oleh karena itu ada beberapa macam jenis konduktor, yaitu:



a. AAC (*All-Aluminium Conduktor*)

Kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium.

b. AAAC (*All-Aluminium-Alloy Conduktor*)

Kawat penghantar yang terbuat dari campuran aluminium.

c. ACSR (*All Conduktor, Steel-Reinforce*)

Kawat penghantar aluminium berinti kawat baja.

d. ACAR (*Aluminium Conduktor, Alloy-Reinforced*)

Kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

**b. Jaringan Distribusi Primer Menurut Susunan Rangkaian**

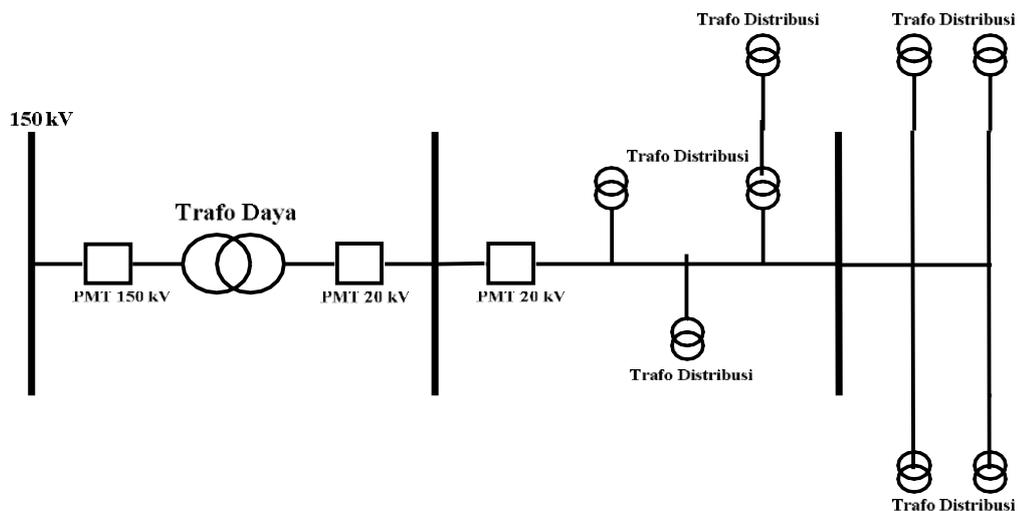
Susunan rangkaian sistem jaringan distribusi ada beberapa macam, yaitu :

**b.1 Sistem Radial**

Sistem radial ini merupakan suatu sistem distribusi tegangan menengah yang paling sederhana, murah, banyak digunakan terutama untuk sistem yang kecil/kawasan pedesaan. Proteksi yang digunakan tidak rumit dan keandalannya paling rendah.

Keuntungan :

- a. Mudah mengoperasikannya.
- b. Sistem pemeliharaannya lebih murah.
- c. Bentuknya sederhana.



**Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Sistem Radial<sup>[1]</sup>**

Kerugiannya :

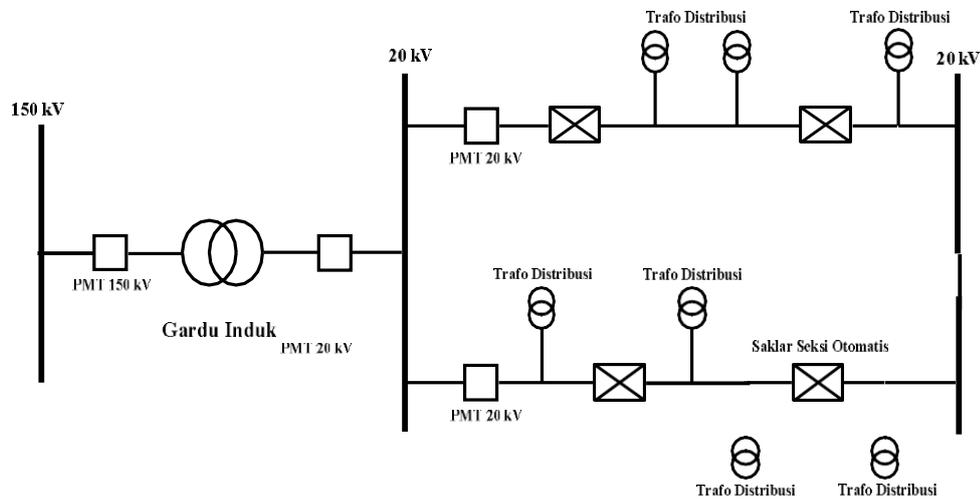
- a. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- b. Kontinuitas pelayanannya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami "black out" secara total.

### **b.2 Sistem Loop**

Pada sistem loop terbuka, bagian-bagian *feeder* tersambung melalui alat pemisah (*disconnectors*), dan kedua ujung *feeder* tersambung pada sumber energi. Pada suatu tempat tertentu di *feeder*, alat pemisah sengaja dibiarkan dalam keadaan terbuka. Pada azasnya, sistem ini terdiri atas dua *feeder* yang dipisahkan oleh suatu pemisah, yang dapat berupa sekring, alat pemisah dan saklar daya. Terlihat pada gambar 2.4 bila terjadi gangguan, bagian saluran dari *feeder* yang terganggu dapat dilepas dan disambung pada *feeder* yang tidak terganggu. Sistem



demikian biasanya dioperasikan secara manual dan dipakai pada jaringan yang relatif kecil.



**Gambar 2.4 Jaringan Distribusi Sistem Loop<sup>[1]</sup>**

Jaringan ini merupakan pengembangan dari sistem radial. Dengan diperlukannya kehandalan yang lebih tinggi dan umumnya sistem ini dapat dipasok dalam satu gardu induk. Dimungkinkan juga dari gardu induk lain tetapi harus dalam satu sistem di sisi tegangan tinggi, karena hal ini diperlukan untuk manuver beban pada saat terjadi gangguan.

Keuntungan dan Kerugian :

- a. Secara teknis lebih baik dari sistem radial karena kualitas dan kontinuitas pelayanan daya lebih baik. (+)
- b. Biaya sedikit lebih mahal karena dibutuhkan pemutus beban lebih banyak. (-)

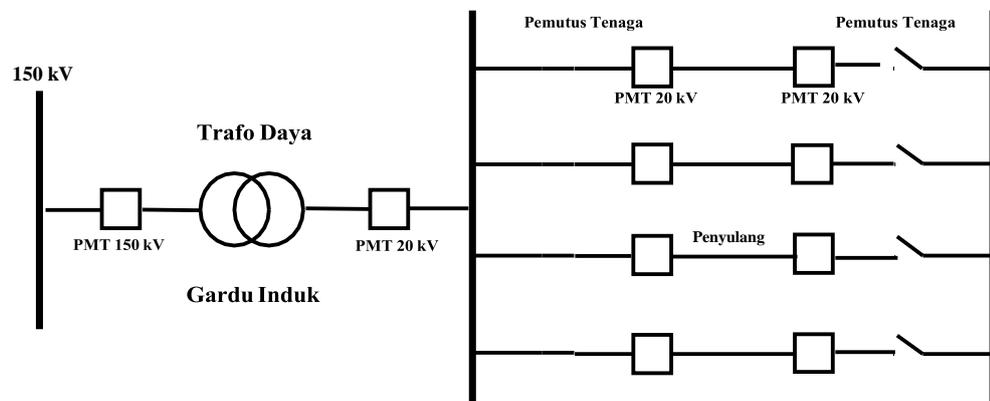


### b.3 Sistem Ring

Bila pada titik beban terdapat dua alternatif saluran berasal lebih dari satu sumber. Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan "*loop*". Susunan rangkaian penyulang membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik karena susut tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.

Keuntungan :

- a. Jumlah konsumen yang besar bisa dijangkau.
- b. Gangguan salah satu sisi penghantar harus sanggup menampung seluruh beban yang terpasang pada sistem, disini erat hubungannya dengan rugi tegangan.
- c. Mudah operasi.



Gambar 2.5 Jaringan Distribusi Sistem Ring<sup>[1]</sup>

