

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terkait

Sistem distribusi tenaga listrik memiliki beberapa tipe jaringan, setiap negara memiliki tipe jaringan berbeda yang dipilih. Faktor yang menyebabkan perbedaan ini salah satunya adalah biaya investasi dan keadaan alam suatu negara. Peneliti yang pernah membahas distribusi listrik ini adalah Michael Gerald Pollitt dan Karim L. Anaya dari universitas Cambridge. Judul karya tulis ilmiahnya adalah “Electric Power Distribution in the World: Today and Tomorrow”.

Penelitian yang berhubungan dengan penyulang pejangkungan adalah penelitian yang dilakukan oleh Alen Tri Maliky dan kawan kawan dari Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini menganalisa keandalan distribusi pejangkungan menggunakan metode RIA (RELIABILITY INDEX ASSESSMENT). Hasil yang di dapatkan adalah 0,295 kegagalan/pelanggan/tahun untuk SAIFI dan 1,298 jam/pelanggan/tahun untuk SAIDI[10].

Metode *Reliability Network Equivalent Approach* atau RNEA pernah dilakukan penelitian pada system jaringan distribusi di Sulawesi, penulisnya adalah Marwan dan kawan kawan dari Politeknik Negri Ujung Pandang. Penulis melakukan evaluasi indeks keandalan tiap titiknya. Hasil akhir SAIDI didapat sebesar 9,13 jam/pelanggan/tahun dan SAIFI 3,41 kegagalan/pelanggan/tahun.

Software ETAP sangat membantu dalam menganalisa distribusi listrik seperti hasil 2 penelitian di atas. Namun hal lain yang bisa dikerjakan adalah Analisa penempatan kapasitor pada sebuah distribusi, hal ini pernah dilakukan oleh penulis asal luar negri Mohamed Ali Dahmane dan kawan kawan. Penulis menganalisa menggunakan ETAP dan standar IEEE 33 Bus Radial distribution power system. Hasilnya adalah penempatan dan nilai kapasitor yang paling efektif dan efisien di system distribusi tersebut.

2.2 Kajian teori

2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi diciptakan untuk membuat listrik dapat berfungsi, sistem ini berbasis pada daftar yang memungkinkan terjadinya saluran tenaga listrik dari sumber daya ke pelanggan dan langsung ke pelanggan. Distribusi tegangan yang digunakan adalah tegangan menengah dengan *range* 3KV hingga 20KV. Sistem ini dapat dirancang dengan berbagai cara, dimulai sistem radial hingga jaringan distribusi. Biaya dan ketergantungan merupakan pertimbangan desain yang paling penting[15].

Salah satu bagian yang berperan penting dalam struktur sistem tenaga listrik merupakan Sistem Distribusi, lokasi di mana daya listrik dipindahkan dari fasilitas pembangkit ke konsumen. Proses ini melibatkan beberapa tahapan distribusi yang dimulai dari sistem pembangkit energi yang terhubung ke jaringan transmisi, lalu berlanjut ke gardu induk. Setelah itu, listrik mengalir ke dalam jaringan distribusi primer, melewati gardu pendistribusian, dan kemudian dialirkan langsung ke dalam jaringan distribusi sekunder. Akhirnya, energi listrik mencapai konsumen. Secara keseluruhan, sistem distribusi merujuk pada langkah-langkah penyaluran listrik kepada konsumen dengan tegangan yang cenderung lebih rendah, sementara sistem transmisi berfungsi sebagai elemen pengantar energi listrik dengan tegangan yang lebih elevasi ke pusat beban yang memiliki kapasitas besar.[12]

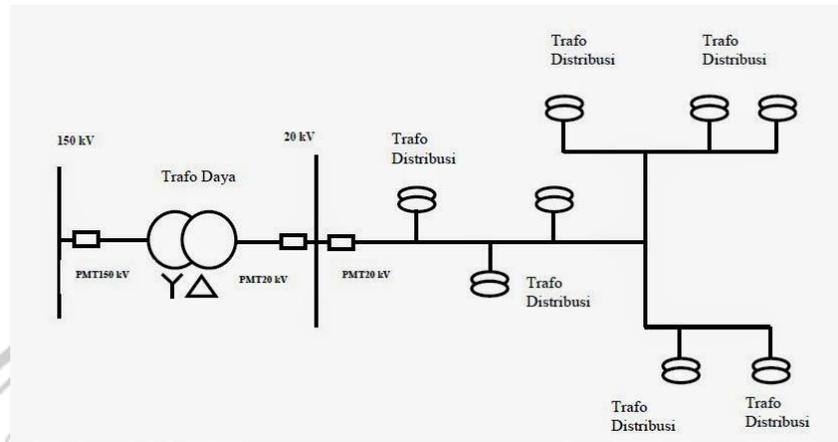
Trafo tegangan *stepdown* ke gardu saluran menurunkan tegangan melalui saluran transmisi menjadi 20 kV, sehingga dengan ini distribusi primer dapat menyalurkan tenaga listrik. Untuk distribusi primer, PLN menggunakan tegangan sebesar 20 kV, dan untuk distribusi sekunder tegangan 220/380V.

2.2.2 Tipe Jaringan Distribusi Listrik

2.2.2.1 Radial

Jenis jaringan yang pertama dijelaskan dalam subbab ini adalah jenis jaringan yang paling sederhana dengan banyak koneksi ke bagian bagian. Tipe ini memiliki keunggulan hemat biaya, dan lebih sederhana pengendaliannya.

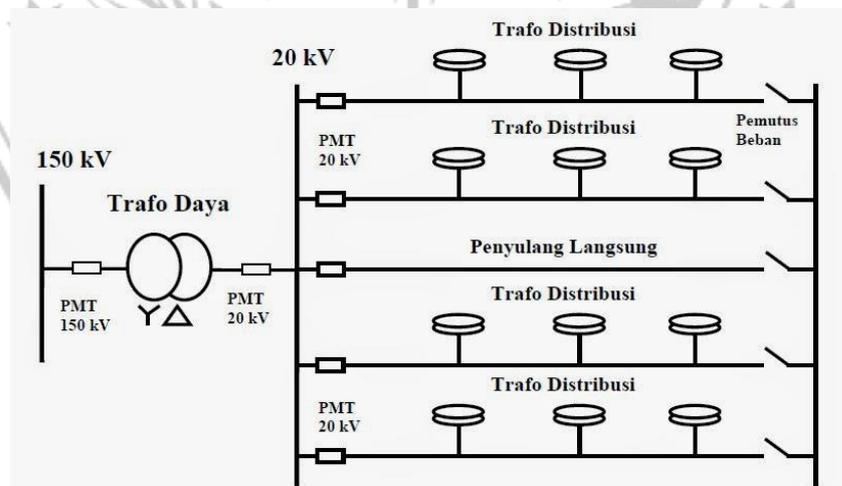
Kekurangan system ini adalah kualitasnya yang kurang baik dan apabila mengalami gangguan pada satu titik maka titik yang lain tidak akan teraliri listrik. Contoh sistem jaringan ini dapat dilihat dalam Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Radial

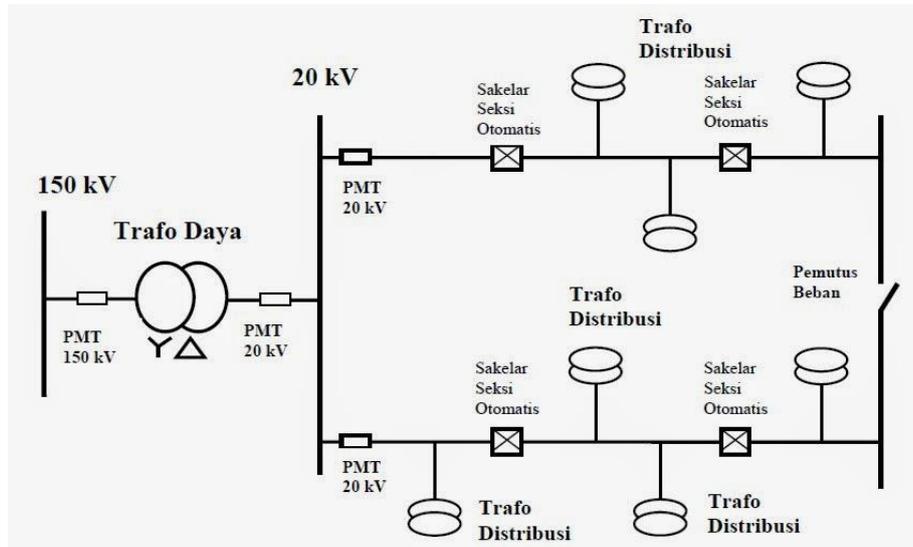
2.2.2.2 Sistem Spindle

Jaringan ini merupakan jaringan distribusi primer gabungan dari struktur radial yang ujungnya dapat dihubungkan ke pusat *switching* dan *express feeder*. *Express feeder* ini harus selalu diberi energi dan selalu siap untuk memastikan pengoperasian sistem sambil memasok listrik ke beban jika terjadi kegagalan atau pemeliharaan. Dalam kondisi normal, tipe ini bekerja secara radial. Sistem ini dapat dilihat skemanya pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Spindel

2.2.2.3 Struktur Gelang

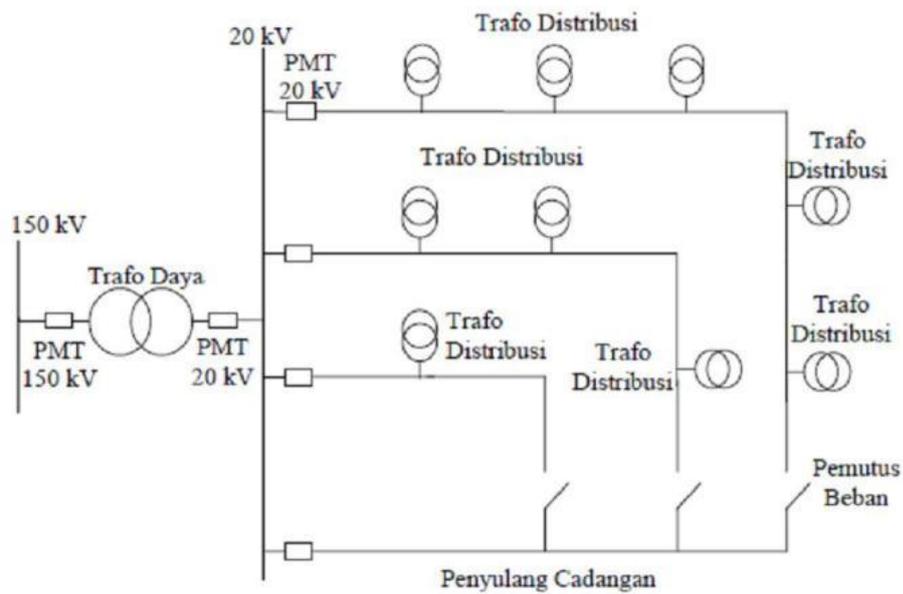


Gambar 2.3 Konfigurasi system gelang

Gambar 2.3 di atas adalah konfigurasi system gelang. Jenis ini adalah jaringan distribusi primer, gabungan dari dua jenis jaringan radial dengan PMT yang terpasang di ujung kedua jaringan. Dalam kondisi normal, tipe ini beroperasi secara radial, dan jika terjadi kesalahan, PMT dapat digunakan untuk menemukan kesalahan. Jenis ini lebih andal dalam penyaluran tenaga dibandingkan radial, namun biaya investasinya lebih mahal. Kelebihan system ini adalah kualitasnya yang lebih handal dan jika terdeteksi gangguan di satu titik, titik lainnya dapat dialiri listrik oleh PMT lain. Kekurangannya adalah harganya yang mahal untuk investasi dan rumit dalam pengendalian dan sistemnya.

2.2.2.4 Sistem Kluster

Konfigurasi cluster yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 di bawah banyak digunakan di kota-kota besar dengan kepadatan beban yang tinggi. Sistem ini memiliki sakelar jeda beban dan pengumpan cadangan. Jika pengumpan ini berfungsi, jika salah satu konsumen gagal, pengumpan cadangan ini menggantikan fungsi konsumen. Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik.



Gambar 2.4 Konfigurasi jaringan tipe kluster

2.3 Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Masalah pelepasan beban yang disebabkan oleh resistensi sistem secara langsung mempengaruhi keandalan sistem distribusi. Tingkat penurunan beban sistem berbanding terbalik dengan keandalan sistem distribusi. Keandalan sistem berkurang saat pengisian sistem dihentikan.

Frekuensi dimana sistem mengalami gangguan beban, waktu yang diperlukan untuk menyambung kembali, dan tingkat normalisasi (normalisasi) gangguan sering digunakan untuk menentukan tingkat keandalan sistem. Sistem keandalan yang tinggi dapat mengalirkan listrik pada saat dibutuhkan, sebaliknya sistem keandalan yang rendah sering mengalami kegagalan karena ketersediaan daya yang rendah[14].

Tingkat ketergantungan layanan dapat dibagi menjadi tiga (3) kategori, antara lain sebagai berikut, Level 1: Memungkinkan waktu untuk menemukan dan memperbaiki bagian yang gagal karena waktu henti atau kegagalan yang diperpanjang. Level 2: Jumlah jam downtime atau waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan yang ingin memanipulasinya sehingga mereka dapat mengubah saluran atau berada di arah yang berbeda. Level 3: Matikan beberapa menit, terutama perencanaan atau perencanaan jarak jauh oleh

operator gardu induk di lapangan dalam bentuk pencarian atau pengukuran. Level 4: Matikan selama beberapa detik atau secara otomatis melakukan tugas desain dan keamanan. Level 5: Menjalankan fasilitas pencadangan otomatis terpisah tidak menyebabkan gangguan[16].

Jika sistem distribusi berada pada level 4 dan 5 maka reliabilitasnya juga tergolong tinggi, jika berada pada level 3 maka reliabilitasnya tergolong sedang, dan jika berada pada level 1 dianggap rendah. . Memilih kontinuitas layanan yang tinggi (waktu terminasi beban rendah) dengan rentang atau frekuensi beban yang menurun karena gangguan yang rendah menghasilkan keandalan yang tinggi[13].

Memilih kontinuitas layanan yang tinggi (waktu terminasi beban rendah) dengan rentang atau frekuensi beban yang menurun karena gangguan yang lebih sedikit menghasilkan keandalan yang tinggi. Keandalan jaringan distribusi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Ada gangguan pada jaringan Dalam situasi ini, kami mencoba memasang dan menggunakan jaringan dengan benar sehingga kemungkinan gangguan pada area tersebut lebih rendah.
2. Kecepatan pemisahan beban dan perubahan arah (pengendalian/perencanaan). Jika terjadi masalah, sebaiknya segera kirim petugas untuk mengendalikan gangguan dan lalu lintas di lintasan agar pemadaman listrik di daerah tersebut berkurang.

2.4 Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20KV

Beberapa perhitungan atau analisis efisiensi atau tingkat keberhasilan operasional dapat digunakan untuk memeriksa keandalan sistem, dimulai dengan memeriksa sistem dalam jangka waktu tertentu. Dengan bantuannya, hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dengan standar sebelumnya. Menurut standar IEEE P1366, ada beberapa faktor yang mempengaruhi keandalan suatu sistem distribusi, antara lain:

- **Gangguan pasokan atau pemadaman**, Gangguan satu atau lebih komponen, yang mengakibatkan penghentian layanan kepada satu atau lebih pelanggan.
- **Keluar dan Pemadaman**, keadaan di mana komponen tidak dapat berfungsi secara normal sebagai akibat dari peristiwa yang terhubung ke komponen tersebut. Pemadaman dapat disebabkan oleh Volume 2 atau tidak ini masih terkait dengan konfigurasi sistem.
- **Pemadaman atau time out yang berkepanjangan**, jumlah waktu antara saat komponen pertama kali mengalami pemadaman dan saat dapat digunakan kembali sesuai dengan tujuan yang dimaksudkan.
- **Lamanya pemadaman atau gangguan**, waktu antara saat listrik padam dan saat dihidupkan kembali jumlah total pelanggan yang dilayani dibagi berapa orang yang dilayani total selama periode pelaporan terakhir.
- **Jangka waktu laporan**, diperkirakan periode pelaporan akan berlangsung selama satu tahun. Saat mengevaluasi sistem distribusi radial, tiga parameter keandalan mendasar tingkat kegagalan, durasi pemadaman tahunan dan durasi pemadaman rata-rata sering digunakan.

2.5 Metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA)

Salah satu komponen penyederhanaan FMEA adalah Pendekatan Keandalan Jaringan (RNEA), juga dikenal sebagai Pendekatan Keandalan Jaringan Pendekatan Sama. Komponen sistem distribusi yang berpotensi gagal atau tidak berfungsi diidentifikasi dan dianalisis menggunakan metode FMEA untuk menentukan pengaruhnya terhadap titik beban. Jika kesalahan akhirnya ditemukan, indeks titik beban harus dievaluasi. Karena metode FMEA menggunakan banyak perhitungan maka perhitungannya memakan waktu lama. Oleh karena itu, keandalan sistem dan keandalan titik beban harus dihitung dengan metode yang lebih cepat dan sederhana.

Metode ini tetap menggunakan perhitungan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), dan SAIDI (System Average Interruption Duration Index). 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 biasa dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Satuannya adalah pemadaman per pelanggan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i \times l_i}{N} \quad (2.1)$$

Dimana:

l_i = Pemadaman / gangguan

m = Jumlah pemadaman dalam 1 tahun

C_i = Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N = Jumlah Konsumen

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan perkalian dari lamanya suatu sistem padam dalam hitungan jam dengan banyaknya pelanggan yang mengalami pemadaman dibagi dengan jumlah pelanggan keseluruhan. Satuan perhitungan SAIFI adalah jam/pelanggan. 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 berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i \times t_i}{N} \quad (2.2)$$

Dimana:

t_i = lamanya tiap tiap pemadaman

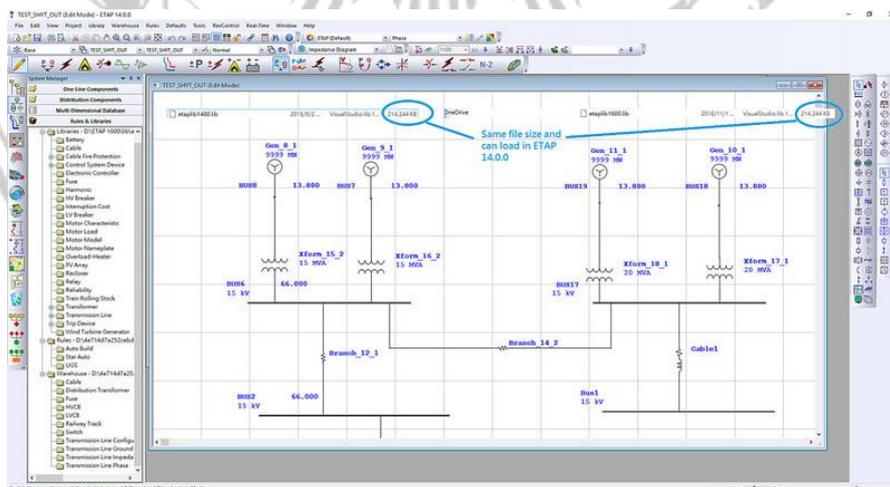
m = Jumlah pemadaman dalam 1 tahun

C_i = Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N = Jumlah Konsumen

2.6 ETAP (Electrical Transient Analysis Program)

Menurut Muhammad Ruswandi Djalal (2012), software Electrical Transition and Analysis Program (ETAP) mendukung sistem kelistrikan. Dalam banyak kasus, perangkat juga dapat mensimulasikan aliran offline dan online untuk manajemen data real-time atau kontrol sistem. ETAP memiliki beberapa fungsi yang dapat digunakan untuk mempelajari jaringan distribusi, transmisi, dan pembangkit listrik. Perangkat ini awalnya dikembangkan untuk meningkatkan kualitas operasional fasilitas nuklir AS. Ini berfungsi sebagai sistem pemantauan manajemen energi waktu nyata untuk mensimulasikan, mengontrol, dan mengoptimalkan sistem daya. Alat ini dapat digunakan untuk merancang sistem tenaga menggunakan sistem keselamatan dan diagram satu garis untuk berbagai analisis: aliran arus, hubung singkat, penyalaan motor, stabilitas transien, koordinasi relai pelindung, dan penyetelan sistem. Dalam desain sistem kelistrikan, elemen rangkaian individu dapat dimodifikasi menggunakan diagram satu garis dan/atau jalur sistem pembumian. Grafik satu garis dapat digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan untuk memudahkan analisis.



Gambar 2.5 GUI Aplikasi ETAP 16