

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan topik skripsi yang di angkat ,terdapat beberapa referensi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya guna menentukan batasan-batasan masalah yang berkaitan dengan topik yang di angkat .berdasarkan dari referensi-referensi yang di angkat tersebut guna untuk mempertimbangkan batasan-batasan masalah yang angkat. Adapun beberapa referensi nya adalah sebagai berikut:

1. Morhel Mubarak Universitas Universitas Negeri Padang (2008) melakukan penelitian tentang studi *Keterandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 Kv Pada Gardu Hubung Kandis Kota Padang*, Hasil penelitian menunjukkan bahwa Feeder Khatib Sulaiman, Feeder Ulak Karang, Feeder Cadnas dan Feeder DPR memenuhi nilai target PT.PLN yaitu 6.0132 untuk indeks SAIFI dan untuk indek SAIDI PT.PLN mempunyai target sebesar 0.9948. Feeder Cadnas, Feeder Ulak Karang, Feeder Khatib Sulaiman melebihi nilai target PT.PLN khususnya untuk indeks SAIDI yaitu 2.97; 2.25; 1.16 dan untuk Feeder DPR memenuhi nilai target PT.PLN yaitu 0.04. Dari keempat feeder tersebut feeder DPR memiliki nilai yang paling bagus/baik untuk semua indeks.
2. M. Nashirul Haq (2016) melakukan penelitian tentang *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Di Gardu Induk Batang*, Hasil penelitian menunjukkan bahwa beandalan merupakan faktor yang sangat

penting dalam pengoperasian suatu sistem jaringan distribusi. Beberapa parameter yang dapat dijadikan acuan dalam mengetahui keandalan suatu sistem distribusi yaitu dengan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) perhitungan indeks jumlah rata – rata gangguan selama satu tahun, SAIDI (System Average Interruption Index) indeks durasi rata – rata gangguan sistem selama satu tahun, CAIDI (Customer Average Interruption Index), ASAI (Average System Availability Index), ASUI (Average System Unavailability Index). Berdasarkan perhitungan dan analisis didapatkan bahwa indeks nilai keandalan penyulang BTG06 dikategorikan kurang handal karena nilai SAIFI dan SAIDI melebihi batas maksimal yang telah ditentukan oleh IEEE. Kinerja sistem di Gardu Induk PLN Rayon Batang dikategorikan kurang handal karena nilai SAIFI dan SAIDI melebihi dari batas maksimal yang sudah ditentukan oleh WCS dan WCC.

3. Tri Aji Bondan Laksono (2016) melakukan penelitian tentang Analisis *Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di PT. PLN (Persero) UPJ Bantul* . Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Gardu Induk Sewon yang berada di wilayah kerja Area Bantul yaitu Rayon Bantul dapat dikategorikan handal karena lebih kecil dari standar nilai SAIFI dan SAIDI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI 21,09 jam/pelanggan/tahun. Untuk standar internasional yang digunakan yaitu IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar nilai SAIFI 3

jam/pelanggan/tahun, nilai SAIFI pada penyulang yang ada di Rayon Bantul dikategorikan handal karena lebih kecil dari standar nilai IEEE.

2.2 Sistem-sistem Distribusi Tenaga Listrik

Dalam sistem-sistem distribusi tenaga listrik dapat di golongkan antara lain berdasarkan ukuran tegangan, ukuran arus, sistem penyalurannya, konstruksi jaringannya dan berdasarkan bentuk jaringan, di bawah ini menjelaskan penjabaran setiap penggolongannya antara lain yaitu :

1. Berdasarkan Ukuran Tegangan

Dalam jaringan distribusi berdasarkan ukuran dan tegangannya maka sistem jaringan distribusi dibagi menjadi dua yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder pengertiannya akan dibahas di bawah ini :

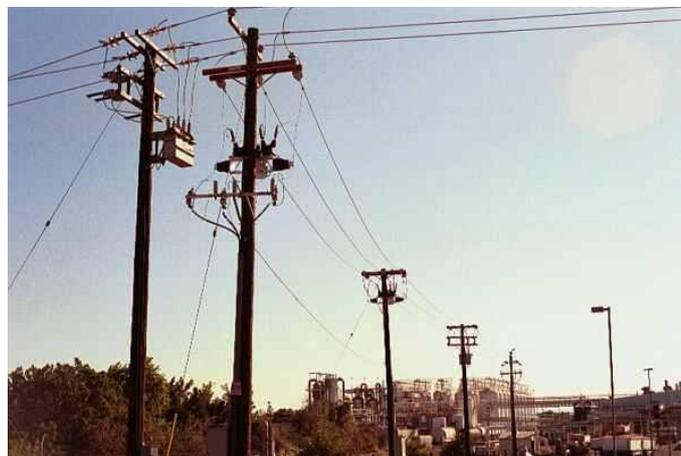
1. Sistem jaringan primer

Adalah bagian dari sistem tenaga listrik jaringan primer sendiri pada dasarnya memiliki berupa jaringan 3 fasa dan memiliki tiga sampai empat kawat penghantar untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk GI ke konsumen. Runtutan penurunan tegangan hingga mencapai jaringan distribusi adalah tegangan dari transmisi yaitu dari gardu subtransmisi kemudian dari gardu gardu itu di turunkan tegangannya dari melalui sistem 500 Kv ke 150 Kv kemudian di turunkan ke sistem tegangan 70 Kv dan kemudian masuk ke gardu induk transmisi kemudian tegangan di turunkan lagi menjadi tegangan 20 Kv. Distribusi primer ini menyalurkan listrik melalui penyulang (*feeder*) di mana penyulang (*feeder*) adalah suatu alat penyaluran untuk memberikan daya listrik ke

konsumen. Di suatu daerah nama penyulang (*feeder*) berbeda-beda sesuai pangginglannya masing-masing yang menentukan adalah PLN setempat agar mudah untuk mengingat penyulang tersebut. Sistem primer ini dapat dibedakan menjadi tiga golongan sesuai penyalurannya yaitu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM), dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Untuk penjelasan akan dibahas di bawah ini. (Tri Aji Bondal .L, 2016)

a. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 6 – 20 kV

Saluran ini dipasang menggunakan tiang penyangga di mana penghantar yang digunakan tanpa menggunakan pembungkus atau pun isolasi. Seperti jenis kawat-kawat AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), dll. (Tri Aji Bondal .L, 2016)



Gambar 2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Sumber : <https://inymsukralestiawan.wordpress.com/2013/08/29/jaringan-tegangan-menengah-jtm/>

b Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 6 – 20 kV

Saluran ini di pasang dengan tiang penyangga di mana penghantar yang di gunakan yaitu menggunakan pembungkus dan berisolasi penghantar jenis ini menggunakan jenis MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*) dan AAACS (*Kabel Aluminium Alloy dengan pembungkus lapisan PVC*) (Tri Aji Bondal .L ,2016)

c Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Saluran ini di pasang tanpa menggunakan tiang penyangga yaitu dengan menanamnya di dalam tanah jenis penghantar yang di guakan seperti kabel tanam berisolasi PVC (*Poly Venyl Chloride*) , XLPE (*Crosslink Polyethelene*). (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.2 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Sumber :<https://klipingbekasi.wordpress.com/2012/11/05/kabel-kabel-listrik-tegangan-tinggi-untuk-industri/>

2. Sistem jaringan distribusi sekunder

Adalah jaringan ini merupakan bagian dari jaringan primer di mana jaringan ini terhubung langsung ke konsumen jadi di jaringan distribusi yang menuju ke konsumen adalah jaringan distribusi sekunder . jaringan sekunder merubah dari tegangan 20 Kv menjadi ke 220 V atau pun 380 V menggunakan *transformator* distribusi. Di jaringan distribusi sekunder memiliki 2 macam penyaluran yaitu saluran udara tegangan rendah (SUTR) dan Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR). Untuk penjelasannya akan di bahas di bawah. (Tri Aji Bondal .L ,2016

a. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Jenis saluran ini di letakkan dengan menggunakan tiang penopang kabel untuk penyalurannya di butuhkan kawat berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Pada SUTR ini adalah bagian akhir dari sistem tenaga listrik di mana listrik ini di ubah menjadi tegangan rendah 220 V dan 380 V untuk melayani konsumen agar dapat kebutuhan listrik konsumen dapat tersalurkan. Jarak beroprasinya jaringan distribusi tegangan rendah meliputi : (Tri Aji Bondal .L ,201



Gambar 2.3 Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Sumber :http://anak-elektro-ustj.blogspot.co.id/2011/11/ayo-sama-sama-belajar-3_10.html

1. Drop tegangan yang telah di tentukan susut tegangan yang disyaratkan.
2. Drop tegangan yang di tentuakn adalah lebih dari 5 % dan kurang dari 10 % dengan daerah pelayan adalah sekitar 350 meter
3. Pelanggan berada di sepanjang jalur jaringan distribusi
4. Daerah yang di layani adalah desa,kota dll

b. Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Jenis saluran ini diletakkan di dalam tanah untuk penyalurannya di butuhkan kawat berisolasi seperti kabel LVTC (Low Voltage Twisted Cable) . Pada SKTR ini adalah bagian akhir dari sistem tenaga listrik di mana listrik ini di ubah menjadi tegangan rendah 220 V dan 380 V untuk melayani konsumen agar dapat kebutuhan listrik konsumen.memiliki kelbihan di bandingkan SUTR dalam halnya keamana SKTR lebih aman . (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.4 Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Sumber : <https://yantekbansel.wordpress.com/2012/07/02/keuntungan-dan-kerugian-penggunaan-sutm-dan-sktm/>

3. Tegangan Lebih

Pada sistem jaringan tenaga listrik sering terjadi perubahan tegangan yang lebih tinggi akibat berbagai faktor dari tegangan maksimumnya, baik lebih tinggi untuk sesaat yang berupa tegangan lebih peralihan (*transient over voltage*) maupun lebih tinggi secara bertahan yang berupa tegangan lebih stasioner. Pada umumnya tegangan lebih di sebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor kerana sistem itu sendiri dan faktor luar sistem. (Daman Suswanto,2008)

Faktor Tegangan lebih yang di akibatkan oleh sistem itu sendiri biasanya terjadi karena :

- a. Adanya gangguan yang disebabkan peristiwa alamiah yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia, seperti sambaran petir.
- b. Adanya gangguan hubung singkat (*short circuit*) pada kawat penghantar jaringan.
- c. Putusnya kawat penghantar yang panjangnya melebihi batas tertentu.
- d. Adanya kerja hubung yang terjadi karena penutupan atau pembukaan saklar (*switch*) dengan cepat, atau tak selarasnya/serempaknya pemutusan saklar pemutus jaringan pada rangkaian tiga fasa.

Tabel 2.1 Nilai Standar Tegangan Nominal & Tegangan Tinggi Peralatan

Tegang	Tegangan Tinggi
--------	-----------------

6	7,2
10	12
20	24
30	36
66	72,5

Sumber: . Daman Suswanto,2008

Faktor Tegangan lebih yang disebabkan dari luar sistem, biasanya terjadi karena Tegangan lebih yang di akibatkan karena sambaran petir ini berjalan dengan cepat dengan bentuk gelombang yang tak menentu (tak periodik), sehingga dapat dikenal dengan tegangan lebih peralihan (*transient over voltage*).

Sedang untuk tegangan lebih yang disebabkan dari sistem itu sendiri biasanya bertahan cukup lama yang berbentuk sama dengan tegangan sistem, sehingga dikenal dengan tegangan lebih stasioner atau tegangan lebih periodik. Besarnya tegangan lebih periodik ini dapat mencapai 120% sampai 200 % dari tegangan tertera atau nominalnya, sedangkan dari tegangan lebih peralihan bisa mencapai hingga 500 % dari tegangan tertera atau nominalnya. Hal ini disebabkan karena pengaruh panjang jaringannya, maka besarnya dibatasi oleh rambatannya sepanjang jaringan tersebut melalui beberapa tiang.

Karena besarnya tegangan lebih peralihan ini, maka perencanaan isolasi dari peralatan jaringan kebanyakan berdasarkan dari tegangan lebih peralihan tersebut. Hal ini dilakukan agar peralatan jaringan dapat mengatasi gangguan tegangan lebih tersebut. Makin dekat suatu peralatan jaringan dari pusat gangguan atau sumber petir, makin besar kemungkinan terkena sambaran petir. Oleh karena

itu kemampuan menahan tegangan sistem bagi peralatan-peralatan jaringan harus lebih tinggi. . (Daman Suswanto,2008)

4. Faktor Yang Mempengaruhi Standar Tegangan

Tegangan di jaringan transmisi dan distribusi setiap negara berbeda beda atau berlainan . Biasanya setiap negara menentukan standar tegangan sendiri-sendiri. Pemilihan standar tegangan ini tergantung pada faktor-faktor : (suswanto daman,2008)

- a. perkembangan teknologi makin pesat maka setiap terjadi perubahan tegangan diperlukan penelitian baru
- b. Faktor kepadatan penduduk, Makin padat suatu daerah, makin tinggi beban pelayanannya. Dan ini akan mengganggu kestabilan tegangan.
- c. Faktor besarnya tenaga listrik yang harus disalurkan dari PusatPembangkit Tenaga Listrik ke Pusat-Pusat Beban (load centers).
- d. Faktor perencanaan jangka panjang, bila terjadi perubahan- perubahan dan penambahan-penambahan pada beban dikemudian hari.
- e. Faktor tekno-ekonomis, karena dengan adanya perubahan tegangan akan menimbulkan persoalan-persoalan teknis yang ditimbulkan dan diperlukan modal (investasi) yang cukup besar, sehingga menghasilkan sistem yang dilengkapi dengan peralatan- peralatan yang mempunyai kualitas tinggi.
- f. Faktor jarak penyaluran tenaga listrik yang harus ditempuh untuk memindahkan tenaga listrik tersebut secara ekonomis. Makin dekat daerah pelayanan, tegangannyapun tidak akan besar.

g. Faktor kemajuan teknologi dari masing-masing negara. Dengan

5. Masalah Standar Tegangan

Masalah standar tegangan merupakan masalah yang kompleks. Karena apabila menaikkan tegangan distribusi (dari 6 kV hingga 20 kV) berarti memerlukan perubahan kualitas isolatornya, kemudian penambahan biaya peralatan, perubahan kualitas gardu distribusi (pembagi), dan sebagainya. Semua dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jarak penyaluran, bentuk/konfigurasi jaringan, biaya peralatan, standarisasi peralatan yang digunakan untuk setiap perubahan tegangan tertentu dan keandalan (reability) sistem. Sehingga penentuan tegangan merupakan bagian berbagai perencanaan sistem secara menyeluruh. . (Daman Suswanto,2008)

Tabel 2.2 di bawah ini memperlihatkan perbedaan tegangan standar untuk beberapa negara.

Tegangan Sistem adalah tegangan normal yang harus dapat dipertahankan oleh sistem jaringan untuk jangka waktu tak terbatas, sehingga dapat dibedakan suatu sistem dengan sistem yang lain. Tegangan sistem memiliki dua macam, yaitu tegangan nominal dan tegangan maksimum. (Daman Suswanto,2008)

Tabel 2.2 Standar Tegangan Jaringan Transmisi dan Distribusi

Negara	Jaringan	Jaringan
1. Indonesia	30 kV	
	70 kV	6 kV
	150 kV	20 kV

2. Inggris	66 kV	6,6 kV
	132 Kv	11 kV
3. Amerika	138 kV	
	150 kV	13 kV
	287 kV	23 kV

Sumber: Daman Suswanto,2008

Tegangan nominal adalah tegangan dasar atau tegangan perencanaan yang bisa digunakan dan disalurkan secara berkesinambungan sehingga peralatan jaringan dapat bekerja dengan baik tanpa ada mengalami gangguan. Pada jaringan distribusi untuk sistem Jawa Tengah seperti ketengger, tegangan nominal untuk jaringan distribusi primer ditetapkan sebesar 23 kV untuk tegangan *line-to-line*, dan tegangan 13,283 kV untuk tegangan *line-to-ground* pada rangkaian tiga fasa hubungan bintang (Y). . (Daman Suswanto,2008)

Tegangan maksimum adalah batas maksimum tegangan yang dapat dipertahankan tidak boleh lebih untuk tidak mengganggu stabilitas penyaluran daya dan peralatan jaringan pada waktu terjadi gangguan, sehingga kontinuitas pelayanan pada pusat beban (*load center*) tidak terganggu untuk jangka waktu yang tak terbatas. . (Daman Suswanto,2008)

Pada peralatan pengaman petir atau dapat di sebut juga *lightning arrester* tegangan maksimum ini merupakan tegangan dasar (*rated voltage*). Karena saat terjadi gangguan akibat sambaran petir, maka saat itu akan terjadi pelepasan tegangan (*voltage discharge*) sehingga tegangan maksimum sistem dapat dipertahankan dan stabilitas tegangan nominal dapat mengalir tanpa mengalami gangguan. (Daman Suswanto,2008)

3. Berdasarkan Ukuran Arus Listrik

Berdasarkan ukuran arus listrik maka sistem jaringan distribusi dapat dibedakan dalam dua macam, yaitu jaringan distribusi arus bolak-balik dapat di sebut juga arus AC , dan jaringan distribusi arus searah atau di sebut arus DC. Kedua sistem jaringan distribusi tersebut dapat dibedakan sebagai berikut. . (Daman Suswanto,2008)

a. Jaringan Distribusi arus bolak bakik(AC)

Keuntungannya Jaringan Distribusi arus bolak bakik(AC) adalah karena menggunakan sistem 3 fasa maka dapat menyalurkan tiga atau empat tegangan dalam satu,saat di pararelkan pusat pembangkit tenaga listri dapat langsung digunaka ,Mudah menstransformasikan tegangannya, apabila naik dan turun, dan untuk jarak jauh sistem ini sangat handal untuk menyalurkan tenaga listrik.

Kelebihan dan kekurangan menggunakan sistem 3 fasa

Kelebihan menggunakan sistem 3 fasa adalah Medan magnit putarnya, dan mudah diadakan.pada sistem 3 fasa lebih baik di bandingkan sistem 1 fasa. Kerugian menggunakan sistem 3 fasa adalah Nilai konstan dalam sesaat dan harus besar daya yang di salurkan.

Kerugian Jaringan Distribusi arus bolak bakik(AC) adalah saat tegangan tinggi sering terjadi aarus pemuatan (*sharging current*) , harus menggunakan stabilitas tegangan pada saat bebab berubah-ubah,saat tegangan tinggi isolasi yang di gunakan mempunyai tingkat yan tinggi, dan Terjadinya efek kulit (*skin effect*), induktansi, dan kapasitansi untuk tegangan tinggi.

b. Jaringan Distribusi arus searah (DC)

Jaringan distribusi DC yaitu pengaplikasiannya dengan cara menyearahkan terlebih dahulu dari arus AC di koversikan ke arus DC dengan menggunakan alat penyearah *converter* kemudian di arahkan lagi menjadi arus AC menggunakan alat *inverter*. Sistem distribusi arus searah (DC) memiliki keuntungan dan kerugiannya, yaitu: . (Daman Suswanto,2008)

Keuntungannya jaringan distribusi arus searah (DC) adalah dalam konstuksinya di anggap ekonomis apabila untuk saluran udara jarak salurannya lebih dari 1000 km dan untuk saluran bawah tanah lebih dari 50 km , dalam masalah stabilitas dan perubahan frekuensi penyaluran tidak mengalami masalah ,untuk tegangan tinggi tidak masalah dalam masalah pengisian nya (*charging current*) , bentuk isilasinya cenderung lebih sederhana dan daya guna lebih tinggi karena memiliki faktor daya mencapai 1.

Kerugiannya jaringan distribusi arus searah (DC) adalah dalam pengaplikasiannya peralatan yang di gunakan sangatlah mahal yaitu alat penyearahnya *converter dan invertanya*. Drop tegangan akan tinggi apabila jarak penyalurannya makin panjang dan beban naik. (Daman Suswanto,2008)

4. Berdasarkan Sistem Penyaluran

Jaringan distribusi ini di bedakan menjadi 2 macam yaitu saluran udara dan saluran bawah tanah atau dapat disebut juga (*overhead line*) dan (*underground cable*).

a. Saluran udara adalah sistem sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditompang pada tiang listrik. (Daman Suswanto,2008)

Keuntungannya Saluran Udara (*Overhead Lines*) adalah Dapat menyesuaikan atau fleksibel dalam melakukan perluasan seperti perluasan beban, Tegangan di atas 60 kv dapat menggunakan sistem saluran udara, Dalam pemasangannya lebih mudah dan Mudahnya mendeteksi adanya ganggangan hubung singkat.

Kerugiannya Saluran Udara (*Overhead Lines*) adalah Biaya pemeliharaan cukup mahal, Dalam wilayah yang padat dengan bangunan tinggi susah untuk meletakkan saluran udara, Drop tegangan tinggi apabila terjadinya efek kulit, induktansi, dan kapasitansi, Mudah terjadinya kecelakaan atau gangguan seperti tumbangannya pohon sambaran petir tersangkutnya layang-layang dsb.

b. saluran bawah tanah adalah sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanamkan di dalam tanah. (Daman Suswanto, 2008)

Keuntungannya Saluran Bawah Tanah (*Underground Lines*) adalah Tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, bahaya petir, badai, tertimpa pohon, dsb, Umur pemakaian jauh lebih lama di bandingkan saluran udara, Tegangan drop lebih rendah, Tidak mengganggu pandangan, Saluran bawah tanah dalam segi keindahan lebih baik di bandingkan saluran udara dan Memunyai ongkos yang murah pada saat perawatan.

Kerugiannya Saluran Bawah Tanah (*Underground Lines*) adalah biaya pembangunan relatif mahal, perlu perencanaan yang matang dalam pembangunannya seperti mempertimbangkan kontur tanah, Susah dalam hal

pengecekan kerusakan seperti hubungsingkat dan ,Faktor yang tidak terduga seperti bencana banjir,desakan akar pohon, dan ketidakstabilan tanah susah untuk dapat menghindari .

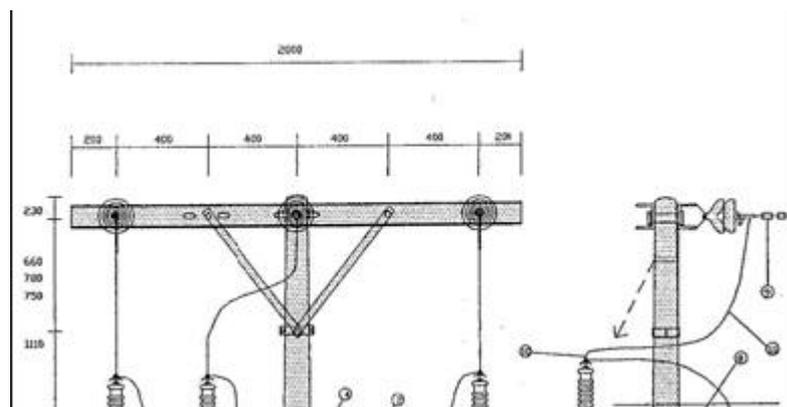
5. Berdasarkan Konstruksi Jaringan

Berdasarkan bentuk konstruksi jaringan distribusi tenaga listrik saluran udara, maka dikenal dua macam konstruksi dan memiliki keuntungan dan kekurangannya masing-masing, yaitu :

a. Konstruksi *Horizontal*

Keuntungannya Konstruksi *Horizontal* adalah Tidak mudah terkena tekanan angin dan Saluran ganda tiga fasa dapat di aplikasikan dalam konstruksi ini.

Kerugiannya Konstruksi *Horizontal* adalah banyak menggunakan cross-arm (travers),isolator yang di gunakan sangatlah banyak ,mempertimbangkan tekanan tanah pada saat memberi beban tiang Dan, Lebih banyak menggunakan isolator (Daman Suswanto,2008)



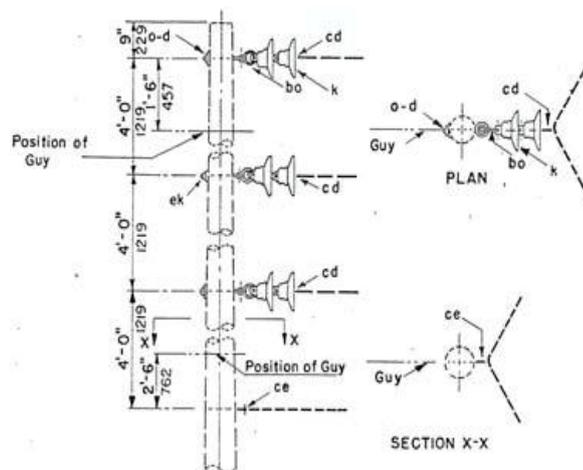
Gambar 2.5 Konstruksi Jaringan Horizontal

sumber : <https://ghozaliftgn.wordpress.com/2015/01/11/standarisasi-konstruksi-jaringan-distribusi-tegangan-menengah/>

b. Konstruksi *Vertikal*

Keuntungannya Konstruksi *Vertikal* adalah pada wilayah yang tinggi konstruksi ini sangat lah cocok Beban tiang (tekanan ke bawah) lebih sedikit ,Dalam konstruksi ini isolator yang di gunakan adalah jenis pasak (*pin insuator*) tetapi isolator jenis ini rang di gunakan dan tidak menggunakan Tanpa cross-arm (travers) dalam konstruksinya.

Kerugiannya Konstruksi *Vertikal* adalah Konstruksi ini hanya terbatas untuk saluran tunggal tiga fasa dan Dapat terkena tekanan angin di ting secara merata.



Gambar 2.6 Konstruksi Jaringan Vertikal

Sumber : Daman Suswanto,2008

e. Berdasarkan Bentuk Jaringan

Konfigurasi jaringan distribusi primer pada suatu sistem jaringan distribusi sangat menentukan mutu pelayanan yang akan diperoleh khususnya mengenai kontinuitas pelayanannya. Adapun jenis jaringan primer yang biasa digunakan adalah:

a. Sistem Radial Terbuka

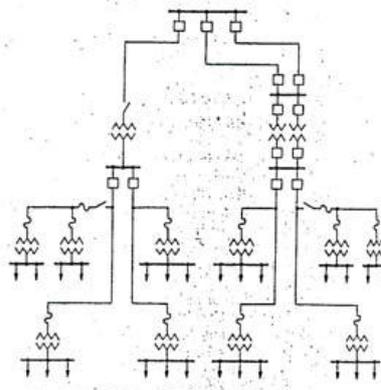
Sistem radial pada jaringan distribusi adalah sistem terbuka, dimana tenaga listrik yang disalurkan secara radial melalui gardu induk ke konsumen dilakukan secara terpisah satu sama lainnya. Sistem ini merupakan sistem yang sederhana diantara sistem yang lain dan harganya paling murah, sebab sesuai konstruksinya sistem ini memiliki sedikit sekali penggunaan material listrik, apalagi jika jarak penyaluran antara gardu induk ke konsumen tidak terlalu jauh. Sistem radial terbuka ini paling tidak dapat diandalkan, karena penyaluran tenaga listrik hanya dilakukan dengan menggunakan satu saluran saja. Jaringan model ini sewaktu mendapat gangguan akan menghentikan penyaluran tenaga listrik cukup lama sebelum gangguan tersebut diperbaiki kembali. Oleh sebab itu kontinuitas pelayanan pada sistem radial terbuka ini kurang handal. Selain itu makin panjang jarak saluran dari gardu induk ke konsumen, kondisi tegangan makin tidak bisa diandalkan, justru bertambah buruk karena rugi-rugi tegangan akan lebih besar. Berarti kapasitas pelayanan untuk sistem radial terbuka ini sangat terbatas. Dalam sistem radial memiliki kekurangan dan kelebihan masing masing yaitu : (Daman Suswanto,2008)

Keuntungannya Sistem Radial Terbuka

1. Pembangun cenderung lebih sederhana
2. Biaya lebih murah karena bahan-bahan yang di gunakan lebih sedikit dan pemelihanannya
3. Lebih murah dan mudah untuk penyaluran jarak pendek.

Kelemahannya Keuntungannya Sistem Radial Terbuka

1. Keandalan menggunakan sistem ini lebih .
2. Tegangan tidak handal di karenakan makin panjang jaringan dari gardu induk
3. Memerlukan penggunaan konduktor sebesar 100 %
4. Dalam sistem radial rugi-rugi tegangan lebih besar
5. Bila terjadi gangguan penyaluran daya terhenti.
6. Pelayana untuk sistem radial ini terbatas.



Gambar 2.7 Sistem Radial Terbuka

Sumber : Daman Suswanto,2008

- b. Sistem Radial Paralel

Untuk memperbaiki kekurangan dari sistem radial terbuka lalu dipakai konfigurasi sistem radial paralel, yang menyalurkan tenaga listrik melalui dua saluran yang diparalelkan atau berjajar . Pada sistem ini titik beban dilayani oleh dua saluran, sehingga bila salah satu saluran mengalami gangguan, maka saluran yang satu lagi dapat menggantikan atau dapat melayani, dengan demikian pemadaman tak perlu terjadi. Kontinuitas pelayanan sistem radial paralel ini lebih terjamin dan kapasitas pelayanan bisa lebih besar dan sanggup melayani beban maksimum (*peak load*) dalam batas yang diinginkan. Kedua saluran dapat dikerjakan untuk melayani titik beban secara bersama-sama. Biasanya titik beban hanya dilayani oleh salah satu saluran saja. Hal ini dilakukan untuk menjaga kontinuitas pelayanan pada konsumen. Dalam sistem radial paralel memiliki kekurangan dan kelebihan masing masing yaitu :

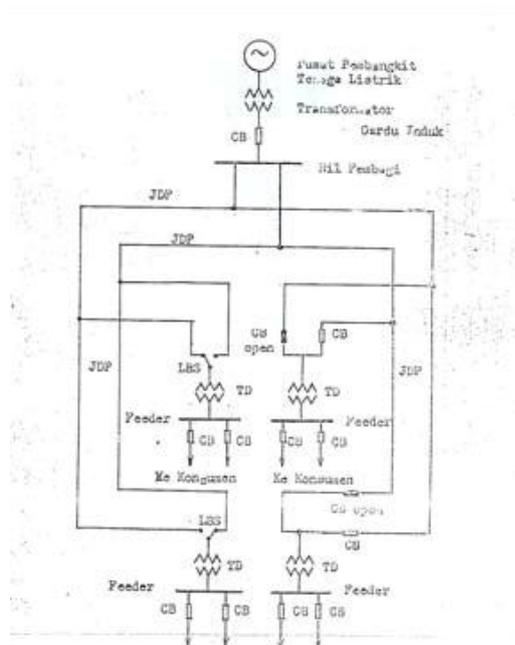
(Daman Suswanto,2008)

Keuntungannya Sistem Radial Paralel

1. Menggunakan dua sumber pembangkitan sehingga pelayan terjamin.
2. Saat beban maksimum kapasitas pelayanan menjadi lebih baik.
3. Sistem ini dapat di paralelkan yaitu Saat saluran di paralelkan dapat menyalurkan daya listrik melalui dua saluran sekaligus.
4. Sistem ini dapat menyalurkan secara bersama sama ke titik beban karena memiliki dua saluran.
5. Mempunyai sistem *change over* yaitu apabila salah satu saluran mengalami gangguan maka saluran lain akan menggantikannya.maka tidak perlu yang namanya pemadaman.

Kelemahannya Sistem Radial Paralel

- a. Peralatan yang digunakan lebih banyak terutama peralatan proteksi
- b. Biaya pembangunan lebih mahal



Gambar 2.8 Sistem Radial Paralel

Sumber : Daman Suswanto,2008

c. Sistem Rangkaian Tertutup (*Loop Circuit*)

Sistem rangkaian tertutup pada jaringan distribusi adalah suatu sistem penyaluran melalui dua atau lebih saluran *feeder* yang saling berhubungan membentuk rangkaian berbentuk cincin. Sistem ini secara ekonomis menguntungkan, dikarenakan gangguan pada jaringan terbatas hanya pada saluran yang terganggu saja. Kemudian pada saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak

terganggu. Sehingga kontinuitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik .

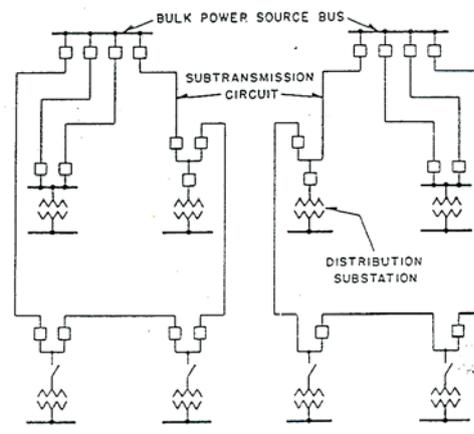
Saat ini Yang perlu diperhatikan pada sistem ini apabila beban yang dilayani bertambah, maka kapasitas pelayanan untuk sistem rangkaian tertutup ini kondisinya akan lebih jelek. Tetapi jika digunakan titik sumber Pembangkit Tenaga Listrik lebih dari satu di dalam sistem jaringan ini maka sistem ini akan banyak dipakai, dan akan menghasilkan kualitas tegangan lebih baik, serta regulasi tegangannya cenderung kecil. dalam sistem Rangkaian Tertutup (*Loop Circuit*) ini mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing masing yaitu :

Keuntungannya Sistem Rangkaian Tertutup (*Loop Circuit*)

1. Dapat menyalurkan daya listrik melalui satu atau dua saluran feeder yang saling berhubungan
2. Menguntungkan dari segi ekonomis
3. Bila terjadi gangguan pada salauran maka saluran yang lain dapat menggantikan untuk menyalurkan daya listrik
4. Konstinuitas penyaluran daya listrik lebih terjamin
5. Bila digunakan dua sumber pembangkit, kapasitas tegangan lebih baik dan regulasi tegangan cenderung kecil
6. Dalam kondisi normal beroperasi, pemutus beban dalam keadaan terbuka
7. Biaya konstruksi lebih murah
8. Faktor penggunaan konduktor lebih rendah, yaitu 50 %
9. Keandalan relatif lebih baik

Kelemahannya Sistem Rangkaian Tertutup (*Loop Circuit*)

1. Keandalan dari sistem rangkaian tertutup lebih rendah
2. Drop tegangan menggunakan sistem ini besar
3. Kapasitas pelayan akan buruk apabila beban yang di layaninya bertambah besar.



Gambar 2.9 Sisteme Jaringan Tertutup

Sumber : Daman Suswanto,2008

d. Sistem *Network/Mesh*

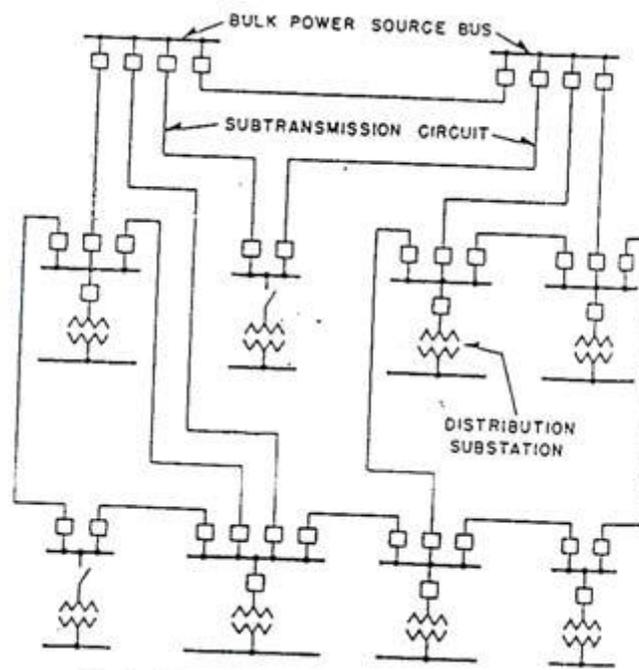
Sistem *network/mesh* ini adalah sistem penyaluran tenaga listrik yang dilakukan secara terus-menerus atau kontinu oleh dua atau lebih feeder pada gardu-gardu induk dari beberapa Pusat Pembangkitan yang bekerja secara paralel. Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem-sistem yang terdahulu dan merupakan sistem yang paling baik dan dapat diandalkan, mengingat sistem ini dilayani oleh dua atau lebih sumber tenaga listrik. Selain itu jumlah cabang lebih banyak dari jumlah titik feeder. Di Sistem *Network/Mesh* memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing yaitu : (Daman Suswanto,2008)

Keuntungannya Sistem *Network/Mesh*

1. Saat menggunakan dua *feeder* atau lebih maka penyaluran tenaga listrik dapat terus-menerus selama 24 jam.
2. Pengembangan dari sistem sebelumnya
3. Indeks keandalan menjadi tinggi.
4. Apabila Titik feeder banyak maka jumlah cabang sedikit.
5. Dapat digunakan di daerah padat penduduk
6. Kontinuitas pelayanan baik.
7. Apabila terjadi di salah satu gangguan maka tidak mengganggu kontinuitasnya.

Kelemahannya Sistem *Network/Mesh*

1. Mahal dalam biaya pembangunan
2. Setingan alat sistem ini seperti proteksinya lebih susah.



Gambar 2.10 Sistem *Network* atau *Mesh*

Sumber : Daman Suswanto,2008

Pada Sistem ini dapat digunakan di daerah-daerah yang memiliki kepadatan tinggi dan mempunyai kapasitas dan kontinuitas pelayanan yang sangat baik. Apabila gangguan terjadi pada salah satu saluran maka tidak akan mengganggu kontinuitas suatu pelayanan. Sebab di sistem ini semua titik beban terhubung paralel dengan beberapa sumber tenaga listrik. (Daman Suswanto,2008)

e. Sistem *Interkoneksi*

Sistem interkoneksi adalah penyempurnaan dalam sistem sebelumnya yaitu sistem *network/mesh*. Sistem ini menyalurkan listrik lebih dari satu pembangkitan tenaga listrik karena sistem ini menggunakan secara paralel. Sehingga proses penyalurannya tidak akan mengalami gangguan dan putus-putus walaupun digunakan di daerah yang padat akan penduduk dan wilayah yang luas. Tetapi sistem tersebut memiliki biaya pembangunan dan konstruksi yang cukup mahal dan di perlukan perancangan yang matang. Namun dalam Untuk pengaplikasiannya di masa mendatang sistem tersebut sangatlah baik dari segi keandalan karna memiliki kualitas yang sangat tinggi.

Pada sistem interkoneksi ini apabila salah satu Pusat Pembangkit Tenaga Listrik mengalami kerusakan, maka penyaluran tenaga listrik dapat dialihkan ke Pusat Pembangkit lain. Untuk Pusat Pembangkit yang mempunyai kapasitas kecil dapat dipergunakan sebagai pembantu dari Pusat Pembangkit Utama (yang mempunyai kapasitas tenaga listrik yang besar). Apabila beban normal sehari-hari dapat diberikan oleh Pusat Pembangkit Tenaga listrik tersebut,

sehingga ongkos pembangkitan dapat diperkecil. Pada sistem interkoneksi ini Pusat Pembangkit Tenaga Listrik bekerja bergantian secara teratur sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Sehingga tidak ada Pusat Pembangkit yang bekerja terus-menerus. Cara ini akan dapat memperpanjang umur Pusat Pembangkit dan dapat menjaga kestabilan sistem pembangkitan. Pada sistem interkoneksi ini memiliki kekurangan dan kelebihan dan dapat di golongan sebagai beriku : (Daman Suswanto,2008)

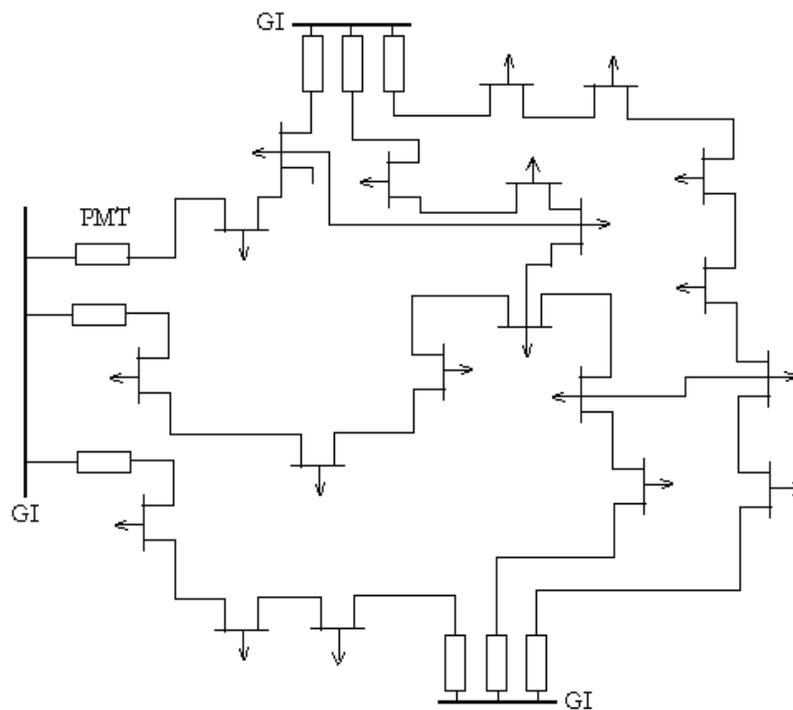
Keuntungannya Sistem *Interkoneksi*

1. Pengembangan sistem sebelumnya yaitu sistem network /*mesh*
2. Pembangkit yang terhubung di sistem interkoneksi bisa lebih dari satu pembangkitan untuk dapat menyalurkan tenaga listrik.
3. Walaupun daerah padat dan luas penyaluran tenaga listrik tetap kontinu atau tidak putus-putus .
4. Nilai keandalan sistem ini sangatlah tinggi
5. Dengan sistem ini apabila ada kerusakan di salah satu pembangkit maka pembangkit lain akan meng *cover* apa bila terjadi gangguan dan saluran dapat di alih kan ke pembangkit lain.
6. Apabila di salah satu pembangkit yangterhubung interkoneksi kurang cukup kapasitas untuk menyalur kan daya maka dapat menggunakan pembangkit lain yang kapasistas dayanya besar sebagai cadangan daya dan siat di salurkan . Ongkos pembangkitan dapat diperkecil
7. Umur salah susatu pembangkitan dapat terjaga dan stabil
8. Keandalan sistem ini sangat baik

9. Dengan sistem ini penghematan bisa menutupi biaya pembangunannya

Kelemahannya Sistem *Interkoneksi*

1. mahal dalam pembangunannya.
2. Di perukan perhitungan dan perancangan yang baik dan mempertimbangkan segala faktor.
3. Apabila terjadi hubung singkat di penghantar dapat menyalurkan arus ke semua pusat pembangkit yang terhubung dan apabila terjadi kerusakan di pembangkit maka dapat mengakibatkan jatuh tegangan di seluruh pembangkit.
4. Pemakaian dan produksi daya listrik harus stabil.
5. Sulit saat adanya gangguan sambaran petir



Gambar 2.11. Sistem Jaringan Interkoneksi

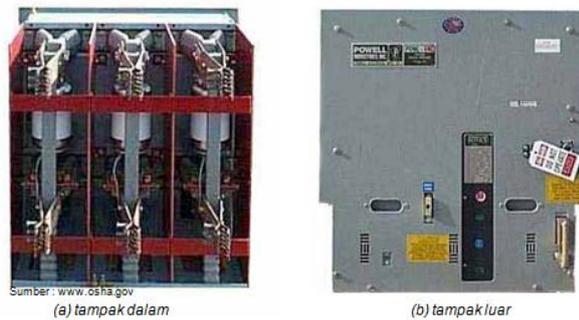
Sumber : Daman Suswanto,2008

2.3 Sistem Pengaman Jaringan Distribusi Primer

Pada sistem pengaman berguna untuk memecah gangguan ,membatasi dan melindungi apabila ada gangguan di jaringan dan meminimalisir kerusakan alat yang mengakibatkan kualitas dan keandalan untuk konsumen terganggu saat penyaluran daya listrik gangguan tersebut berasal dari gangguan temporer maupun permanen.konsep pengaman jaringagn tegangan menengah 20 kv komponen yang cukup penting dalam urusan pengamanan JTM itu sendiri.dan pengaman sendiri berfungsi sebagai laju aliran listrik agar menuju ke transformator yang sebelum menuju tranformer ada peralatan pembatas dan pengaman. Peralatan-peralatan pengaman terdapat di jaringan distribusi antara lain yaitu : (Tri Aji Bondal .L ,2016)

a Pemutus Tenaga (PMT)/Circuit Breaker (CB)

Berfungsi sebagai penghubung dan pemutus listrik secara otomatis pada saat jaringan tersebut memiliki beban atau pemutus beban yang si sebabkan dari berbagai macam gangguan gangguan luar ataupun gangguan di dalam sistem jaringan listrik pada sistem ini menggunakan alat yang dimana terdapat rele arus lebih OCR(*over current relay*) fungsi OCR adalah alat pengaman untuk menanggualing saat terjadinya arus lebih di jaringan. (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.12 Pemutus Tenaga (PMT)/Circuit Breaker

Sumber : <http://insyaansori.blogspot.co.id/2013/09/macam-macam-circuit-breaker-cb.html>

b Pemisah (PMS)/ *Disconnecting Switch* (DS)

Berfungsi sebagai penghubung dan pemutus jaringan pada saat tidak ada beban atau tidak bertegangan .di mana PMS di oprasikan salah satunya pada saat adanya pemeliharaan yang diadakan oleh pihak PLN berbeban pemeliharaan rutin yang dilakukan oleh PLN. (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.13 Pemisah (PMS)/ *Disconnecting Switch* (DS)

Sumber : <http://insyaansori.blogspot.co.id/2014/02/jenis-jenis-pemisah-disconnecting-switch.html>

c Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

Berfungsi sebagai pengaman arus lebih, di mana *recloser* sendiri proses pemutus dan menghubungkannya sudah di tentukan dan telah di atur waktunya secara otomatis untuk menghindari dari gangguan sementara . di *recloser* terdapat pengatur waktu beroprasinya. Bentuk *recloser* adalah dapat membuka kontak kontak secara tetap dan menguncinya kembali sesuai program yang ada dan di tentukan dan perogram tersebut memberi sarat untuk membuka permanen pada saat telah terjadinya proses buka tutup .

Apabila ada gangguan yang bersifat sementara *recloser* akan membuka dan apabila gangguan sudah selesai maka *recloser* akan menutup secara otomatis.

Apabila ada gangguan permanen maka semua kontak kontak akan membuka secara tetap dan apa bila gangguan yang ada telah di perbaiki dan telah hilang maka *recloser* akan menutup kembali dan menguncinya . (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.14 Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

Sumber : <http://berangkasmurhy.blogspot.co.id/2011/12/penutup-balik-otomatis-pbo-automatic.html>

d Saklar Seksi Otomatis (SSO)/ *Sectionalizer*

Berfungsi sebagai pemutus rangkaian di jaringan dan kemudian memisahkannya jaringan tersebut dalam bentuk beberapa seksi secara otomatis dengan alat ini apabila terdapat gangguan berata atau permanen akan di pisah-pisah hingga luar pemadaman yang terkena gangguan dapat di batasi kecil-kecil. proses pengaplikasian SSO terdapat di jaringan tegangan menengah 20 kv yang menggunakan tipe AVS (*Automatic Vaccum Switch*) di mana AVS dapat membuka secara otomatis apabila tidak ada tegangan, apabila masih memiliki

tegangan maka AVS dapat menutup dengan keadaan masih terjadi hubung singkat. SSO dapat bekerja apa bila saat berbeban . (Tri Aji Bondal .L ,2016)

e Saklar Beban (SB)/*Load Break Switch* (LBS)

Berfungsi sebagai pembatas atau pengisolir lokasi gangguan alat ini terdapat di atas tiang distribusi dan saklarnya terdapat di bawah.saklar ini berfungsi pada saat *feeder* yang satu dengan *feeder* satun terjadi keadaan daruarat dan alat ini berfusngsi sebagai penghubung antar *feeder* .alat ini cocok di gunaka di sistem jaringa primer dengan sistem lingkarang (*loop/ring*) . (Tri Aji Bondal .L ,2016)



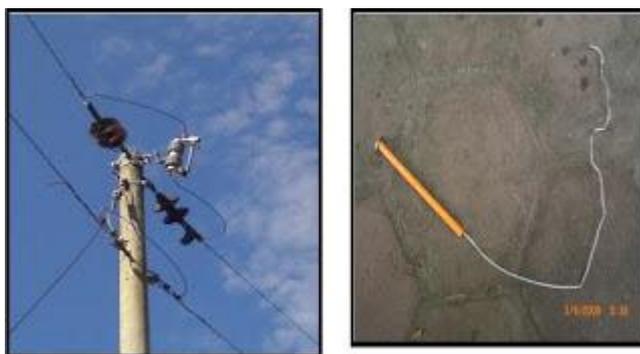
Gambar 2.15 Saklar Beban (SB)/*Load Break Switch* (LBS)

Sumber :http://panelbuilder.blogspot.co.id/2014/04/lbs-load-break-switch_27.html

f Pelebur (*Fuse Cut Out*)

Berfungsi sebagai pemutus aliran arus listrik pada jaringan pada saat terjadi gangguan arus lebih di lengkapi dengan fuse link yang terdapat elemen lebur di

dalamnya . apabila terjadi gangguan arus lebih maka keadaan FCO akan melebur di bagian fuse link. Apa bila kaedaaan jumlah beban banyak maka fuse link adakan semakain besar dan sebaliknya jadi besarnya fuse link di tentukan dari perhitungan beban yang ada di jaringa distribusi yang ingi di amankan. (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.16 Pelebur (*Fuse Cut Out*)

Sumber : http://anak-elektro-ustj.blogspot.co.id/2011/11/ayo-sama-sama-belajar-3_10.html

g Arrester

Berfungsi sebagai pengaman peralatan listrik di mana melindungi dari bahaya sambaran petir yang memiliki aliran arus yang sangat besar dan tidak terduga .di mana alat ini meneruskan arus hasil sambaran petir akan di bawa menuju ketanah *arrester* bekerja sebagai konduktor apabila terjadi sambaran petir dan mengarahkannya ketanah karena sifat konduktornya memiliki tahanan yang rendah . arus dari sambaran petir dapat merusak sistem frekuensi 50 Hz di sisin *arrester* bekerja agar tidak mengganggu frekuensi alairan daya. *Arrester* di pasang pada peralatan jaringan distribusi dan yaitu transformator distribusi, cubicle, dan Gardu Induk. (Tri Aji Bondal .L ,2016)



Gambar 2.17 Arrester

Sumber :<https://lightningsource.wordpress.com/2011/05/06/some-picture-of-surge-arrester/>

2.4 Gangguan pada Sistem Distribusi

pada sistem distribusi gangguan dapat diakibatkan antara lain faktor alam, kelalaian manusia, atau usia peralatan yang terlalu lama sehingga sudah tidak mampu melakukan proses penyaluran dan pengamanan.

Penyebab Sumber gangguan pada sistem distribusi saluran udara sebagian besar disebabkan oleh pengaruh luar yaitu Menurut intensitasnya, penyebab sumber gangguan dapat di kategorikan sebagai berikut: angin dan pohon, petir, hujan dan cuaca, kegagalan atau kerusakan peralatan, manusia, binatang, benda-benda asing, dan sebagainya. Terjadinya gangguan dapat menyebabkan terputusnya aliran tenaga listrik sehingga berakibat padam terhadap pelanggan pelanggan akan tidak nyaman dengan ini. Aliran tenaga listrik yang padam dapat menimbulkan kerugian pada pelanggan, terutama pelanggan daya besar.

Macam gangguan pada sistem distribusi dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Gangguan yang bersifat temporer; gangguan dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangan.
2. Gangguan yang bersifat permanen; gangguan yang memerlukan tindakan perbaikan untuk menghilangkan penyebab gangguan tersebut.
(Siti Saodah,2008)

Ada berbagai gangguan yang terjadi di suatu sistem distribusi di mana yaitu beban lebih, hubung singkat, tegangan lebih dan hilangnya sumber tegangan. penjelannya akan dijabarkan di bawah.

1. Beban lebih

Adalah terjadinya kelebihan muatan beban jadi di mana ada beberapa faktor terjadinya beban adalah pemakaian beban rumah tangga yang lebih apa bila gangguan ini masuk kesistem langsung secara tidak normal maka yang terjadi membahayakan peralatan sistem itu sendiri.

2. Hubung singkat

Adalah terjadinya saling terhubungnya penghantar seperti antar fasa bertemu fasa bertemu netral dan lain permasalahan ini bisa disebut gangguan permanen. Apabila flashover antar penghantar dan tanah, antara penghantar dan tiang, antara penghantar dan kawat tanah dan lain – lain permasalahan ini bisa disebut permasalahan temporer.

3. Tegangan lebih

Adalah terjadinya apabila beban lepas atau kehilangan yang terjadi adalah arus semakin cepat dan tegangan melimpah yang mengakibatkan

pembangkitan seperti generator menjadi *over speed* .dapat juga terjadi karena adanya akibat tegangan lebih transient surja petir dan surja hubung / switching.

4. Hilangnya sumber tenaga

Adalah terjadi apabila unit pembangkitan mengalami masalah yang mengakibatkan berhentinya sumber daya penyebabnya adalah seperti terjadi hubung singkat mengakibatkan rele dan CB memutus jaringan dari pembangkit.

2.5 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai/pelanggan. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*).

Keandalan sistem jaringan distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban (pemadaman) akibat adanya gangguan pada sistem. Dalam hal ini, keandalan sistem distribusi adalah berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban (pemadaman) pada sistem. Semakin tinggi tingkat pemutusan beban yang terjadi, maka keandalan akan semakin berkurang. Begitu pula sebaliknya. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam.

Aplikasi dari konsep keandalan sistem distribusi berbeda dengan aplikasi sistem pembangkitan dan sistem transmisi, dimana sistem distribusi lebih berorientasi pada titik beban pelanggan daripada orientasi pada wujud sistem, dan sistem distribusi lokal lebih dipertimbangkan daripada sistem terintegrasi yang secara luas yang mencakup fasilitas pembangkitan dan transmisi. Keandalan sistem pembangkitan dan transmisi lebih mempertimbangkan probabilitas hilangnya beban (*loss of load*), dengan sedikit memperhatikan komponen sistem, sedangkan keandalan distribusi melihat ke semua aspek dari teknik, seperti desain, perencanaan, pengoperasian. Karena sistem distribusi kurang kompleks dibandingkan sistem pembangkitan dan transmisi yang terintegrasi, perhitungan probabilitas metematiknya lebih sederhana dibandingkan yang dibutuhkan untuk penaksiran keandalan pembangkitan dan transmisi.

Keandalan adalah penampilan unjuk kerja suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu.

Tingkat pelayan dapat dibedakan menjadi tiga bagian hal yaitu Keandalan sistem tinggi (*High Reliability System*), Keandalan sistem menengah (*Medium Reliability System*) Keandalan sistem rendah (*Low Reliability System*) Keandalan sistem tinggi (*High Reliability System*) untuk penjabarannya akan di jelas kan di bawah.

1. Keandalan sistem tinggi (*High Reliability System*)

Pada saat kondisi normalnya keandalan sistem tinggi yaitu memberikan kapasitas penyediaan daya yang cukup ke beban atau konsumen pada saat beban

puncak dapat menciptakan tegangan yang normal apabila terjadi gangguan peralatan pengaman yang digunakan dalam sistem keandalan tinggi sangatlah banyak sehingga dapat mengantisipasi masalah gangguan pada sistem.

2. Keandalan sistem menengah (*Medium Reliability System*).

Pada saat kondisi normalnya keandalan sitem menengah yaitu memberikan kapasitas penyediaan daya yang cukup ke beban atau konsumen mendapat tegangan yang normal apabila ada gangguan sistem keandalan menengah ini masih dapat melayani sebagian beban atau konsumen .dalam sistem ini untuk menanggulung gangguan di perlukan alat pengaman yang banyak agar dapat mengatasi gangguan tersebut.

3. Keandalan sistem rendah (*Low Reliability System*)

Pada saat kondisi normalnya keandalan sitem menengah yaitu memberikan kapasitas penyediaan daya yang cukup ke beban atau konsumen mendapat tegangan yang normal apabila terjadi gangguan maka sistem keandalan yang rendah tidak dapat melayani beban atau konsumen maka sebelumnya harus di tanggulangi terlebih dahulu untuk peralatan yang di gunakan sedikit.

Kontinuitas pelayanan di jaringan distribusi, tergantung dari peralatan, jenis penyulang yang di pakai , sarana penyalurnya serta sistem yang digunakan maka tingkat kontinuitas memiliki bebrbagai tingkat tingkat yaitu :

Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan. (SPLN 52, 1983). Tingkat-tingkat tersebut adalah

Tingkat 1: Dimungkinkan pada berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.

Tingkat 2 : Padam beberapa jam, yaitu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir kerusakan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.

Tingkat 3 : Pada beberapa menit, yaitu manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh dengan bantuan DCC (*Distribution Control Centre*).

Tingkat 4 : Padam beberapa detik, yaitu pengamanan dan manipulasi secara otomatis dari DCC.

Tingkat 5 : Tanpa padam yaitu jaringan dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis secara penuh dari DCC.

2.6 Analisa Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan pelayanan listrik kepada konsumen merupakan sebuah persyaratan yang semakin penting diperhatikan dalam era kehidupan modern. Jangkauan sistem distribusi yang makin luas, kepadatan penduduk yang diikuti kepadatan beban yang makin tinggi, dan lingkungan yang tidak bersahabat merupakan faktor-faktor yang cenderung menurunkan keandalan sistem.

Perkembangan sistem distribusi biasanya dimulai dari bentuk sistem radial. Laju kegagalan (*failure rate*, λ) saluran radial, untuk suatu lingkungan tertentu yang homogen, sebanding dengan panjang saluran yang bersangkutan, dan lama

pemadaman (*outage time*, r), tergantung pada waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan dan pemulihan. Indikator keandalan yang paling mendasar untuk sistem distribusi ada tiga macam, yaitu :

1. Frekuensi (laju) kegagalan rata-rata (λ_s)
2. Lama pemadaman rata-rata tiap gangguan (r_s)
3. Lama pemadaman rata-rata tahunan (U_s)

Ketiga indeks dasar keandalan tersebut tidak dapat menggambarkan seberapa besar dampak pemadaman itu bagi konsumen/pelanggan. Oleh karena itu, dalam praktek diperlukan beberapa indeks tambahan yang dikenal dengan : SAIFI, SAIDI, CAIDI, CAIFI, ASAI atau ASUI.

2.7 Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi

Adalah indikasi atau indikator keandalan di mana untuk mendapat keandalan dengan cara sistem perbandingan berfungsi sebagai kerangka atau aturan untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik. Penilaian keandalan di nilai dari indeks beban/titik dan indeks sistem yang dipakai agar standar yang di targetkan dapat tercapai.

Ketepatan dalam rancangan pengoperasian, dan pemeliharaan/ perawatan sistem distribusi sangat membantu untuk pencapaian indeks keandalan yang tinggi. Ketepatan rencananya berpengaruh terhadap tinggi atau rendahnya indeks frekuensi gangguan, sedangkan pemeliharaan/ perawatan terutama akan berpengaruh pada indeks lama gangguan.

Untuk menghitung besarnya nilai keandalan biasanya digunakan indeks perkiraan angka keluar (*outage*) dan waktu perbaikan (*repair duration*) dari masing-masing komponen sesuai dengan SPLN 59:1985.

Untuk mengukur besar atau kecilnya pemutusan beban pada sistem jaringan distribusi, dapat ditentukan dengan menggunakan dua parameter indeks keandalan yang umum dipakai, yaitu : (SPLN 59:1985)

1. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada bagian-bagian dari sistem bisa dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Satuannya adalah pemadaman per pelanggan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{jumlah dari perkalian frekuensi pemadaman dan pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan}}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \quad (2.1)$$

Dimana : λ_i = angka kegagalan rata-rata/frekuensi padam

N_i = jumlah konsumen yang terganggu pada beban i

N = jumlah konsumen yang dilayani

a. Costumer Avarage Interruption Frequency Index (CAIFI)

CAIFI merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknyagangguan yang terjadi dalam selang waktu tertentu (1 tahun) pada pelanggan dalam ruang lingkup yang lebih kecil (feeder).

Indeks ini didefinisikan sebagai frekuensi kegagalan untuk pelanggan yang mengalami gangguan selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara terus-menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah semua kegagalan pelanggan dalam satu tahun. Persamaan untuk *CAIFI* (rata-rata jangka frekuensi saban gangguan pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan :

$$CAIFI = \frac{\text{angka kegagalan rata-rata / frekuensi pelanggan}}{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}} = \frac{SAIFI}{SAIDI}$$

$$CAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum U_i N_i} \quad (2.2)$$

Dimana : U_i = durasi gangguan

N_i = jumlah konsumen yang terganggu pada beban i

λ_i = angka kegagalan rata-rata/frekuensi padam

2. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{jumlah dari perkalian jam pemadaman dan pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \quad (2.3)$$

Dimana : U_i = durasi gangguan

N_i = jumlah konsumen yang terganggu pada beban i

N = jumlah konsumen yang dilayani

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan sistem distribusi.

a. Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai lamanya kegagalan untuk pelanggan yang mengalami gangguan dalam jangka per-tahun. Indeks ini berasal dari jumlah durasi kegagalan pelanggan selama satu tahun .

$$CAIDI = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{angka kegagalan rata-rata / frekuensi pelanggan}} = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} \quad (2.4)$$

Dimana : U_i = durasi gangguan

N_i = jumlah konsumen yang terganggu pada beban i

λ_i = angka kegagalan rata-rata/frekuensi padam

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi pemadaman (r) sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan. Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan sistem distribusi.

b. Average Service Availability Index (ASAI)

Indeks ini adalah perbandingan dari jumlah total waktu pelanggan yang dapat dilayani selama satu tahun terhadap total permintaan waktu pelanggan. Permintaan waktu pelanggan adalah ditentukan sebagai dua belas bulan sehingga rata-rata waktu permintaan adalah 8760 jam.

Persamaan untuk *ASAI* (jam)

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \quad (2.5)$$

$$ASAI = \underline{8760 - SAIDI}$$

8760

c. *Average Service Unavailability Index (ASUI)*

Indeks ini adalah nilai pelengkap dari ASAI yang mungkin kadang-kadang diperlukan. Persamaan untuk ASUI (jam pelanggan dari layanan tak tersedia saban jam pelanggan dituntut) ini dapat dilihat pada persamaan:

$$ASUI=1-ASAI$$

d. **Standar Nilai Indeks Keandalan**

Tabel 2.3 standar Indeks Keandalan SPLN 68-2 :1986 dan Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

Standar Indeks Keandalan SPLN 68-2 :1986		Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003	
SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)
3,2	21,09	1,45	2,30

2.8 **Standar internal PLN (SPLN)**

PLN yang menopang perusahaan listrik di Indonesia melakukan pengembangan Standar PLN (selanjutnya disebut SPLN) sebagai suatu standar instalasi perusahaan sendiri. Ini diterapkan sebagai standar untuk penentuan kelayakan tiap-tiap jenis inspeksi yang diwajibkan pada Kepmen Instalasi

Ketenagalistrikan (No.0045/2006 dan No.0046/2006. SPLN pada saat ini menangani Instalasi Tenaga Listrik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3-1. Dimana telah mencapai sekitar 300 jenis Standar Teknis. Divisi Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan PLN bertugas membuat dan mengontrol SPLN berdasarkan pada IEC. Oleh karena itu standar instalasi tenaga listrik di Indonesia dioperasikan dengan kedua standar yaitu SNI dan SPLN tersebut. Isinya, pada pokok-pokok umum memuat dengan sederhana mengenai pengelolaan, konstruksi, perencanaan, perancangan, pengembangan, operasi & pemeliharaan tiap instalasi, dan bagian pokok utama sebagian besar mengenai pembangkitan, transmisi, distribusi, SCADA dan metode uji tunggal, sebagian besar isinya setara dengan JIS Jepang. Pada saat ini belum meliputi semua bidang tenaga listrik, dimana untuk bidang distribusi di hilir sudah cukup lengkap sedangkan bidang pembangkitan belum banyak isinya.

Pada tahun 2005, dibentuk kelompok standarisasi di bidang ketenagalistrikan agar Standar PLN(SPLN) menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan melakukan penyempurnaan dan pengembangan jenis-jenis standar yang lebih lanjut. Akan tetapi dikarenakan kurangnya anggaran dan SDM mengenai pekerjaan ini maka tidak dapat berjalan sesuai dengan rencana. Oleh karena itu, pada 21 Oktober 2008 dengan Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No.332.K/DIR/2008 telah ditetapkan susunan kelompok standarisasi tenaga listrik PLN, mengingat perlunya pembuatan SPLN dan telah diputuskan akan dilakukan penyusunan program kerja, urutan prioritas dll. (Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia,2010)

2.9 Aset Penyulang di Rayon Bandar Sribhawono

Data ini meliputi jenis penghantar yang digunakan oleh setiap penyulang dan panjang penghantar setiap penyulang dalam satuan kms (kilometer sirkuit)

Tabel 2.4 aset Penyulang di Rayon Bandar Sribhawono

No	Nama Penyulang	Jenis Penghantar		Total
		SUTM (kms)	SKTM (kms)	
1	REOG	117,951	0,150	118,101
2	JANGER	97,184	0,100	97,284
3	SAMAN	49,832	0,100	49,932
4	TAYUP	168,500	0,510	169,01
5	JATILAN	23,737	0,113	23,85
6	GENDING	93,715	0,215	93,93
7	ZAPIN	110,657	0,185	110,842
Total panjang penyulang di Rayon Bandar Sribhawono (kms)				662,949