

BAB II

LANDASAN TEORI

1.

2.

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai pengusutan gangguan dan keandalan telah banyak dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya tersebut dapat dijadikan sebagai acuan (referensi) dalam pengembangan proyek akhir ini.

ANGGI YUDA PRASETYO. 2008. UPAYA PERCEPATAN PENGUSUTAN GANGGUAN PENYULANG (*RECOVERY TIME*) SKTM. PT. PLN (Persero) DISTRIBUSI JAKARTA RAYA AREA MENTENG. Menjelaskan tentang gangguan penyulang yang masih merupakan salah satu permasalahan utama yang harus diselesaikan guna mencapai target ataupun tujuan yang dicita-citakan tersebut dan pengusutan gangguan penyulang sangat diperlukan *recovery time* dengan cepat, oleh sebab itu diperlukan strategi yang jelas dan tepat sasaran sehingga usaha yang dilakukan mendapatkan hasil yang diinginkan. Program peremajaan GFD dan inspeksi pemeliharaan preventif GFD/GFD GPRS serta *remote* yang efektif sangat besar manfaatnya dalam percepatan pengusutan gangguan penyulang SKTM. Pelaksanaan inspeksi dan pemeliharaan preventif GFD/GFD GPRS serta *remote* secara utuh dan berkesinambungan dapat mencapai *recovery time* hingga waktu secepat mungkin.

NURUL HIDAYAH, SUPRYATNA, AGUNG BUDI MULJONO. 2014. ANALISIS MANUVER JARINGAN TERHADAP KEANDALAN KONTINUITAS PENYALURAN TENAGA LISTRIK PENYULANG DI AREA AMPENAN. JURUSAN TEKNIK ELEKTRO, UNIVERSITAS MATARAM. Menjelaskan tentang Gangguan sistem tenaga listrik sering kali menyebabkan peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat menyebabkan terjadinya suatu kegagalan dalam menjalankan fungsinya. Kegagalan tersebut akan menyebabkan terganggunya

penyediaan tenaga listrik dengan segala akibatnya bagi perusahaan listrik maupun konsumen, sehingga menurunkan nilai keandalan, termasuk keandalan dalam kontinuitas pelayanan pelanggan. Salah satu cara untuk menjaga kontinuitas pelayanan pelanggan adalah melakukan manuver jaringan. Manuver atau manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik semaksimal mungkin.

1.

1.

2.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi adalah sistem yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada para pemanfaat. Sistem distribusi merupakan sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan. Jumlah gangguan dalam sistem distribusi relatif banyak dibandingkan dengan jumlah gangguan pada bagian sistem lainnya. Disamping itu masalah tegangan, bagian-bagian instalasi yang berbeban lebih dan rugi-rugi daya dalam jaringan merupakan masalah yang perlu dicatat dan dianalisa secara terus-menerus, untuk dijadikan masukan bagi perencanaan pengembangan sistem dan juga untuk melakukan tindakan penyempurnaan pemeliharaan dan penyempurnaan operasi sistem distribusi. Sistem distribusi terbagi 2 bagian, yaitu :

1. Sistem Distribusi Tegangan Menengah

Sistem distribusi tegangan menengah disebut juga sistem distribusi primer yang mempunyai tegangan kerja diatas 1kV

dan setinggi-tingginya 35 kV. Sistem tegangan menengah berawal dari gardu induk/pusat listrik pada sistem terpisah (isolated). Penyaluran pada sistem ini ada 2 yaitu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM).

2. Sistem Distribusi Tegangan Rendah

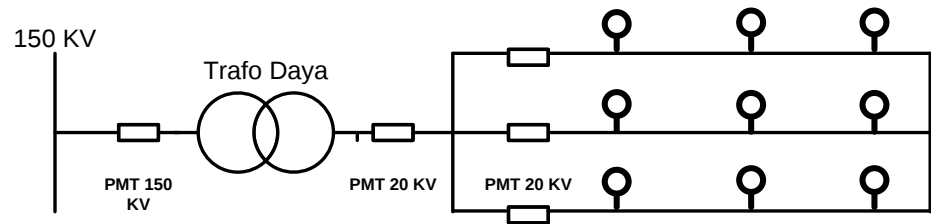
Sistem distribusi tegangan rendah disebut juga sistem distribusi sekunder, sistem ini memiliki tegangan kerja setinggi-tingginya 1 kV dan tegangan nominal 380/220 Volt. Sistem distribusi tegangan rendah dimulai dari sisi sekunder trafo step down pada gardu distribusi dan berakhir pada sambungan rumah tegangan rendah .

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

2.2.2. Konfigurasi Jaringan Distribusi

1. Konfigurasi Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola radial seperti gambar di bawah ini adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan Radial

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakan di atas tiang. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

2. Konfigurasi Jaringan Lingkar (*Loop*)

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah pemutus (PMT), pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur *loop*, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial.

Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan *Loop*

Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu :

- a. Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- b. Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

3. Konfigurasi Jaringan Spindel

Jaringan distribusi sistem spindel merupakan gabungan dari sistem radial dan ring yang dimodifikasi sehingga merupakan suatu sistem yang mempunyai keandalan cukup tinggi dan ekonomis. Pada jaringan spindel ditandai oleh adanya susunan beberapa buah *feeder* (penyulang) yang keluar dari suatu gardu induk kemudian menuju kearah suatu titik temu yang yaitu gardu hubung. Selain itu jaringan spindel juga memiliki *express feeder* yaitu merupakan penyulang cadangan ketika terjadi gangguan pada salah satu penyulang. Gardu-gardu distribusi yang tidak bisa mendapat suplai langsung dari gardu induk karena adanya gangguan akan disuplai oleh *express feeder* melalui gardu hubung.

Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan Spindel

Dalam keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap feeder yang keluar dari Gardu Induk dalam keadaan masuk, kecuali PMT dan PMS *feeder* yang berada di Gardu Hubung.

Pada sistem spindel ini menggunakan kabel tanah dan mempunyai kontinuitas pelayanan yang baik, karena gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan beban dari penyulang yang terganggu dapat dipindahkan ke penyulang cadangan (*express feeder*) yang selalu dalam keadaan *standby*. Disamping itu mutu tegangan yang cukup baik, karena panjang kabel dan jumlah gardu sudah ditentukan sehingga jatuh tegangan tidak akan melampaui batas-batas yang bisa diterima oleh para konsumen. Jaringan distribusi sistem spindel ini banyak dipakai di kota-kota besar yang kerapatan bebannya mencapai beberapa MW/km².

2.2.3. Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Konstruksi SKTM ini adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik Tegangan Menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Penggunaan Saluran Kabel bawah tanah Tegangan Menengah (SKTM) sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi

akibat faktor eksternal/ meningkatkan keamanan ketenagalistrikan.

Secara garis besar, termasuk dalam kelompok SKTM adalah :

1. SKTM bawah tanah – *underground MV Cable*.
2. SKTM laut – *Submarine MV Cable*.

2.2.4. Manuver Jaringan Distribusi

Manuver atau manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian tindakan yang dilakukan apabila terjadi gangguan pada jaringan yang tujuannya adalah untuk memperkecil daerah pemadaman yang diakibatkan oleh gangguan yang terjadi dan untuk mempercepat pemulihan jaringan. Dengan dilakukan manuver jaringan diharapkan kerugian yang diakibatkan oleh adanya gangguan pada jaringan dapat diminimalkan. Kegiatan yang dilakukan dalam manuver :

1. Memisahkan bagian-bagian jaringan yang semula terhubung dalam keadaan bertegangan atau tidak bertegangan.
2. Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya dalam keadaan bertegangan/ tidak bertegangan.

Optimalisasi atas keberhasilan manuver dari segi teknis ditentukan oleh konfigurasi jaringan dan peralatan manuver yang tersedia disepanjang jaringan. Peralatan jaringan yang dimaksud adalah peralatan pemutus dan penghubung yang terdiri dari berbagai macam seperti PMT, ABSW, *Recloser*, LBS, FCO, *Sectionalizer*, *remote control*. Masing-masing peralatan manuver ini memiliki spesifikasi dan fungsi kerja yang berbeda-beda.

2.2.5. Gangguan

1. Klasifikasi gangguan

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan daun/ranting pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca, dan lain-lain. Sedangkan gangguan dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat deteksi. Klasifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi adalah :

a. Jenis gangguannya

- 1) Gangguan tiga fasa ke tanah.
- 2) Gangguan dua fasa ke tanah.
- 3) Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah.

b. Lama gangguannya

- 1) Gangguan permanen.
- 2) Gangguan temporer.

2. Penyebab gangguan

Gangguan biasanya diakibatkan oleh kegagalan isolasi antar fasa atau antara fasa dengan tanah. Secara nyata kegagalan isolasi dapat menghasilkan beberapa efek pada sistem, yaitu menghasilkan arus yang cukup besar atau mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor fasa atau antara fasa dengan tanah. Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi, antara lain:

- a. Kesalahan mekanis.
- b. Kesalahan thermis.
- c. Karena tegangan lebih.
- d. Karena material yang cacat atau rusak.
- e. Gangguan hubung singkat.
- f. Penghantar putus.

Penyebab gangguan yang sering terjadi pada SKTM, antara lain :

- a. Gangguan kabel.
- b. Pemasangan sambungan (*jointing*) atau terminasi yang kurang baik.
- c. Karena binatang.
- d. Gangguan *indoor*.
- e. Gangguan tidak jelas.
- f. Gangguan isolator.
- g. Gangguan pada kubikel.
- h. Gangguan *outdoor*.

3. Macam-macam Gangguan

a. Gangguan Beban Lebih

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus listrik tersebut. Karena arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengaman yang terpasang melebihi kapasitas peralatan, sehingga saat beban melebihi pengaman tidak trip.

b. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar. Gangguan hubung singkat adalah suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah.

Gangguan yang mengakibatkan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari pada arus

normal. Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan agak lama pada suatu sistem daya, akan banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang akan terjadi. Berikut ini akibat yang ditimbulkan gangguan hubung singkat:

- 1) Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya.
- 2) Rusaknya perlengkapan yang dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
- 3) Ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat.
- 4) Terpecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem.

Gangguan hubung singkat, dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau 1 fasa ke tanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen.

c. Gangguan Permanen

Gangguan hubung singkat, bisa terjadi pada kabel atau pada belitan transformator tenaga yang disebabkan karena arus gangguan hubung singkat melebihi kapasitasnya, sehingga penghantar menjadi panas yang dapat mempengaruhi isolasi atau minyak transformator, sehingga isolasi tembus. Pada generator, yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau pembebanan yang melebihi kapasitas. Sehingga rotor memasok arus dari eksitasi berlebih yang dapat menimbulkan pemanasan yang dapat merusak isolasi sehingga isolasi tembus. Di sini pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen.

Peralatan yang terganggu tersebut, baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti.

d. Gangguan Temporer

Flashover karena sambaran petir (penghantar terkena sambaran petir), *flashover* dengan pohon, penghantar tertiup angin yang dapat menimbulkan gangguan antar fasa atau penghantar fasa menyentuh pohon yang dapat menimbulkan gangguan 1 fasa ke tanah. Gangguan ini yang tembus (*breakdown*) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus, misalnya karena terbuka nya *circuit breaker* oleh relai pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.

2.3. Kerangka Pemikiran

Gambar 2.5 Kerangka pemikiran