

# Desain Sistem SCADA Untuk Peningkatan Pelayanan Pelanggan Dan Efisiensi Operasional Sistem Tenaga Listrik di APJ Cirebon

Muhammad Soleh

*Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta*  
m.soleh77@yahoo.co.id

## **Abstrak**

Pada sistem kelistrikan terdapat banyak macam-macam pelanggan dengan tingkat yang berbeda-beda, hal tersebut dapat menimbulkan kerumitan dalam pengoperasian dan pelayanan. Sistem tersebut dibangun dari keadaan yang sederhana, yang kemudian berkembang sesuai kebutuhan beban. Sampai pada saat ini sistem dirasakan sudah demikian besar dan sudah demikian kompleks. Setiap aktifitas membutuhkan peningkatan pelayanan pelanggan dan efisiensi operasionalnya. Terdapat dua hal yang harus diperhatikan dalam pengelolaan tersebut. Pertama komunikasi data untuk pengolahan informasi, kedua teknologi komunikasi yang dapat mentransver data-data untuk operasi sistem. Dalam situasi seperti ini, pengelolaan secara konvensional jelas tidak dapat mengcover kebutuhan sehingga dapat berakibat terhadap mutu pelayanan. Perkembangan teknologi dan informasi telah membawa era baru dalam semua aspek kehidupan. Dalam sistem ketenagalistrikan perkembangan informasi juga membawa pengaruh yang sangat besar. Pengelolaan sistem ketenagalistrikan di negara-negara maju telah menggunakan sistem SCADA berbasis digital telah memberikan alternative pengelolaan yang sangat efektif dan efisien. Pada Penelitian ini SCADA digunakan sebagai software untuk mengolah data pada Rekloser sistem SCADA dengan tujuan untuk Peningkatan Pelayanan Pelanggan dan Efisiensi Operasional Ketenagalistrikan di Wilayah Area pelayanan jaringan Cirebon.

**Kata Kunci:** SCADA, Rekloser, SistemOperasi

## **I. PENDAHULUAN**

PT. PLN (Persero) merupakan satu-satunya Badan Usaha Milik Negara yang bergerak di bidang penyediaan sampai penyaluran jasa tenaga listrik. Dengan berkembangnya teknologi, industri, dan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik, maka di butuhkan pasokan energi listrik dan penyaluran yang andal. Keandalan akan pasokan energi listrik adalah merupakan kepuasan pelanggan. Dengan begitu PT. PLN (Persero) demi menjaga keandalan sistem penyaluran tenaga listrik menggunakan sistem pengoprasian yang mempunyai tingkat keandalan yang tinggi, dikarenakan PT. PLN (Persero) mempunyai visi diakui sebagai perusahaan kelas dunia yang dinilai dari SAIDI ( *System Average InterruptionDuration Index* ) dan SAIFI ( *System Average Interruption Frequency Index* ). Untuk itu diperlukan sistem operasi yang mempunyai keandalan baik. Sehingga dapat meminimalisir pemadaman untuk

menjaga kepuasan pelanggan. Dengan begitu, maka akan dicapainya misi perusahaan, menjadi diakui sebagai perusahaan kelas dunia yang bertumbuh kembang dengan potensi insani.

PT. PLN ( Persero ) Area Pengatur Distribusi Jabar dan Banten merupakan salah satu Bagian dari PT. PLN ( Persero ) Distribusi Jawa Barat dan Banten yang berfungsi sebagai pengatur keandalan sistem distribusi diprovinsi Jawa Barat dan Banten. Dalam suatu perusahaan jasa khususnya Perusahaan Listrik Negara, masalah yang dihadapi sangatlah kompleks. Oleh karena itu Penulis member batasan – batasan masalah, dalam hal ini kaitannya dengan Komunikasi SCADA untuk keandalan Sistem Distribusi di PT. PLN ( Persero) APJ Cirebon Rayon Indramayu pada tiga penyulang yang mencakup cara pengoperasian PMT Penyulang 20 KV dengan Fasilitas SCADA. Dalam komunikasi SCADA dilakukan pendataan unjuk kerja komunikasi SCADA untuk membantu penurunan target kinerja SAIDI dan SAIFI. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan hamper selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan hamper selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standart ANSI/IEEE Std. 100-1992.

Pada penelitian ini penulis akan menentukan nilai keandalan dan berbagai indeks yang berhubungan dengan kualitas saluran penyulang 20 kV pada jaringan distribusi sistem Kota Indramayu, masalah yang akan muncul pada perhitungan ini adalah : bagaimana menentuka nindeks keandalan frekuensi dan durasi lamanya gangguan yang berorientasi pada besaran energi yang tak tersalur untuk pelanggan di sistem yang ada di PT PLN ( Persero ) Rayon Indramayu, sebagai review pada penelitian sebelumnya dengan judul ”Analisa peningkatan keandalan sistem distribusi tenaga listrik dengan pemanfaatan komunikasi fault indikator berbasis GSM pada penyulang gunting PT.PLN (persero) APJ Bogor”, oleh Sugeng Suprijadi, dan “ Meningkatkan Efektivitas danEfisiensi Sistem Otomatis Gardu Induk dengan Optimalisasi SCADA di PT.PLN ( Persero ) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera”, oleh Ivan Nur.

Bagaimana mengetahui penyebab utama terjadinya gangguan sistem jaringan distribusi 20 kV pada penyulang-penyulang yang terdapat pada system yang ada di Indramayu kota

Bagaimana mendesain lokasi SCADA yang tepat agar sesuai dengan Sistem dan konfigurasi jaringan yang ada agar dapat cepat dalam pemulihan kembali bila terjadi gangguan pada system distribusi 20 kV.

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

- Mengidentifikasi mode mencegah kegagalan
- Menghitung Indeks-indeks keandalan pada penyulang
- Mengevaluasi usaha tindakan perbaikan atau pencegahan terhadap mode kegagalan penyaluran tenagalistrik.
- Mengetahui Energi yang tidak tersalurkan pada saat gangguan pada penyulang

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- Memanfaatkan sarana komunikasi SCADA sebagai komunikasi yang dapat membantu operator dalam pemulihan gangguan.
- Dengan adanya prioritas dalam maneuver letak gangguan sehingga membantu petugas pelayanan teknik memasukan dan mengeluarkan PMT dengan SCADA.
- Frekuensi padam dan lamanya padam saat saat gangguan dapat ditekan.

Penelitian ini dibatasi pada :

- Menghitung Indeks Keandalan SAIFI, SAIDI berdasarkan laju kegagalan dan waktu perbaikan rata-rata serta jumlah konsumen pada setiap titik beban(load point).

- Berdasarkan indeks keandalan dapat diketahui lokasi-lokasi pada penyulang yang memerlukan perbaikan keandalannya.
- Angka keluar untuk standar perbaikan dan gangguan mengacu pada standar yang dipergunakan oleh PT. PLN (Persero)

Dalam menganalisa keandalan digunakan metode sebagaiberikut :

- Studi literature Meliputi studi definisi keandalan dan petunjuk matematis untuk keandalan sistem tenaga listrik, metoda desain pemasangan SCADA
- Pengumpulan data Meliputi pengumpulan struktur jaringan distribusi primer 20 kV, data nilai laju kegagalan (failure rate), waktu perbaikan rata-rata, mode kegagalan, potential efek kegagalan peralatan yang ada di jaringan distribusi primer 20 KV
- Pengolahan dan analisa penempatan SCADA Perhitungan Indeks Keandalan pada setiap titik beban, berdasarkan laju kegagalan dan perbaikan setiap seksi, mengetahui energy yang tidak tersalurkan saat padam sepanjang penyulang jaringan distribusi. Dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui lokasi-lokasi SCADA di tempatkan untuk perbaikan keandalan system .

## 2. TELAAH PUSTAKA

### 2.1 Sistim Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringandistribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV ,150 kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2R$ ). Dengan daya yang sama bila tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan di gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam system tenaga listrik secara keseluruhan.

Jenis jaringan distribusi menurut susunan rangkaiannya adalah :

#### 2.1.1 Sistem Radial

Sistem ini memiliki bentuk yang paling sederhana dari semua jenis sistem jaringan distribusi. Sistem ini penyalurannya secara radial dari sumber tenagalistrik sampai ke titik beban atau ke pelanggan namun memiliki probabilitas terjadinya pemadaman sangat besar, karena secara susunan peralatan memungkinkan pemadaman pada salah satu peralatan berimbas kepada peralatan yang lain. Sistem Radial ini umumnya pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) karena terbuka diudara diperlukan pemeliharaan yang tinggi. Ada beberapa macam system radial dewasa ini.

### 2.1.2 Sistem Mesh

Sistem jaringan distribusi [6] yang konfigurasinya memiliki banyak pilihan saluran dan sumber. akibatnya titik bebannya akan disuplai oleh banyak saluran penyulang dan sumber yang berbeda, sehingga sistem ini akan memiliki kontinuitas penyaluran tenaga listrik paling andal, akan tetapi memerlukan biaya investasi yang besar.

### 2.1.3 Sistem Spindel

Ciri khas Sistem jaringan distribusi ini adalah memanfaatkan peralatan gardu induk dan gardu hubung serta satu penyulang khusus yang tidak terbebani sebagai penyulang cadangan yang disebut penyulang *ekspres*. Gardu induk merupakan sumber daya, dan gardu hubung merupakan tempat hubungan ujung-ujung feeder penyaluran daya ke beban-beban yang bersumber pada gardu induk. Jaringan spindel ini dikembangkan untuk melayani beban-beban industrial yang memiliki nilai keandalan yang baik dan pelanggan potensial ekonomis yang tinggi, konfigurasi jaringan.

## 2.2 Keandalan Sistem Distribusi

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

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.

Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan.

## 2.3 Keandalan Komponen Sistem Distribusi

Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem. Indeks kegagalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi laju kegagalan komponen  $\lambda$  (kegagalan/tahun), waktu keluar (*outage time*)  $r$  (jam/kegagalan) dan rata-rata ketidaktersediaan (unavailability) tahunan  $U$  (jam/tahun). Pada sistem distribusi radial antara komponen satu dengan yang lain dihubungkan secara seri.

$$\lambda_{sys} = \lambda_A + \lambda_B \quad (1)$$

$$r_{sys} = \frac{\lambda_A r_A + \lambda_B r_B}{\lambda_A + \lambda_B} \quad (2)$$

$$U_{sys} = \lambda_{sys} r_{sys} \quad (3)$$

Untuk  $n$  komponen maka persamaan menjadi:

$$\lambda_{SYS} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (4)$$

$$r_{SYS} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (5)$$

$$U_{SYS} = \lambda_{SYS} r_{SYS} \quad (6)$$

Keterangan:

$\lambda_A$  : Laju kegagalan komponen A (*fault/year*)

$\lambda_B$  : Laju kegagalan komponen B (*fault/year*)

$r_A$ : Waktu keluar (*Outage time*) komponen A (*hours/fault*)

$r_B$ : Waktu keluar (*Outage time*) komponen B (*hours/fault*)

$\lambda_{sys}$  : Laju kegagalan sistem (*fault/year*)

$r_{sys}$ : Rata-rata waktu keluar (*outage time*) system (*hours/fault*)

$U_{sys}$ : Rata-rata ketaktersediaan (*Unavailability*) sistem (*hours/year*)

Komponen terhubung paralel maka:

$$r_{sys} = \frac{r_A \cdot r_B}{r_A + r_B} \quad (7)$$

Sedang laju kegagalan system paralel adalah:

$$\lambda_{sys} = \frac{\lambda_A \cdot \lambda_B (r_A \cdot r_B)}{(1 + \lambda_A \cdot r_A) + (1 + \lambda_B \cdot r_B)} \quad (8)$$

$$\lambda_{sys} = \lambda_A \cdot \lambda_B (r_A + r_B) \text{ ketika } \lambda_i r_i \ll 1 \quad (9)$$

$$r_{sys} = \frac{r_A \cdot r_B}{r_A + r_B} \quad (10)$$

$$U_{sys} = \lambda_{sys} \cdot r_{sys} = \lambda_A \cdot \lambda_B \cdot r_A \cdot r_B \quad (11)$$

Bila tiga peralatan disusun secara paralel maka persamaannya akan menjadi :

$$\lambda_{sys} = \lambda_A \cdot \lambda_B \cdot \lambda_C (r_A r_B + r_B r_C + r_C r_A) \quad (12)$$

$$r_{sys} = \frac{r_A \cdot r_B \cdot r_C}{r_A \cdot r_B + r_B \cdot r_C + r_C \cdot r_A} \quad (13)$$

$$r_{sys} = \lambda_{sys} \cdot r_{sys} = \lambda_A \cdot \lambda_B \cdot \lambda_C \cdot r_A \cdot r_B \cdot r_C \quad (14)$$

Keterangan:

$\lambda_A$  : Laju kegagalan peralatan A (kegagalan/tahun)

$\lambda_B$  : Laju kegagalan peralatan B (kegagalan/tahun)

$\lambda_C$  : Laju kegagalan peralatan C (kegagalan/tahun)

$r_A$  : Waktu keluar (*outage time*) peralatan A (jam/kegagalan)

$r_B$  : Waktu keluar (*outage time*) peralatan B (jam/kegagalan)

$r_C$  : Waktu keluar (*outage time*) peralatan C (jam/kegagalan)

$\lambda_{SYS}$  : Laju kegagalan sistem (kegagalan/tahun)

$r_{SYS}$  : Waktu keluar (*outage time*) sistem (jam/kegagalan)

$U_{SYS}$  : Rata-rata ketaktersediaan (*unavailability*) sistem (jam / tahun)

## 2.4 Indeks Keandalan Komponen Sistem Distribusi

Indeks keandalan merupakan suatu indicator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran *probabilitas*. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks keandalan sistem distribusi yang merupakan komponen yang dipakai pada jaringan.

Untuk memperoleh pengertian yang mendalam kedalam keseluruhan capaian angka keandalan dilakukan perbandingan antara indeks keandalan komponen dan indeks keandalan titik beban dapat dihitung persamaan-persamaan keandalan untuk menghitung indeks keandalan komponen yang meliputi angka keluar (*outage number*).

## 2.5 Konsep Dasar Keandalan

Dalam membicarakan keandalan, terlebih dahulu harus diketahui kesalahan atau gangguan yang menyebabkan kegagalan peralatan untuk bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

## 2.6 Definisi Indeks Keandalan Sistem Distribusi Sisi Pelanggan

Keandalan merupakan kemungkinan kelangsungan pelayanan beban dengan kualitas pelayanan listrik yang baik untuk suatu periode tertentu dengan kondisi operasi yang sesuai. Dan keandalan merupakan salah satu syarat yang tidak boleh diabaikan dalam sistem tenaga listrik.

Keandalan sistem tenaga listrik sangat tergantung pada keandalan peralatan pendukung sistem, proses alamiah dari peralatan serta kesalahan dalam mengoperasikan peralatan tersebut. Ada beberapa definisi kegagalan yang sering dipakai adalah :

- Bila kehilangan daya sama sekali selama  $t > 1$  cycle
- Bila kehilangan daya sama sekali selama  $t > 10$  cycle
- Bila kehilangan daya sama sekali selama  $t > 5$  detik
- Bila kehilangan daya sama sekali selama  $t > 2$  menit

Berdasarkan indeks-indeks keandalan dasar ini, didapat sejumlah indeks keandalan untuk sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekwensi atau lama pemadaman rata-rata tahunan. Indeks keandalan yang sering dipakai pada sistem distribusi antara lain :

### 2.6.1 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya pertahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan-pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh system tersebut. Persamaan untuk *SAIFI* (rata-rata jumlah gangguan tiap pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M} \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan :

$\lambda_k$ = angka keluar (*outage rate*) , kali padam yang dirasakan pelanggan

$M_k$ = jumlah *customer* pada *load point* k yang mengalami padam

$M$ = total *customer* pada sistem distribusi yang dilayani

### 2.6.2 System Average Interruption Duration Index(SAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara merata untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu. Persamaan untuk *SAIDI* (rata-rata jangka waktu gangguan setiap pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$SAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{\sum M} \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan:

$U_k$  = waktu padam (*duration*) yang dialami pelanggan

$M_k$ = jumlah *customer* pada *load point* k yang mengalami padam

$M$ = total *customer* pada sistem distribusi yang dilayani

## 2.7 Sistem Pengaman dan peralatan pada Sistem Distribusi

Agar suatu sistem distribusi dapat berfungsi dengan secara baik, gangguan-gangguan yang terjadi pada tiap bagian harus dapat dideteksi dan dipisahkan dari sistem lainnya dalam waktu yang secepatnya, bahkan kalau dapat, mungkin pada awal terjadinya gangguan. Keberhasilan berfungsinya proteksi memerlukan adanya suatu koordinasi antara berbagai alat proteksi yang dipakai. Adapun fungsi sistem pengaman adalah :

- Melokalisir gangguan untuk membebaskan peralatan dari gangguan.
- Membebaskan bagian yang tidak bekerja normal, untuk mencegah kerusakan.
- Memberi petunjuk atau indikasi atas lokasi serta macam dari kegagalan
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.
- Untuk mengamankan keselamatan manusia terutama terhadap bahaya yang ditimbulkan listrik.

Dalam usaha menjaga kontinuitas pelayanan tenaga listrik dan menjaga agar peralatan pada jaringan primer 20 kV tidak mengalami kerusakan total akibat gangguan, maka mutlak diperlukan peralatan pengaman. Adapun peralatan pengaman yang digunakan pada jaringan tegangan menengah 20 kV terbagi menjadi :

- Peralatan pengaman arus lebih
- Peralatan pemisah atau penghubung

- Peralatan pengaman tegangan lebih.

## 2.8 Gangguan Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya system tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya rele pengaman penyulang bekerja untuk membuka circuit breaker di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut untuk dari kerusakan. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan dan tidak meniadakan gangguan.

Gangguan pada jaringan distribusi lebih banyak terjadi pada saluran distribusi yang dibentangkan di udara bebas (SUTM) yang umumnya tidak memakai isolasi dibanding dengan saluran distribusi yang ditanam dalam tanah (SKTM) dengan menggunakan isolasi pembungkus. Sumber gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam sistem maupun dari luar sistem distribusi.

1. Gangguan dari dalam sistem antara lain :
  - Tegangan lebih atau arus lebih
  - Pemasangan yang kurang tepat
  - Usia pemakaian komponen dan peralatan
2. Gangguan dari luar sistem antara lain :
  - Dahan/ranting pepohonan yang mengenai SUTM
  - Sambaran petir
  - Hujan atau cuaca
  - Kerusakan pada peralatan
  - Binatang ataupun layang-layang
  - Penggalian tanah
  - Gagalnya isolasi karena kenaikan temperature
  - Kerusakan sambungan

Berdasarkan sifatnya gangguan pada sistem distribusi dibagi menjadi :

### a. Gangguan Temporer

Gangguan yang bersifat sementara karena dapat hilang dengan sendirinya dengan cara memutuskan bagian yang terganggu sesaat, kemudian menutup balik kembali, baik secara otomatis (autorecloser) maupun secara manual oleh operator. Bila gangguan tidak dapat dihilangkan dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman (recloser) dapat menjadi gangguan tetap dan dapat menyebabkan pemutusan tetap. Bila gangguan sementara terjadi berulang-ulang dapat menyebabkan gangguan permanen, dapat menyebabkan kerusakan peralatan.

### b. Gangguan Permanen

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskannya perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal ini ditandai dengan jatuhnya (trip) kembali pemutus daya setelah operator memasukkan sistem kembali setelah terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan-gangguan sebuah peralatan harus dilengkapi dengan system pengaman relay, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamanannya.



## 2.9 Konsep Dasar Sistem SCADA

### 2.9.1 Pengertian SCADA

SCADA ( *supervisory control and data acquisition* ) adalah sistem yang dapat memonitor dan mengontrol suatu peralatan atau sistem dari jarak jauh secara *real time*. SCADA berfungsi mulai dari pengambilan data pada Gardu Induk atau Gardu Distribusi, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi. Secara umum fungsi dari sistem SCADA adalah :

- Penyampaian data
- Proses kegiatan dan monitoring
- Fungsi control
- Perhitungan dan pelaporan.

Seluruh fungsi sistem SCADA yang telah dijelaskan, dapat dikelompokkan menjadi tiga :

- Telemetering  
Adalah proses pengambilan besaran ukur tenaga listrik yang ada di Gardu atau Gardu Distribusi yang dapat dimonitor di *Control Center*.
- Telesignaling  
Status dari peralatan tenaga listrik, sinyal alarm dan sinyal lainnya yang ditampilkan disebut status indikasi. Status indikasi terhubung ke modul *digital input* dari RTU. Status indikasi terdiri dari indikasi tunggal (*single*) dan indikasi ganda (*double*). Indikasi ganda terpasang pada peralatan yang mempunyai dua keadaan, dimana satu keadaan menunjukkan kontak terbuka (*open*) dan keadaan lain menunjukkan kontak tertutup (*close*), seperti pada PMT (pemutus tenaga). Indikasi tunggal dipergunakan untuk menyampaikan data alarm dari peralatan tenaga listrik. Status indikasi dikirim ke pusat pengatur beban atau *Control Center* bila terjadi perubahan status dari peralatan.
- Telecontrol  
Fungsi kontrol sistem tenaga listrik terbagi menjadi 4 bagian, yaitu kontrol individu, kontrol perintah untuk pengaturan peralatan, pola kontrol otomatis dan pola kontrol berurutan. Kontrol individu merupakan perintah langsung peralatan sistem tenaga listrik, seperti perintah buka/tutup PMT atau PMS, dan perintah start/stop unit pembangkit. Sedangkan kontrol perintah untuk pengaturan peralatan merupakan fungsi kontrol yang berhubungan dengan pusat pembangkit untuk menaikkan atau menurunkan daya pembangkitan. Kontrol otomatis adalah perintah kontrol dari substation automation misalnya untuk load shading. Kontrol berurutan adalah kontrol otomatis dengan menggunakan aplikasi distribusi Managemen System (DMS)

SCADA (*Supervisory Control And DataAcquisition*) adalah salah satu sistem pengendalian yang mengefisienkan pengoperasian jaringan tenaga listrik, karena dengan sistem SCADA jaringan dapat dimonitoring, dikendalikan dan dimanuver secara remote. Tujuan utama pengoperasian sistem adalah untuk mempertahankan keadaan normal selama mungkin. Bila terjadi gangguan, operator harus bertindak cepat untuk memulihkan sistem menjadi normal kembali, sedangkan dalam Keadaan gawat dispatcher harus mampu mengambil tindakan yang sesuai, sehingga pemulihan terlaksana dengan baik dan cepat. Pengendalian berbasis SCADA bertujuan untuk membantu operator mendapatkan sistem pengoperasian optimum dan pengendalian sistem tenaga listrik. Dalam mengelola sistem jaringan distribusi lamanya waktu pemulihan gangguan merupakan kriteria penting yang digunakan untuk menilai kinerja pada sistem pengoperasian jaringan

dan pelayanan gangguan. Untuk hal itu, maka system pengendali dilengkapi dengan seperangkat SCADA. Perangkat ini digunakan sebagai sarana untuk memantau dan mengendalikan sistem tenaga secara terpusat dari pusat-pusat pengendali.

Fungsi sistem SCADA bagi pengatur jaringan (*Dispatcher*) yaitu untuk mengetahui:

Buka/tutup switch pada jaringan yang diawasi.

Besaran tegangan, arus, dan frekuensi di setiap penyulang pada jaringan.

Indikasi alarm, seperti *Ground Fault, Over Current, Suplly Fault, Over/Under Voltage*.

Melakukan Remote Control buka/tutup switch.

Sistem SCADA memiliki 3 buah komponen utama, yaitu: Pusat Kontrol, RTU yang ada di lokasi gardu dan jalur komunikasi yang menghubungkan Pusat Kontrol dan RTU.

### 2.9.2 Subsistem Pusat Kontrol

Pusat kontrol merupakan pusat dari system SCADA, karena semua fungsi pengawasan, pengendalian terhadap data dan sumber data di RTU dilakukan dari sini. Pusat kontrol terdiri dari perangkat keras yang berupa komputer digital (computer, printer, Monitor Peta Dinding Besar dan Card *Digital to Analog*) serta perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan komunikasi dengan RTU.

### 2.9.3 Peralatan penghubung Komunikasi SCADA

Agar supaya Master Station dapat berhubungan dengan Remote Terminal unit maka diperlukan sarana telekomunikasi data atau sering disebut data link, pada SCADA Distribusi pada umumnya terdiri dari:

#### - Kabel Pilot

Kabel Pilot adalah kabel tembaga yang sering disebut Areal Kabel yang dapat berupa kabel udara maupun kabel tanah. Dalam satu kabel ini terdiri dari minimal 10 pair sampai ratusan pair. Jarak kabel pilot paling panjang dapat dipergunakan tanpa tambahan penguatan di tengah adalah 10 Km dengan penampang kabel 0,6 mm. Jika lebih dari 10 Km maka diperlukan penguat atau disebut amplifier.

#### - Radio data

Pengiriman data dari RTU ke Master station dapat pula melalui radio data. Radio data ini dapat beroperasi pada frekuensi VHF atau UHF. Untuk kecepatan pengiriman data yang rendah biasanya dipakai frekuensi VHF sedangkan untuk pengirimannya data dengan kecepatan tinggi dipergunakan frekuensi UHF.

Untuk penggunaan frekuensi UHF sangat dipengaruhi dengan propagasi dan kondisi LOS bidang pancaran sehingga untuk daerah yang countour tanahnya berbukit bukit diperlukan beberapa repeater .

#### - PLC

Selain radio dan kabel pilot sarana telekomunikasi data yang lain adalah PLC (Power line carrier). PLC hanya dipasang di Gardu induk. Jadi antar gardu induk komunikasi data bisa menggunakan PLC. Pada SCADA Distribusi biasanya dipergunakan sarana FO atau Kabel pilot dari DCC ke GI kemudian dari GI ke GI lain bisa menggunakan PLC.

#### - Fiber Optic

Sarana komunikasi yang paling handal adalah fiber optic. Dengan Fiber optic kecepatan transmisi data bisa sangat tinggi sehingga banyak data bisa dikirimkan ke Master Station. Sarana ini cocok sekali untuk Substation automation.

#### 2.9.4 Remote Terminal Unit (RTU)

Remote terminal unit (RTU) adalah salah satu komponen peralatan SCADA yang didesain untuk memonitor aktivitas substation pada suatu sistem tenaga listrik. Informasi dasar tentang sistem tenaga listrik diperoleh dari pemantauan status peralatan dan pengukuran besaran listrik pada gardu induk maupun pembangkit listrik. Informasi tersebut kemudian diproses oleh RTU untuk kemudian dikirim ke Control Center. Sebaliknya, Control Center pun dapat mengirim perintah ke RTU. Proses ini, sebagaimana disinggung pada bagian sebelumnya, disebut teleinformasi (terdiri dari telesignal, telecontrol dan telemetering).

Dalam perkembangan teknologi ada beberapa jenis RTU yang pada umumnya dipergunakan sesuai dengan konfigurasi atau fungsinya yaitu:

### 2.10 Penilaian Keandalan Tahapan Desain

Keandalan menjadi salah satu pertimbangan dalam tahap disain sebuah sistem. Penilaian keandalan setelah sistem dibuat akan sangat tidak ekonomis. Setiap produk atau sistem memiliki disebut dengan *inherent reliability* (keandalan bawaan). *Inherent reliability* sangat ditentukan oleh kontrol kualitas sejak proses konstruksi jaringan atau dengan kata lain, kontrol kualitas yang jelek akan sangat menurunkan *inherent reliability*, sekalipun kontrol kualitas yang terjamin pun tidak akan keandalan melebihi *inherent reliability*. Dengan demikian *inherent reliability* dan kontrol kualitas sangat terkait satu sama lain.

### 2.11 Reability Economics

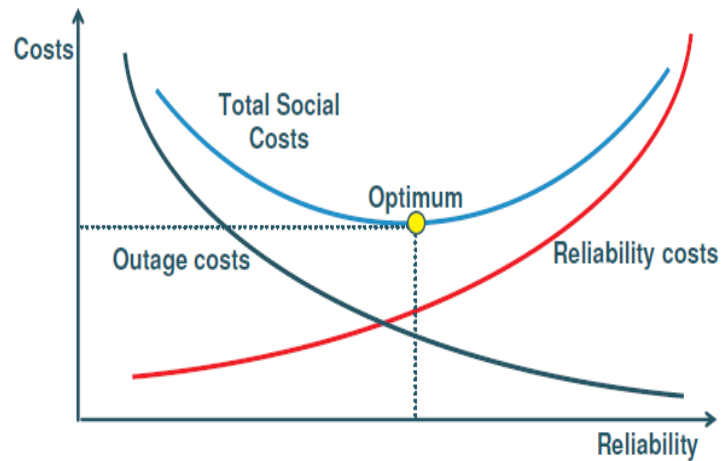
Seperti yang telah disampaikan diawal keandalan sangat terkait dengan biaya dan faktor-faktor ekonomi lainnya. Sistem akan menjadi lebih andal jika komponen-komponen kritis pada sistem diberi redundansi. Namun ini secara langsung akan menyebabkan biaya investasi sistem, biaya pemeliharaan serta biaya operasinya juga menjadi mahal. Komponen pada system dengan tingkat keandalan yang baik akan lebih mahal dibandingkan dengan komponen sejenis yang memiliki tingkat keandalan dibawahnya. Namun, komponen dengan tingkat keandalan yang baik tentunya diharapkan lebih lama waktu operasinya atau lebih jarang gagal sehingga biaya perawatannya atau biaya *downtime* serta biaya yang muncul akibat sistem tidak beroperasi akan menjadi lebih rendah.

### 2.12 Biaya pemasangan Recloser SCADA

Modifikasi jaringan dengan menggunakan dan penempatan Recloser sebagai komunikasi SCADA relative terhadap tingkat mutu kehandalan pelayanan distribusi dengan menempatkan 6 set recloser lengkap dengan komunikasi SCADA cabel memerlukan biaya awal yang cukup besar dengan perkiraan sebesar :

Recloser 2 unit sebesar	Rp. 80.749.000,-
Sarana komunikasi SCADA	Rp 50.000.000,-
Aplikasi dan Komputer	Rp 35.000.000,-
Aplikasi SCADA	Rp 25.000.000,-
Jumlah	Rp 190.749.000,-

Dalam teori reliability maka dapat di analisa pada saat awal Costs tinggi dan untuk jangka waktu kedepan akan menjadikan costs akan bermanfaat. Dan dalam gambar 1 terlihat biaya yang akan terlihat adalah biaya pemeliharaan jaringan rutin, biaya (costs) mengecil maka nilai Reliability akan baik (tinggi).

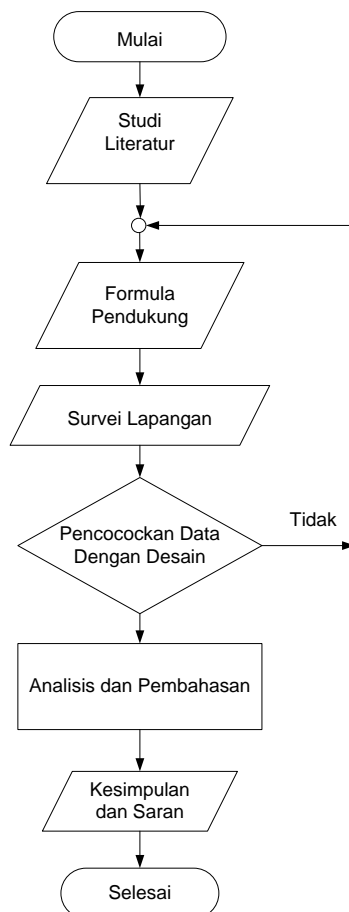


Gambar 1 Grafik Costs dengan Reliability

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Kerangka Umum

Kerangka umum dalam pengerjaan penelitian Studi valuasi dan Peningkatan Keandalan Penyulang Langut, Eretan dan Lohbener, Gardu Induk Indramayu adalah sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Alir Kerangka Umum Metode Pengerjaan Penelitian

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku -buku, situs-situs internet dan literatur lain yang menunjang dalam penelitian ini, antara lain :

- Mempelajari sistem distribusi tenaga listrik dan tipe -tipe jaringan distribusi.
- Mempelajari *recloser sebagai desain* SCADA pada jaringan distribusi.
- Mempelajari dasar-dasar teknik keandalan.
- Mempelajari parameter keandalan komponen-komponen system distribusi.
- Mempelajari penyusunan model keandalan jaringan distribusi tenaga listrik untuk penyulang tipe radial.
- Mempelajari perhitungan indeks-indeks yang digunakan untuk mengukur tingkat keandalan sistem distribusi.
- Mempelajari metode/cara -cara yang digunakan untuk meningkatkan keandalan penyulang tipe radial pada sistem distribusi tenaga listrik.
- Mempelajari teknik optimasi.

### 3.3 Survei Lapangan dan Pengambilan Data

Kegiatan survey lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi riil dari obyek yang dibahas, data-data yang diperlukan, serta informasi penting lain yang terkait dengan permasalahan yang dibahas.

Data yang diambil berupa data sekunder. Pengambilan data sekunder diperoleh dari PT PLN APJ Cirebon Rayon Indramayu. *Single-Line Diagram* Penyulang Langut, Lohbener dan Eretan.

Peta jaringan Tegangan Menengah Penyulang Langut, Lohbener dan Eretan. Data konduktor (panjang dan jenis) yang digunakan pada jaringan tegangan menengah Penyulang yang melayani daerah kota.

### 3.4 Analisis dan Pembahasan

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam analisis data dalam studi evaluasi dan peningkatan keandalan Penyulang terkait pada Gardu Induk Indramayu adalah sebagai berikut:

#### A. Penentuan konfigurasi jaringan

Konfigurasi ditentukan berdasarkan *single-line* diagram penyulang. Tiap satu trafo distribusi (tiap GTT) sebagai satu *load-point*. Tiap *load-point* memiliki daya terpakai rata-rata yang diperoleh dari data pengukuran trafo (data sekunder). Tiap *load-point* juga memiliki jumlah pelanggan yang terhubung dengan *load point* tersebut yang diperoleh dari data jumlah pelanggan masing-masing trafo (data sekunder)

#### B. Menghitung panjang saluran $L$ (*line*)

Panjang saluran (dinotasikan dengan variabel  $L$ ) dihitung sebagai jarak antar pemutus dalam hal ini adalah Recloser yaitu jarak antara rekloser yang satu dengan pemutus atau recloser lain yang terdekat. Jika terdapat percabangan saluran maka panjang saluran dihitung sebagai jarak adalah yang menjadi main line.

#### C. Menghitung indeks frekuensi pemadaman rata-rata ( $f$ )

Indeks ini dihitung dengan persamaan untuk  $f$  seperti yang telah dijelaskan pada tentang persamaan indeks frekuensi pemadaman rata-rata.

#### D. Menghitung indeks lama pemadaman rata-rata ( $d$ )

Indeks ini dihitung dengan persamaan untuk  $d$  seperti yang telah dijelaskan tentang persamaan indeks lama pemadaman rata-rata.

#### E. Perhitungan indeks keandalan SAIFI, SAIDI

Perhitungan indeks keandalan Saidi dan Saifi adalah realisasi dari kinerja keandalan yang dicapai, keandalan penyulang merupakan jmlah padam dan lama padam yang dirasakan oleh pelanggan.

#### F. Evaluasi Desain SCADA

Mengevaluasi kemampuan keandalan komponen terhadap frekuensi ( $f$ ) dan lama pemadaman ( $d$ ) Standarisasi SPLN 59-1985, IEEE Std 1366-2000 dengan target Saidi dan saifi pada Visi PLN menuju klas dunia *World Class Services* (WCS) PLN. Indeks tersebut dilihat apakah telah memenuhi standar tersebut. Jika belum memenuhi, maka perlu dilakukan upaya peningkatan / perbaikan keandalan

#### G. Penentuan jumlah dan lokasi optimal *Reclosar* SCADA

Langkah ini diawali dengan terlebih dahulu membentuk *single-line diagram* Penyulang Langut, Lohbener dan Eretan yang baru dengan menghilangkan *sectionalizer* atau *recloser* yang sudah ada (*existing*) pada jaringan. Kemudian menghitung keandalan komponen (SPLN 59:1985) panjang pada jaringan sebagai variable diperkirakan kurang lebih 50% ditempatkan recloser sehingga didapatkan jumlah dan lokasi optimal *automatic recloser/sectionalizer* pada jaringan.

### 3.5 Penarikan Kesimpulan

Dari hasil analisis tersebut akan didapatkan kesimpulan seberapa besar tingkat keandalan Penyulang Langut, Lohbener dan Eretan dengan kondisi *existing* jaringan yang diukur dengan indeks-indeks keandalan, setelah penggunaan SCADA Recloser pada jaringan, maupun dengan alokasi recloser/*sectionalizer* dalam jumlah dan letak yang optimal.

## 4. EVALUASI DESAIN SCADA

### 4.1. Evaluasi keandalan sistem

Pada dasarnya Evaluasi keandalan mempunyai dua fungsi utama yaitu :

- Melihat penampilan sistem (system performance).
- Memprediksi sistem untuk waktu yang akan datang (systemprediction).

Metode Keandalan Sistem SCADA (KSS) dengan design penempatan Recloser untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu komponen yang mempengaruhi operasi sistem. Efek atau Konsekuensi dari gangguan individual komponen secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisaan apa yang terjadi jika gangguan terjadi. Suatu bentukidentifikasi yang jelas tentang cara kegagalan yang akan membimbing langsung kearah penyelesaian dan keseluruhan sistem keandalan.

Dari hasil yang dapat diperoleh dari evaluasi keandalan dengan metode KSS dari sistem distribusi adalah suatu cara peningkatan keandalan. Dengan memiliki indeks keandalan suatu sistem distribusi dapat dilihat tingkat keandalan sistem tersebut. Dari angka perbandingan yang dimiliki dapat digunakan untuk tolak ukur perencanaan perbaikan atau pengembangan sistem yang akan datang. Selain itu, indeks keandalan juga bermanfaat sebagai pembanding antar sistem yang akan memacu meningkatkan keandalan sistem yang lemah.

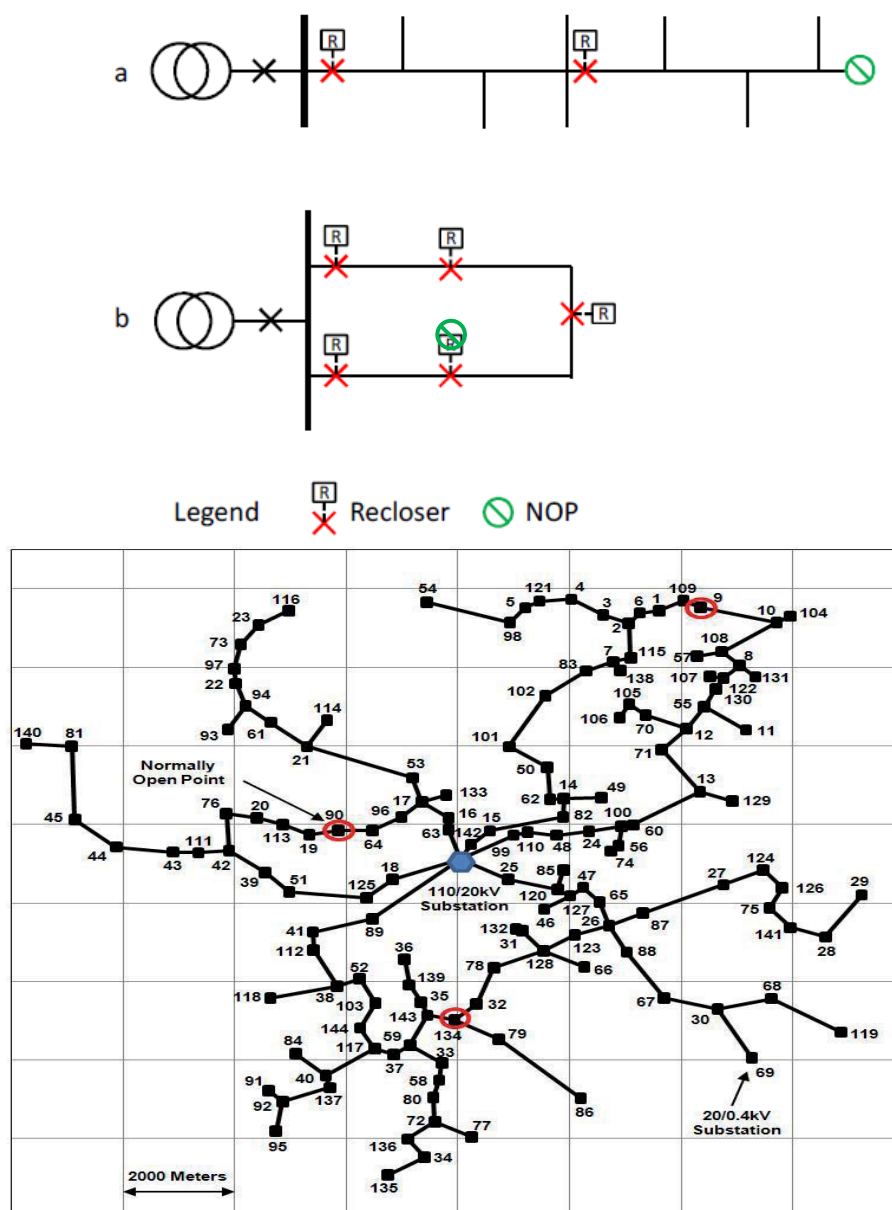
Prediksi sistem merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk memperkirakan (prediksi) keandalan suatu sistem lewat penambahan beberapa komponen tanpa melupakan aspek kebutuhan dan biaya. Namun pada saat ini, lebih banyak digunakan untuk menilai sistem yang ada daripada untuk perkiraan keandalan sistem pada masayang akan datang.

Penilaian terhadap penampilan design sistem menjadi sangat penting karena alasan sebagai berikut :

- Menentukan secara urut perubahan terhadap penampilan sistem dalam mengenali daerah yang rawan dan perlu untuk dilakukan pembenahan.
- Menentukan indeks pada daerah pelayanan sebagai panduan untuk menilai keandalan sistem yang akan datang.
- Membandingkan perkiraan sebelumnya dengan pekerjaan operasi yang sesungguhnya.

#### 4.2. Model Design Sistem

Model design sistem yang akan dipelajari adalah bentuk permisalan sistem dalam pelanggan kota yang dapat diketahui peningkatan keandalannya sebagai nilai indeks keandalan sistem yang akan datang dengan model pada gambar 3.

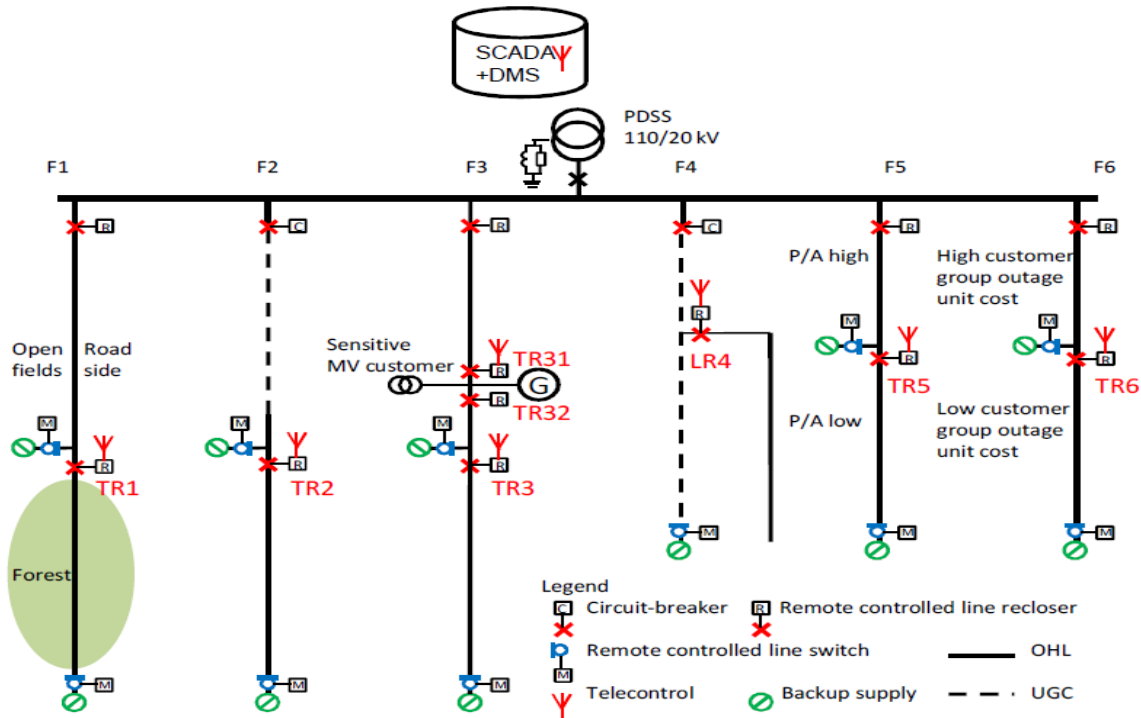


Gambar 3 : ( a.) system radial dengan keandalan recloser (b) system radial open ring feeder  
(c) sebaran lokasi gardu dan pemutus recloser

### 4.3 Pemodelan Desain System SCADA pada penyulang

Dengan menganalisa desain SCADA saluran berdasarkan tiap-tiap calon lokasi recloser sebagai titik RTU, maka digunakan beberapa metode pendekatan sebagai berikut:

- Ditempatkan beberapa buah Recloser SCADA di jaringan penyulang/feeder
- Recloser sebagai RTU SCADA dapat ditempatkan setidaknya di (kurang lebih) 1/2 panjang penyulang untuk calon lokasi SCADA seperti Gambar 4.



Gambar 4 Desain penempatan recloser sebagai RTU SCADA pada penyulang/feeder

Dengan skenario desain SCADA yang digunakan dalam penelitian ini, dihitung frekuensi padam komponen ketiga penyulang.

### 4.4 Evaluasi Desain SCADA a Jaringan Distribusi

Evaluasi keandalan sistem ini menggunakan standart dari PLN yaitu SPLN 59 : 1985, untuk laju kegagalan (failure rate) dan waktu perbaikan (repair time) operasi kerja untuk penormalan gangguan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)/Overhead Line sebagaiberikut :

- Laju kegagalan (failure rate) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) = 0.2/km/year
- Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kawat penghantar udara (repa time) = 3 jam
- Waktu switching, diasumsikan sebagai waktu penutupan saklar beban Load Break Switch LBS maksimal = 0.15 jam

Frekuensi pemadaman setelah desain :

- Penyulang Langut dari 1.816000 menjadi 1.37100 kali padam/tahun
- Penyulang Lohbener dari 3.426375 menjadi 2.52738 kali padam/tahun
- Penyulang Eretan dari 3.821875 menjadi 2.82288 kali padam/tahun



Lamanya padam setelah desain maka :

- Penyulang Langut dari 16.57800 menjadi 9.0858 jam/tahun
- Penyulang Lohbener dari 40.52375 menjadi 20.10035 jam/tahun
- Penyulang Eretan dari 37.91875 menjadi 19.73855 jam/tahun

Dengan mendesain konfigurasi ke tiga penyulang bahwa lokasi yang paling baik untuk penempatan recloser sebagai SCADA berdasarkan nilai durasi gangguan rata – rata per tahun dan frekuensi rata-rata per tahun yang kecil adalah pada kurang lebih setengah panjang penyulang dan penyulang menjadi ring loop dapat dievaluasi bahwa untuk pencapaian target kinerja Saidi 100 jam/tahun dan Saifi 3 kali padam /tahun, maka desain SCADA dalam penelitian komponen terpasang mampu untuk tercapainya kinerja keandalan.

#### 4.5 Perhitungan Energi Tak tersalurkan

Data dari billing pada bulan Mei 2012 Total Energi pada GI Indramayu terlihat pada tabel 4.8 sebesar 29.738.854 kWh dengan total nilai jual energy sebesar Rp. 22.712.648.710,- , dengan data pada tabel dapat di hitung

Harga jual rata-rata :

$$\begin{aligned} \text{Rp/kWh} &= 22.712.648.710/29.738.854 \\ &= \text{Rp. } 763,73 \end{aligned}$$

Rata-rata energy perjam dalam bulan Mei 2012 bila padam GI adalah :

$$kWh_{\text{perjam}} = \frac{\sum kWh_{\text{penyulang}}}{\text{hr} \times 24}$$

atau

$$\begin{aligned} kWh_{\text{perjam}} &= \frac{29.738.854}{30 \times 24} \\ &= 41.303,96 \text{ kWh/jam} \end{aligned}$$

Dan rata-rata per penyulang :

$$\begin{aligned} kWh_{\text{perpenyulang perjam}} &= 41.303,96/12 \\ &= 3.441,96 \text{ kWh/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan untuk Tiga penyulang yang di teliti

- Penyulang Eretan total kWh = 2.987.961 kWh
- Penyulang Lohbener total kWh = 2.468.064 kWh
- Penyulang Langut total kWh = 2.611.663 kWh
- Jumlah = 8.067.688kWh

Padam per penyulang perjam ketiga penyulang rata-rata :

$$kWh_{\text{perjam}} = \frac{8.067.688}{30 \times 24} = 11.205,12 \text{ kWh/ Jam}$$

Dapat di analisa bahwa padamnya listrik dalam satu jam per tiga penyulang akan berakibat tidak tersalurkan energy sebesar :11.205,12 kWh dengan nilai sebesar = kWh tak tersalurkan x Rp/ kWh

$$\begin{aligned} &= 11.205,12 \times \text{Rp. } 763,73/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. } 8.557.687,73/\text{Jam} \\ &= \text{Rp. } 8.557.687,73/\text{Jam} \times \text{Jumlah Penyulang} \times 15 \text{ Jam} \\ &= \text{Rp. } 8.557.687,73/\text{Jam} \times 13 \times 15 \text{ jam} \end{aligned}$$

= Rp. 166.874.910,3

Harga ini nilai yang cukup besar kerugian energy tak tersalurkan, apabila tidak di upayakan dengan otomatisasi menggunakan SCADA, dan pada desain ini dibuat agar padam akibat gangguan dapat dipercepat melokalisir penyelesaian padam akibat gangguan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan pembahasan mengenai koordinasi dan evaluasi keandalan menggunakan sectionalizer, pada tiga penyulang yaitu jaringan langut, eretan dan lohbenner maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Lamanya padam setelah desain maka :

- Penyulang Langut dari 16.57800 menjadi 9.0858 jam/tahun
- Penyulang Lohbenner dari 40.52375 menjadi 20.10035 jam/tahun
- Penyulang Eretan dari 37.91875 menjadi 19.73855 jam/tahun

Frekuensi pemadaman setelah desain :

- Penyulang Langut dari 1.816000 menjadi 1.37100 kali padam/tahun
- Penyulang Lohbenner dari 3.426375 menjadi 2.52738 kali padam/tahun
- Penyulang Eretan dari 3.821875 menjadi 2.82288 kali padam/tahun

Pada bulan mei energi yang tidak tersalurkan untuk tiga penyulang 11.205,12 kWh/Jam

- Harga nilai energy tak tersalurkan untuk tiga penyulang pada bulan mei Rp. 166.874.910,3

### 5.2 Saran

Setelah mengetahui tingkat keandalan dan lokasi optimal penempatan recloser SCADA /sectionalizer pada suatu jaringan distribusi 20 kV maka dapat diambil saran sebagai berikut :

- a. Perlu diketahui koordinasi recloser/sectionalizer dengan peralatan lain seperti fuse dan circuit breaker pada jaringan distribusi sehingga tercipta desain sistem yang lebih solid dan terpadu.
- b. Metode SCADA dapat dikembangkan lebih jauh dengan memasukkan semua peralatan jaringan distribusi 20 kV, kedalam perhitungan keandalan, tidak hanya terbatas pada peralatan pengamanan.
- c. Pemeliharaan dan pemeriksaan periodic terhadap peralatan dan kelengkapannya.
- d. Penggantian peralatan dilakukan tepat pada waktunya sebelum peralatan tersebut memasuki daerah kegagalan akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Billinton, R., Billinton, J. E. 1989. *Distribution System Reliability Indices*. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 4, pp. 561-586
- [2]. Billinton, R., Allan, Ronald N. 1996. *Reliability Evaluation of Power Systems*. 2nd ed. New York: Plenum Press.
- [3]. Bayliss C., *Transmission and Distribution Electrical Engineering, Second Edition, Elsevier, Singapore, 2003*.
- [4]. TuranGönen, 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*, Singapura : The McGraw-Hill Companies, Inc
- [5]. Glover, J.D., Sarma, M.S., *Power System Analysis and Design*, Third Edition, Thomson, Singapore, 2002.
- [6]. A S PABLA, Punjab State Electricity Board, Chanigarh, 1981. *Electric Power Distribution*, Fourth Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi
- [7]. PT. PLN (Persero). 1985. SPLN 59: Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [8]. PT. PLN (Persero). 2008. SPLN S3.001:2008 Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [9]. PT. PLN (Persero). 1987. SPLN 72: Spesifikasi Design Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [10]. PT. PLN (Persero). 1983. SPLN 52-3: Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga Distribusi 6 kV dan 20 kV. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [11] [http://www.weibull.com/SystemRelWeb/preventive\\_maintenance.htm](http://www.weibull.com/SystemRelWeb/preventive_maintenance.htm), retrieved on 2006-11-25.
- [12] Sugeng Suprijadi, Analisa peningkatan keandalan sistem distribusi tenaga listrik dengan pemanfaatan komunikasi fault indikator berbasis GSM pada penyulang gunting PT. PLN (persero) APJ Bogor, tesis Magister Teknik Elektro, 2011.
- [13] Ivan Nur, Meningkatkan Efektivitas dan Efisiensi Sistem Otomatis Gardu Induk dengan Optimalisasi SCADA di PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera”, tesis Magister Teknik Elektro, 2009.

