

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Tosa Anhar Husada pada tahun 2017 yang berjudul “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20kV di PT. PLN (Persero) Area Tanjung Karang Menggunakan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)” yang bertujuan untuk menghitung nilai indeks keandalan dari sistem distribusi tegangan menengah 20kV pada PLN Area Tanjung Karang Bandar Lampung dengan menggunakan metode Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) dengan memperhitungkan laju kegagalan, repair time dan switching time dari setiap komponen dalam jaringan distribusi untuk mendapatkan indeks keandalan pada sistem tersebut. Serta dilakukannya studi untuk memperbaiki nilai indeks keandalan dengan penambahan komponen sectionalizer dan fuse pada jaringan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis pada penyulang kabut didapatkan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 3.3364 dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 7.884149 lalu setelah dilakukan upaya peningkatan keandalan dengan penambahan sectionalizer dan fuse maka didapat hasil perbaikan untuk nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 3.001356 dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 4.848395.

Penelitian sebelumnya dan penelitian ini mempunyai kesamaan dalam hal tujuan penelitian yaitu untuk menganalisis keandalan system distribusi 20kV dengan melihat dari sisi SAIDI dan SAIFI. Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini terletak metode yang digunakan, Dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan metode Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). Disisi lain penelitian ini selain menganalisis keandalan sistem juga membandingkan keandalan system distribusi dengan menggunakan kebel AAAC dan AAAC-S.

Kedua, penelitian yang dilakukan Nurmiati Pasra, Muh Fajri dan Samsurizal pada tahun 2022 dengan judul Evaluasi Tingkat Keandalan Sistem

Distribusi 20 kV Menggunakan Indeks SAIDI SAIIFI. Penelitian ini dilakukan di T. PLN (Persero) UP3 Biak. Nilai hasil indeks keandalan setelah dilakukannya pemeliharaan secara berkala berupa rabas pohon, pemasangan ijuk, pemasangan tekep isolator dan perbaikan konstruksi SUTM dan SUTR, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada ULP Biak Kota nilai SAIDI dan SAIIFI sebelum dilakukan pemeliharaan adalah 47,76 dan 44,58, setelah dilakukan pemeliharaan nilainya menjadi 5,9 dan 4,98 dengan persentase penurunan sebesar 87,6 % dan 88,8 %.

Penelitian ini dengan penelitian sebelumnya sama-sama menganalisis keandalan system distribusi Listrik dengan menggunakan SAIDI dan SAIIFI. Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada tempat penelitian. Penelitian sebelumnya dilakukan di Biak sedangkan penelitian ini dilakukan di Banyuwangi. Selain itu, penelitian sebelumnya fokus untuk mengetahui ada tidaknya perubahan dari SAIDI dan SAIIFI setelah dilakukannya pemeliharaan secara berkala, sedangkan dalam penelitian ini lebih memfokuskan pada perbandingan penggunaan kabel AAAC dan AAAC-S dalam system distribusi Listrik.

2.2 Landasan Teori

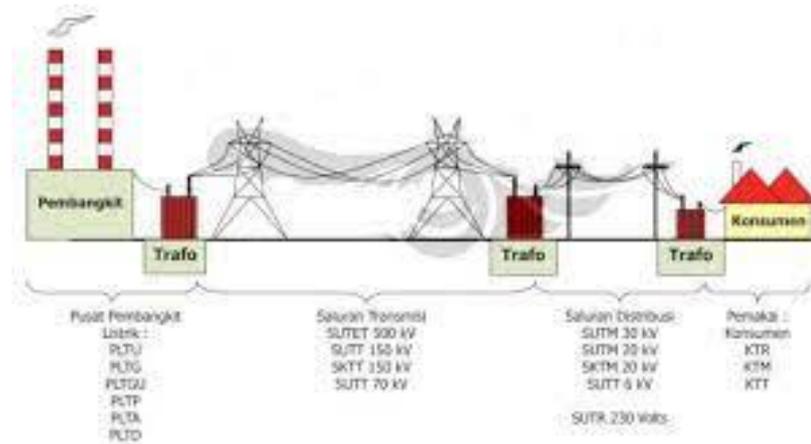
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen, antara lain unit pembangkitan, saluran transmisi, gardu induk, dan jaringan distribusi yang berhubungan sedemikian rupa dan bekerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan (Yolnasdi et al., 2021). Menurut Tenda et al., (2016) Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain yang dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan satu kesatuan yang terinterkoneksi, suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi.

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terintegrasi yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan energi listrik dengan mempertimbangkan keseimbangan antara permintaan tenaga listrik (demand) dan penyediaan pasokan listrik (supply) sehingga dapat melayani kebutuhan konsumen (beban) secara terus menerus. Keseimbangan daya antara kebutuhan beban dengan pembangkitan (generator) merupakan salah satu ukuran kestabilan operasi sistem tenaga listrik. Kestabilan suatu sistem tenaga listrik merupakan kemampuan dari sistem untuk menjaga kondisi operasi yang seimbang dan juga kemampuan dari sistem tersebut untuk kembali ke kondisi operasi normal ketika terjadi gangguan.

Berdasarkan beberapa definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem tenaga listrik secara umum didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk membangkitkan, mentransmisikan dan mendistribusikan energi listrik dari pusat pembangkit sampai konsumen yang terdiri atas komponen peralatan atau mesin listrik seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman serta pengaturan yang saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk menyalurkan dan menggunakan energi listrik.

Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat beban. Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan seperti terlihat pada gambar 2.1 berikut ini (Huda et al., 2022):



Gambar 2.1 Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik

Energi listrik dibangkitkan oleh pembangkit tenaga listrik, disalurkan melalui saluran transmisi dan kemudian didistribusikan ke beban. Saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik bertegangan tinggi ke pusat-pusat beban dalam tegangan yang tinggi atau menengah, maka saluran distribusi berfungsi membagikan tenaga listrik tersebut ke beban melalui saluran tegangan rendah.

Di Indonesia generator di pusat pembangkit biasanya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6–20 kV yang kemudian, dengan bantuan transformator step up tegangan tersebut dinaikkan menjadi 150-500 kV. Saluran transmisi tegangan tinggi menyalurkan tenaga listrik menuju pusat penerima untuk mengantisipasi kerugian daya hilang (power loss) yang kemudian di beberapa tempat akan diturunkan tahap demi tahap.

Pada gardu induk (GI), tenaga listrik yang diterima kemudian dilepaskan menuju transformator distribusi (TD) dalam bentuk tegangan menengah 20 kV. Melalui transformator distribusi yang berupa transformator penurun tegangan (step down) di berbagai pusat beban, tegangan tersebut diturunkan menjadi tegangan rendah 220/380 V yang akhirnya diterima konsumen. Fungsi dari saluran distribusi adalah untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke beban dengan mengalirkan tegangan rendah sehingga siap untuk dipakai beban di sisi konsumen.

Menurut Fauzi et al., (2018), dalam mencapai tujuan dari perasi sistem tenaga listrik maka perlu diperhatikan tiga hal berikut ini yaitu ekonomi, keandalan dan kualitas



Gambar 2.2 Tujuan Pengendalian Operasi Sistem Tenaga Listrik

Dalam operasi sistem tenaga listrik harus memenuhi kriteria tujuan operasi mutu, ekonomis, sekuriti namun kondisi ini sulit untuk dipenuhi sehingga prioritas/urutan bisa berubah tergantung kondisi sistem. Pada saat terjadi gangguan, maka keamanan adalah prioritas utama sedangkan mutu dan ekonomi bukanlah hal yang utama. Demikian juga pada saat keamanan dan mutu sudah bagus, maka selanjutnya ekonomi harus diprioritaskan.

2.2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik ke konsumen. Sistem distribusi terdiri dari jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR). Jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah umumnya beroperasi secara radial.

Saluran distribusi berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke konsumen dengan menggunakan tegangan rendah. Sistem distribusi dapat bedakan menjadi dua kelompok yaitu jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR), jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi menengah merupakan suatu jaringan yang letaknya sebelum gardu distribusi berfungsi menyaurkan tenaga listrik bertegangan menengah yang merupakan saluran udara atau kabel tanah, gardu distribusi tegangan menengah yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah

(380V, 220V) yang menghasilkan tegangan kerja/tegangan jala-jala untuk industri dan konsumen (Suhadi & Wrahatnolo, 2008). Jadi fungsi dari distribusi tenaga listrik adalah :

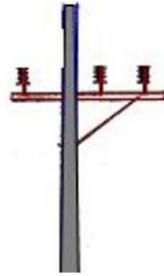
1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa pelanggan atau konsumen
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pusat-pusat beban (pelanggan atau konsumen) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

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

1. Menurut nilai tegangannya :
 - a. Saluran distribusi primer, terletak pada sisi primer transformator distributor, yaitu antara titik sekunder transformator substation (gardu induk) dengan titik primer transformator distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan atau konsumen, bisa disebut jaringan distribusi
 - b. Saluran distribusi sekunder, terletak pada sisi sekunder transformator distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban.
2. Menurut bentuk tegangannya :
 - a. Saluran distribusi Direct Current (DC) menggunakan sistem tegangan searah.
 - b. Saluran distribusi Alternating Current (AC) menggunakan sistem tegangan bolak-balik.
3. Menurut jenis atau tipe konduktornya :
 - a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan penyangga (tiang) dan perlengkapannya, dan dibedakan atas : saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang,

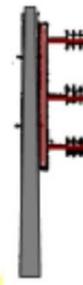
tanpa adanya isolasi pembungkus dan saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.

- b. Saluran bawah tanah, dipasang didalam tanah dengan menggunakan kabel tanah.
 - c. Saluran bawah laut, dipasang didasar laut dengan menggunakan kabel laut.
4. Menurut susunan salurannya :
- a. Saluran konfigurasi horizontal, bisa saluran fasa terhadap fasa yang lain ataupun terhadap fasa terhadap netral, serta saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis horizontal.



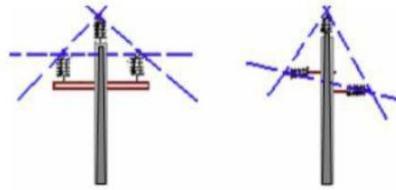
Gambar 2. 3 Saluran Konfigurasi Horizontal

- b. Saluran konfigurasi vertikal bila saluran tersebut membentuk vertikal



Gambar 2. 4 Saluran Konfigurasi Vertikal

- c. Saluran konfigurasi bila kedudukan saluran satu sama lain membentuk suatu segetiga (delta).



Gambar 2.5 Saluran Konfigurasi Delta

5. Menurut susunan rangkaiannya

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

a. Jaringan sistem distribusi primer

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 seituasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampe ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer, yaitu :

- 1) Jaringan distribusi radial, dengan model radial tipe pohon, radial dengan tie, dan switch pemisah, radial dengan pusat beban dan radia dengan pembagian phase area.
- 2) Jaringan distribusi ring (loop), dengan model bentuk open loop dan bentuk close loop.
- 3) Jaringan distribusi Jaring-jaring
- 4) Jaringan distribusi spindle
- 5) Saluran radial interkoneksi

b. Jaringan sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-

beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan adalah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut dengan sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen atau pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut :

- 1) Papan pembagi pada transformator distribusi.
- 2) Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
- 3) Saluran layanan pelanggan (SLP)

Dalam usaha meningkatkan kualitas, keterandalan, dan pelayanan tenaga listrik ke konsumen, maka diperlukan persyaratan sistem distribusi tenaga listrik yang memenuhi alasan-alasan teknis, ekonomis, dan sosial sehingga dapat memenuhi standar kualitas dari sistem pendistribusian tenaga listrik tersebut. Adapun syarat-syarat sistem distribusi tenaga listrik tersebut adalah:

1. Faktor Keterandalan Sistem

- a. Kontinuitas penyaluran tenaga listrik ke konsumen harus terjamin selama 24 jam. Persyaratan ini cukup berat, selain harus tersedia tenaga listrik pada pusat pembangkit tenaga listrik dengan jumlah yang cukup besar, juga kualitas sistem distribusi tenaga listrik harus dapat diandalkan, karena digunakan secara terus menerus. Untuk itu diperlukan beberapa cadangan yaitu :

- 1) Cadangan siap, merupakan cadangan yang didapat dari suatu pembangkit yang tidak dibebani secara penuh dan dioperasikan sinkron dengan pembangkit lain guna menanggulangi kekurangan daya listrik.

2) Cadangan panas, merupakan cadangan yang disesuaikan dari pusat pembangkit tenaga termis dengan ketel-ketel yang selalu dipanasi atau dari PLTA yang memiliki kapasitas air yang setiap saat mampu untuk menggerakkannya.

3) Cadangan diam, merupakan cadangna dari pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang dapat dioperasikan, tetapi disediakan untuk setiap saat guna menaggulangi kekurangan daya listrik.

b. Setiap gangguan yang terjadi dengan mudah dilacak dan diisolir sehingga pemadaman tidak perlu terjadi. Untuk itu diperlukan alat-alat pengaman dan pemutus tegangan (Air Break Switch) pada setiap wilayah beban.

c. Sistem proteksi dan pengaman jaringan harus tetap dapat bekerja dengan baik dan tepat.

2. Faktor Kualitas Sistem

a. Kualitas tenaga listrik yang sampai ketitik beban harus memenuhi pesyaratan minimal untuk setiap kondisi dan sifat-sifat beban. Oleh karena itu diperlukan stabilitas tegangan (Voltage Regulator) yang bekerja secara otomatis untuk kualitas tegangan sampai kekonsumen stabil.

b. Tegangan jatuh atau tegangan drop dibatasi pada harga 10 % dari teganagn minimal sistem untuk satiap wilayah beban. Untuk itu, daerah beban yang terlalu padat diberikan beberapa voltage regulator untuk menstabilkan tegangan.

c. Kualitas peralatan lsitrik yang dipasang pada jaringan dapat menahan tegangan lebih (Over Voltage) dalam waktu singkat

3. Faktor pemeliharaan Sistem

- a. Kontinuitas pemeliharaan sistem perlu dijadwal secara berkesinambungan sesuai dengan perencanaan awal yang telah ditetapkan, agar kualitas sistem tetap terjaga dengan baik
- b. Pengadaan peralatan listrik yang dibutuhkan hendaknya sesuai dengan jenis/spesifikasi material yang dipakai, sehingga bias dihasilkan kualitas sistem yang lebih baik dan murah.

4. Faktor Keselamatan Sistem Dan Publik

- a. Keselamatan penduduk dengan adanya jaringan tenaga listrik harus diperhatikan dengan baik untuk daerah padat penduduk. Hal ini diperlukan rambu-rambu pengaman dan peringatan agar penduduk dapat mengetahui bahaya listrik. Selain itu untuk daerah yang sering mengalami gangguan perlu dipasang alat pengaman untuk dapat meredam gangguan tersebut secara tepat dan terpadu.
- b. Keselamatan alat dan kelengkapan jaringan yang dipakai hendaknya memiliki kualitas yang baik dan dapat meredam secara cepat bila terjadi gangguan pada sistem jaringan. Untuk itu diperlukan jadwal pengontrolan alat dan perlengkapan jaringan secara terjadwal dengan baik dan berkesinambungan.

Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari hal-hal berikut ini:

1. Kontinuitas Pelayanan yang baik, tidak sering terjadi pemutusan, baik karena gangguan maupun karena hal-hal yang direncanakan. Biasanya, kontinuitas pelayanan terbaik diprioritaskan pada beban-beban yang dianggap vital dan sama sekali tidak dikehendaki mengalami

pemadaman, misalnya: instalasi militer, pusat pelayanan komunikasi, rumah sakit, dll.

2. Kualitas Daya yang baik, antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi, tegangan yang selalu konstan dan nominal, frekuensi yang selalu konstan (untuk sistem AC).
3. Perluasan dan Penyebaran daerah beban yang dilayani seimbang.
4. Fleksibel dalam pengembangan dan perluasan daerah beban. Perencanaan sistem distribusi yang baik, tidak hanya bertitik tolak pada kebutuhan beban sesaat, tetapi perlu diperhatikan pula secara teliti mengenai pengembangan beban yang harus dilayani, bukan saja dalam hal penambahan kapasitas dayanya, tetapi juga dalam hal perluasan daerah beban yang harus dilayani.
5. Kondisi dan Situasi Lingkungan. Faktor ini merupakan pertimbangan dalam perencanaan untuk menentukan tipe-tipe atau macam sistem distribusi mana yang sesuai untuk lingkungan bersangkutan, misalnya tentang konduktornya, konfigurasinya, tata letaknya, dsb. Termasuk pertimbangan segi estetika (keindahan) nya.
6. Pertimbangan Ekonomis. Faktor ini menyangkut perhitungan untung rugi ditinjau dari segi ekonomis, baik secara komersial maupun dalam rangka penghematan anggaran yang tersedia.

Sistem distribusi dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis sebagai berikut:

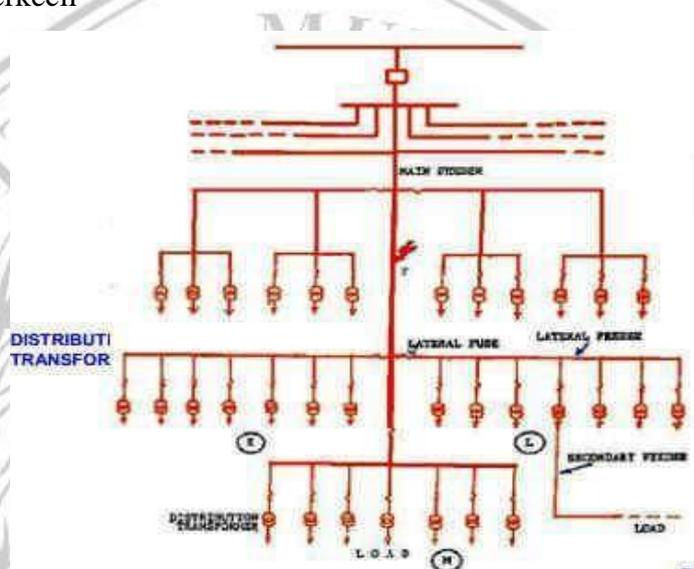
1. Sistem Distribusi Radial

Pola radial adalah jaringan yang setiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya. Jaringan ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kepadatan beban yang rendah. Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugiannya apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran tersebut akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi (Arismunandar, 1975). Jaringan distribusi radial memiliki beberapa modifikasi,

antara lain:

a. Jaringan Radial Tipe Pohon

Bentuk ini merupakan bentuk yang paling dasar. Satu saluran utama dibentang menurut kebutuhannya, selanjutnya dicabangkan dengan saluran cabang (lateral penyulang) dan lateral penyulang ini dicabang - cabang lagi dengan sublateral penyulang (anak cabang) (Arismunandar, 1975). Sesuai dengan kerapatan arus yang ditanggung masing-masing saluran, ukuran penyulang utama adalah yang terbesar, ukuran lateral adalah lebih kecil dari penyulang utama, dan ukuran sub lateral adalah yang terkecil

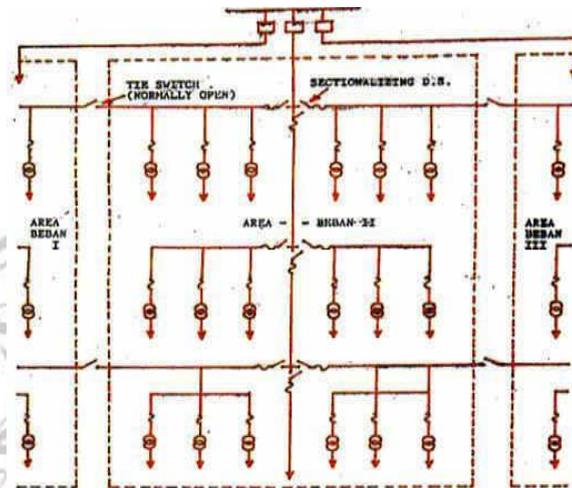


Gambar 2.6 Jaringan Radial Tipe Pohon

b. Jaringan Radial Dengan Tie Dan Switch Pemisah

Bentuk ini merupakan modifikasi bentuk dasar dengan menambahkan tie dan switch pemisah, yang diperlukan untuk mempercepat pemulihan pelayanan bagi konsumen, dengan cara menghubungkan area-area yang tidak terganggu pada penyulang yang bersangkutan, dengan penyulang di sekitarnya (Arismunandar, 1975). Dengan demikian bagian penyulang yang terganggu dilokalisasi, dan bagian penyulang lainnya yang "sehat" segera dapat dioperasikan kembali, dengan cara melepas switch

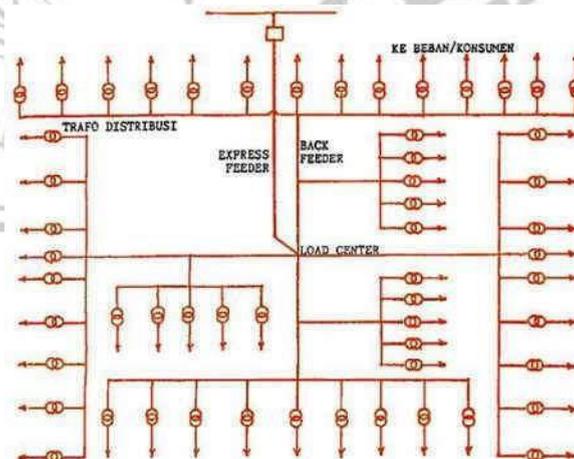
yang terhubung ke titik gangguan, dan menghubungkan bagian penyulang yang sehat ke penyulang di sekitarnya



Gambar 2.7 Jaringan Radial Dengan Tie Dan Switch

c. Jaringan Radial Dengan Pusat Beban

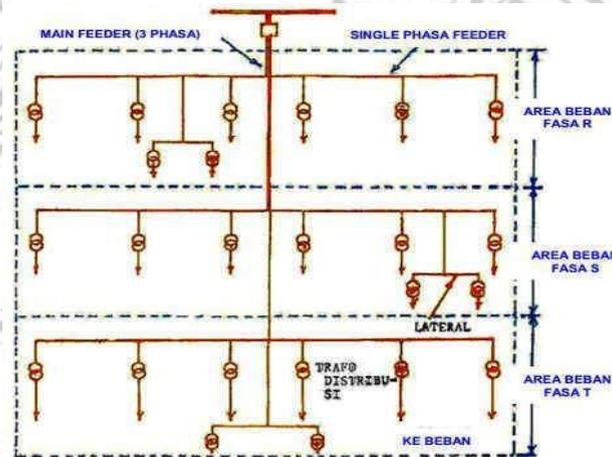
Jaringan dengan bentuk mencatu daya dengan menggunakan penyulang utama (*main feeder*) yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebar dengan menggunakan *back feeder* secara radial (Arismunandar, 1975).



Gambar 2.8 Jaringan Radial Dengan Pusat Beban

d. Jaringan radial dengan pembagian *phase area*

Jaringan dengan masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan akibat kondisi sistem 3 fasa yang tidak seimbang, bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap dengan pembagian bebannya (Arismunandar, 1975). Karena hanya cocok untuk daerah beban yang stabil dan penambahan maupun pembagian bebannya dapat diatur merata dan simetris pada setiap fasanya.



Gambar 2.9 Jaringan Radial Tipe *Phase Area* (Kelompok Fasa)

2. Sistem Distribusi Ring (Loop)

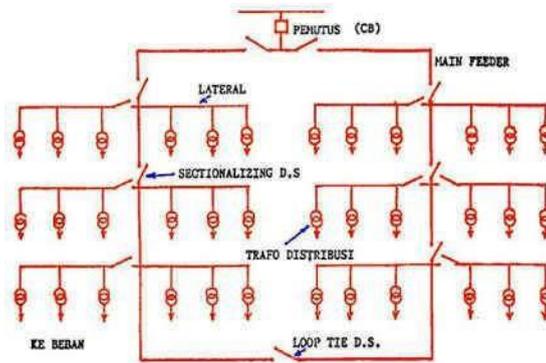
Bila pada titik beban terdapat dua alternatif saluran berasal lebih dari satu sumber. Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan "*loop*". Susunan rangkaian penyulang membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil (Arismunandar, 1975). Bentuk *loop* ini ada 2 macam, yaitu:

a) Bentuk *open loop*

Bila diperlengkapi dengan *normally-open switch*, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

b) Bentuk *close loop*

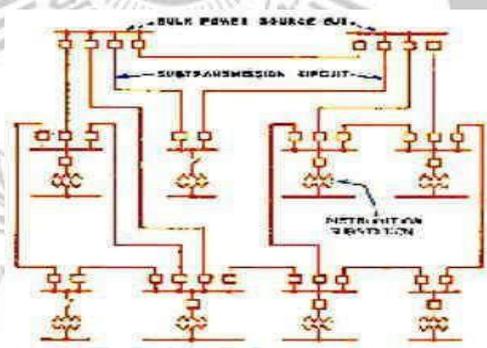
Bila dilengkapi dengan *normally-close switch*, yang dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup



Gambar 2.10 Jaringan Distribusi Tipe Ring

3. Sistem Distribusi Jaring-Jaring (Net)

Merupakan gabungan dari beberapa saluran mesh, dimana terdapat lebih satu sumber sehingga berbentuk saluran interkoneksi. Jaringan ini berbentuk jaring-jaring, kombinasi antara radial dan *loop*. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif saluran/penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu, dengan segera dapat digantikan oleh penyulang yang lain. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin (Suhadi & Wrahatnolo, 2008).



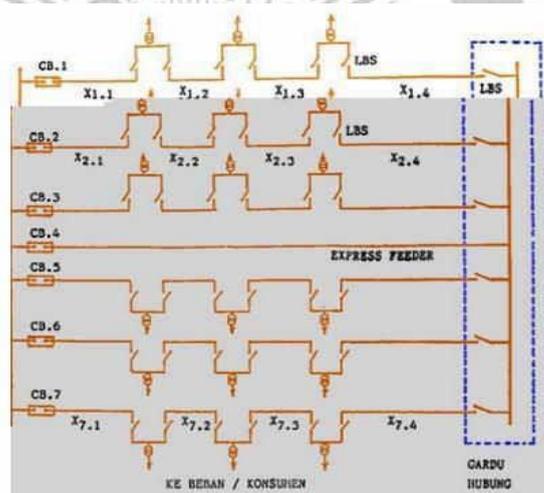
Gambar 2.11 Jaringan Distribusi NET

4. Sistem Distribusi Spindel

Selain bentuk-bentuk dasar dari jaringan distribusi yang telah ada, maka dikembangkan pula bentuk-bentuk modifikasi, yang bertujuan meningkatkan keandalan dan kualitas sistem. Salah satu bentuk modifikasi yang populer adalah bentuk spindle, yang biasanya terdiri

atas maksimum 6 penyulang dalam keadaan dibebani, dan satu penyulang dalam keadaan kerja tanpa beban, saluran 6 penyulang yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan "working feeder" atau saluran kerja, dan satu saluran yang dioperasikan tanpa beban dinamakan "express feeder" (Suhadi & Wrahatnolo, 2008).

Fungsi "express feeder" dalam hal ini selain sebagai cadangan pada saat terjadi gangguan pada salah satu "working feeder", juga berfungsi untuk memperkecil terjadinya drop tegangan pada sistem distribusi bersangkutan pada keadaan operasi normal. Dalam keadaan normal memang "express feeder" ini sengaja dioperasikan tanpa beban. Perlu diingat di sini, bahwa bentuk-bentuk jaringan beserta modifikasinya seperti yang telah diuraikan di muka, terutama dikembangkan pada sistem jaringan arus bolak-balik (AC).



Gambar 2.12 Jaringan Distribusi Spindle

2.2.3 Kawat Penghantar Sistem Distribusi 20Kv

Kawat penghantar sistem distribusi dalam pelaksanaannya menyalurkan energi listrik menggunakan saluran udara dan kabel tanah, saluran kabel merupakan salah satu cara penyaluran dalam jaringan distribusi dengan menggunakan penghantar berupa kawat berisolasi yang ditempatkan di dalam tanah, ataupun di bawah laut yang digunakan untuk interkoneksi antar pulau. Saluran kabel antara lain dipasang pada penyulang dari Gardu Induk ke SUTM dan dari SUTM ke gardu distribusi (Suhadi &

Wrahatnolo, 2008). Sifat-sifat dielektris yang penting untuk isolasi kabel tanah adalah :

1. Tahanan isolasi yang tinggi.
2. Kekuatan dielektris yang tinggi.
3. Sifat mekanis yang tinggi.
4. Tidak bereaksi terhadap asam dan alkali pada suhu kerja.

Untuk saluran yang sangat panjang dan lurus pada titik-titik tertentu dipasang tiang peregang. Fungsi tiang peregang adalah untuk mengurangi besarnya tekan mekanis pada tiang awal ujung serta untuk memudahkan operasional dan pemeliharaan jaringan. Penghantar SUTM dapat berupa :

1. A3C (*All Aluminium Alloy Conductor*)
2. A3C – S (*Half Insulated A3C, HIC*) ; atau *Full Insulated (FIC)*
3. *Full Insulated A3C twisted (A3C – TC)*

Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) adalah jenis konstruksi yang memerlukan biaya investasi yang mahal tetapi lebih unggul dibandingkan dengan SUTM, SKTM dipakai pada hal-hal khusus yaitu :

1. Daerah padat beban tinggi
2. Segi estetika
3. Jenis pelanggan kritis
4. Permintaan khusus

Pada tingkat keadaan kontinuitas sedikitnya tingkat-3, kabel tanah yaitu :

1. Kabel keluar (optik kabel dari pembangkit / GI ke tiang SUTM)
2. Kabel *Tee – Off* dari SUTM ke gardu beton
3. Penyeberangan sungai, jalur kereta api.

2.2.4 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan suatu sistem atau kemungkinan dari sistem untuk dapat bekerja optimal untuk waktu yang telah ditentukan dalam berbagai kondisi. Keandalan sistem distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban yang merupakan akibat adanya gangguan pada sistem. Keandalan sistem distribusi berbanding terbalik

dengan tingkat pemutusan beban sistem. Semakin tinggi frekwensi pemutusan beban pada sistem, maka keandalan sistem semakin berkurang, begitu juga sebaliknya (Wisesa, 2014).

Pelayanan tenaga listrik sangat menentukan efektifitas kegiatan masyarakat. Untuk dapat mengetahui dari mutu pelayanan tersebut, maka kita perlu mengetahui keandalan dari sistem tersebut dalam menanggapi atau melayani konsumen. Pengertian keandalan itu sendiri menurut sudut pandang kelistrikan adalah kemungkinan dari suatu atau kumpulan benda akan memuaskan kerja pada keadaan tertentu dan periode waktu yang telah ditentukan.

Indeks keandalan merupakan suatu metode untuk mengevaluasi parameter keandalan suatu sistem atau peralatan distribusi tenaga listrik terhadap stabilitas dan kontinuitas dalam pelayanan energi listrik kepada pelanggan.

1. *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*

SAIFI adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per tahun. Persamaannya dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$SAIFI = \frac{\sum N_{LP} \times \lambda_{LP}}{\sum N}$$

(2.1)

Dimana:

N_{LP} = Jumlah konsumen pada *load point*.

N = Jumlah konsumen pada *section*.

λ_{LP} = Frekuensi gangguan peralatan pada *load point*.

2. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

SAIDI adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{SAIDI} = \frac{N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N}$$

(2.2)

$\sum N$

Dimana:

N_{LP} = Jumlah konsumen pada *load point*.

N = Jumlah konsumen pada *section*.

U_{LP} = Durasi gangguan peralatan pada *load point*.

