

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Sistem Tenaga Listrik

Sekalipun tidak terdapat suatu sistem tenaga listrik yang “tipikal”, namun pada umumnya dapat dikembalikan batasan pada suatu sistem yang lengkap mengandung empat unsur. Pertama, adanya suatu unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan menengah (TM). Kedua, suatu sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang biasanya jauh, maka diperlukan tegangan tinggi (TT), atau tegangan ekstra tinggi (TET). Ketiga, adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). Keempat, adanya unsur pemakaian atau utilisasi, yang biasanya menggunakan tegangan rendah, sedangkan pemakai besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah ataupun tegangan tinggi. Kiranya jelas bahwa arah mengalirnya energi listrik berawal dari Pusat Tenaga Listrik melalui saluran – saluran transmisi dan distribusi dan sampai pada instalasi pemakai yang merupakan unsur utilisasi. (Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta : Universitas Indonesia).

2.2 Pengelompokan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Dari uraian sistem tenaga listrik diatas, dapat dilakukan pembagian serta pembatasan-pembatasan dalam sistem distribusi tenaga listrik, yakni :

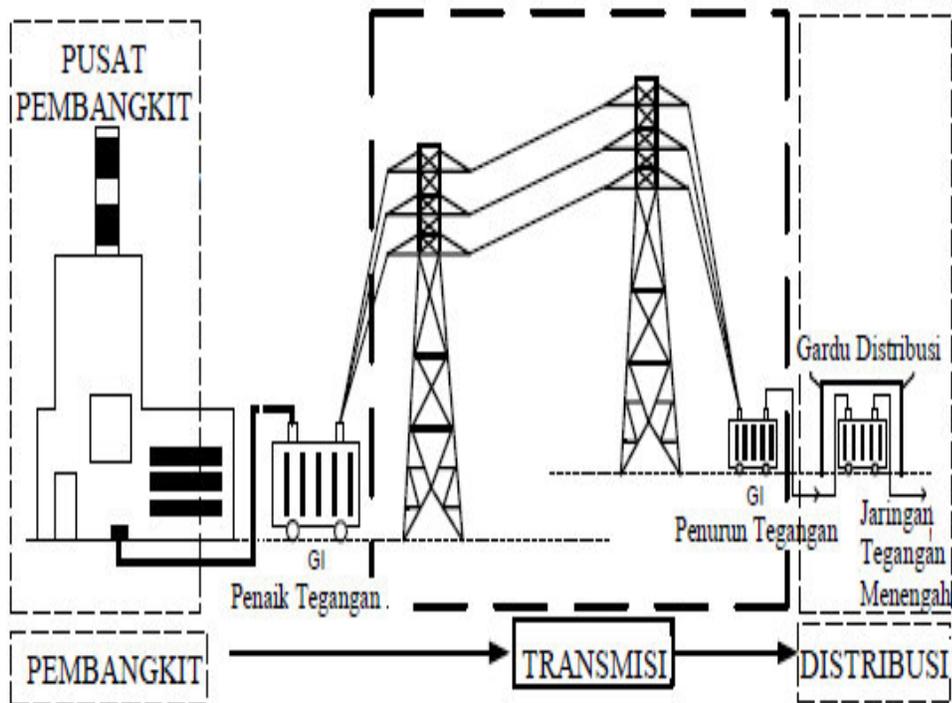
Daerah I : Bagian pembangkitan (Generation)

Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission), bertegangan tinggi
(HV,UHV,EHV)

Daerah III : Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah
(6 atau 20 kV).

Daerah IV : Instalasi bertegangan rendah (220/380 Volt)

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi jaringan distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Gambar 2.1 menunjukkan 3 komponen utama dalam penyaluran tenaga listrik.



Gambar 2.1 Tiga Komponen Utama Dalam Penyaluran Tenaga Listrik

Sumber : Hanif Guntoro.2009. Klasifikasi Saluran Transmisi Berdasarkan Tegangan.<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/11/klasifikasi-saluran-transmisi.html>. diakses : 25 Mei 2013.

Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

a. Saluran Sub-transmisi

Saluran Sub-transmisi adalah saluran yang menghubungkan sumber daya besar ke berbagai gardu induk pada suatu tegangan sub-transmisi, dengan besarnya tegangan Sub-transmisi ini bergantung dari besarnya tegangan transmisi.

b. Gardu Induk

Gardu induk diperuntukan melayani beban pada daerah tertentu. Dalam sistem gardu induk, tegangan subtransmisi diturunkan hingga mencapai suatu tegangan primer. Tegangan primer ini adalah 20 KV dan 12 KV.

c. Saluran Primer

Saluran primer adalah saluran yang menghubungkan gardu induk dengan beberapa gardu distribusi pada suatu tegangan primer. Saluran ini biasanya berupa saluran 3 fasa dengan menggunakan hantaran terbuka (penghantar udara).

d. Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang terdiri dari trafo tenaga dengan peralatan penghubung dan pemutus tenaga serta peralatan hubung bagi tegangan rendah yang terletak pada suatu bangunan.

e. Saluran Sekunder

Saluran sekunder adalah saluran yang menghubungkan gardu distribusi dan konsumen tegangan rendah melalui suatu penghantar udara (SUTR). (Hage.2008.*SistemDistribusiTenagaListrik*.[http://dunialistrik.blogspot.com/2008/12/sistem-distribusi-tenaga listrik.html](http://dunialistrik.blogspot.com/2008/12/sistem-distribusi-tenaga%20listrik.html).diakses : 18 Maret 2013).

2.3 Jaringan Distribusi Primer Menurut Bahan Konduktornya

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

Pada sistem distribusi primer dipergunakan tegangan menengah tiga fase tanpa pengantar nol, sehingga terdapat tiga kawat. Berbeda halnya dengan tegangan redah, dipergunakan pengantar nol, sehingga terdapat empat kawat. Hantaran udara, sering juga disebut saluran udara, merupakan penghantar energi

listrik, tegangan menengah atau tegangan rendah, yang dipasang di atas tiang – tiang listrik di luar bangunan. Sedangkan pada kabel tanah penghantarnya dibungkus dengan bahan isolasi. Kabel tanah dapat dipakai untuk tegangan menengah ataupun tegangan rendah. Sebagaimana namanya, kabel tanah ditanam dalam tanah. Instalasi saluran udara jauh lebih murah daripada instalasi kabel tanah.

Di lain pihak, instalasi kabel tanah lebih mudah pemeliharaannya dibanding dengan saluran udara. Lagipula instalasi kabel tanah lebih indah, karena tidak terlihat, sedangkan saluran udara “menggangu” pemandangan dan lingkungan. Karenanya, di kota – kota besar dengan kepadatan pemakaian energi listrik yang tinggi, saluran tegangan menengah biasanya merupakan kabel tanah bahkan sering juga saluran tegangan rendahnya. Tingginya biaya instalasi kabel tanah dapat dipertanggung jawabkan oleh karena tingginya kepadatan pemakaian energi listrik. Sekalipun operasi dan pemeliharaannya lebih mudah, tapi bilamana terjadi gangguan pada kabel tanah, perbaikannya merupakan pekerjaan yang sukar, lebih – lebih bilamana kabel ini ditanam di jalanan yang lalu-lintasnya padat.

a. Hantaran udara

Hantaran udara, terutama hantaran udara telanjang, digunakan pada pemasangan di luar bangunan, diregangkan pada isolator isolator di antara tiang – tiang yang disediakan khusus untuk maksud itu. Bahan yang dipakai untuk kawat penghantar aluminium telanjang (AAC atau All Aluminium Cable), campuran yang berbasis aluminium (Al-Mg-Si), aluminium berinti baja (ACSR atau Aluminium Cable Steel Reinforced) dan kawat baja yang diberi lapisan tembaga (Copper-weld).

Secara teknis tembaga lebih baik daripada aluminium, karena memiliki daya hantar arus listrik yang lebih tinggi. Namun karena harga tembaga yang lebih tinggi, lagipula memiliki kecenderungan untuk senantiasa naik, kian lama pemakaian kawat aluminium lebih banyak dipakai. Karenanya kawat aluminium berinti baja (ACSR) banyak dipakai untuk hantaran udara tegangan tinggi maupun

tegangan menengah. Sedangkan untuk saluran udara tegangan rendah banyak dipakai kawat aluminium telanjang (AAC) kini untuk saluran udara juga banyak dipakai kawat udara aluminium punter berisolasi (*twisted wire*).

b. Kabel Tanah

Ditinjau dari segi fungsi, SKTM memiliki fungsi yang sama dengan SUTM. Perbedaan mendasar adalah, SKTM ditanam di dalam tanah.

Beberapa pertimbangan pembangunan SKTM adalah:

- Kondisi setempat yang tidak memungkinkan dibangun SUTM.
- Kesulitan mendapatkan ruang bebas (ROW), karena berada di tengah kota dan pemukiman padat.
- Pertimbangan segi estetika.

Beberapa hal yang perlu diketahui:

- Pembangunan SKTM lebih mahal dan lebih rumit, karena harga kabel yang jauh lebih mahal dibanding penghantar udara dan dalam pelaksanaan pembangunan harus melibatkan serta berkoordinasi dengan banyak pihak.
- Pada saat pelaksanaan pembangunan transmisi SKTM sering menimbulkan masalah, khususnya terjadinya kemacetan lalu lintas.
- Jika terjadi gangguan, penanganan (perbaikan) SKTM relatif sulit dan memerlukan waktu yang lebih lama jika dibandingkan SUTM. (Hanif Guntoro.2009. Klasifikasi Saluran Transmisi Berdasarkan Tegangan <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/11/klasifikasi-saluran-transmisi.html>. diakses : 25 Mei 2013)

Dalam penggunaannya kabel SKTM memiliki kode disetiap jenis kabelnya, kode tersebut dapat diartikan dengan menggunakan SPLN 43-5-4 1995 seperti tertera pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Penandaan Kabel Tanah

Kode Pengenal	Komponen
Huruf kode	
N	Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar
NA	Kabel jenis standar dengan aluminium sebagai penghantar
2X	Isolasi XLPE
SE	Lapisan logam tembaga pada masing-masing inti
Y	Selubung dalam PVC
2Y	Selubung luar PE (polietilen)
Y	Selubung luar PVC
FGb	Perisai kawat baja galvanis pipih
RGb	Perisai kawat baja galvanis bulat
B	Perisai pita baja galvanis
cm	Penghantar dipilin bulat dipadatkan

Sumber : SPLN 43-5-4.1995. Kabel Tanah Inti Tiga Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/PVC Dengan atau Tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV s/d 12/20 (24) kV.

contoh penguraian kode penamaan :

NA2XSE2Y 3 X 240 cm (24) kV

Menvatakan suatu kabel tanah inti tiga berisolasi XLPE dan berselubung PE bertegangan pengenal (24) kV, berpenghantar aluminium dipilin bulat dipadatkan dengan penampang nominal 240 mm^2 , berlapiskan pelindung logam tembaga pada masing-masing inti.

2.4 Jenis Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan/ konsumen. Ditinjau dari volume fisiknya jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibandingkan dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya (sekian kali per 100 km pertahun) juga paling tinggi dibandingkan jumlah gangguan pada saluran – saluran transmisi. Jaringan distribusi seperti diketahui terdiri dari jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) dan jaringan distribusi tegangan rendah (JTR). Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV. Pada saat ini PLN

hanya mengembangkan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah.

Pada saat ini gangguan pada saluran udara tegangan menengah ada yang mencapai angka 100 kali per 100 km per tahun. Sebagian besar gangguan pada saluran udara tegangan menengah tidak disebabkan oleh petir melainkan oleh sentuhan pohon, apalagi saluran udara tegangan menengah banyak berada di dalam kota yang memiliki bangunan-bangunan tinggi dan pohon-pohon yang lebih tinggi dari tiang saluran udara tegangan menengah. Hal ini menyebabkan saluran udara tegangan menengah yang ada di dalam kota banyak terlindung terhadap sambaran petir tetapi banyak diganggu oleh sentuhan pohon. Hanya untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan karena petir. Gangguan karena petir maupun karena sentuhan pohon ini sifatnya temporer (sementara), oleh karena itu penggunaan penutup balik otomatis (recloser) akan mengurangi waktu pemutusan penyediaan daya (*supply interrupting time*).

Gangguan sistem distribusi meliputi:

1. Gangguan hubung singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi antar fase (3 fase atau 2 fase) atau 1 fase ketanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen.

2. Gangguan beban lebih

Gangguan beban lebih terjadi karena pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan.

3. Gangguan tegangan lebih

Gangguan tegangan lebih termasuk gangguan yang sering terjadipada saluran distribusi. Gangguan ini biasanya disebabkan oleh surja hubung atau surja petir. Dari ketiga jenis gangguan tersebut, gangguan yang lebih sering terjadi dan berdampak sangat besar bagi sistem distribusi adalah gangguan hubung singkat. Sehingga istilah gangguan pada sistem distribusi lazim mengacu kepada gangguan

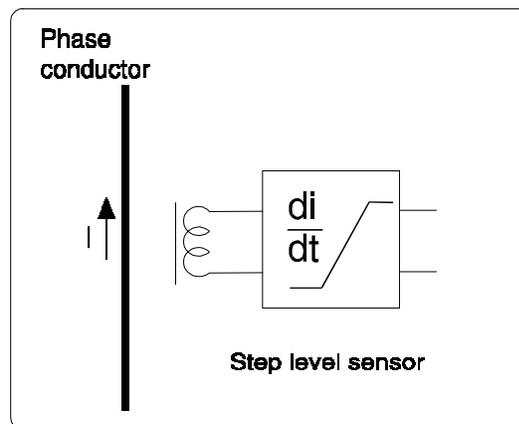
hubung singkat dan peralatan proteksi yang dipasang cenderung mengatasi gangguan hubung singkat ini. (Prima, Anandhaka. 2011. *Gangguan – Gangguan yang Terjadi Pada Sistem Distribusi Untuk Industri*. http://anandk.blogspot.com/2011/10/gangguan-gangguan-yang-terjadi-pada_4283.html diakses : 18 Maret 2013)

2.5 *Fault Indicator/Pengindikasi Gangguan*

Pengindikasi Gangguan dalam hal ini menggunakan Line Troll 110E μ . Line Troll dipasang pada saluran distribusi dengan range 6 – 69 kV. Pengaplikasian dari LINETROLL 110E μ biasanya memerlukan survei saluran sebelumnya sehingga dapat diperoleh penggunaan terbaik dari indikator.

a. Prinsip kerja linetroll

LINETROLL 110E μ menggunakan sensor medan magnet. Prinsip kerja sensor pada linetroll dapat dilihat pada gambar 2.2. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus saluran menginduksi sinyal dalam pickup koil indikator. Sinyal diinduksi diterapkan pada sensor di / dt untuk membedakan antara arus gangguan dan arus beban. Sensor di / dt mendeteksi arus instan di-lipatan seperti halnya ketika gangguan terjadi. Tingkatan Trip dari di / dt dapat diatur untuk 6,12, 25, 60, atau 120 A dengan menggunakan bank saklar di dalam unitnya.



Gambar 2.2 Prinsip Sensor Medan Magnet

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ* .Norway.

b. Kriteria Pengaktifan

LINETROLL 110E_{ur} dapat dengan mudah diatur untuk beroperasi dalam modus yang diinginkan dengan mengubah beberapa switch di dalam unit. Untuk menghindari pengaktifan indikator karena lonjakan magnetising arus dari saluran, sensor di/dt itu diblokir selama 5 detik. Pada saat pemberian energi kembali pada saluran. Sementara waktu memblokir berlalu, arus saluran stabil dan tidak akan menyebabkan terpicunya sensor di/dt. Sebuah gangguan yang melebihi durasi 6 detik diperlukan untuk mengaktifkan indikator.

c. Indikasi

Indikasi utama, LED 4 merah / kuning menunjukkan gangguan permanen.

Indikasi sekunder adalah 1 LED hijau.

- Gangguan transien : hanya LED hijau yang berkedip selama 24 jam
- Gangguan permanen: Baik * hijau dan merah) sampai di set ulang (timer-, auto- atau manual reset.

*) Catatan: untuk memverifikasi gangguan permanen, Indikasi merah tertunda 70 detik.

d. Kriteria Reset

Indikator otomatis me-reset dengan dua cara yang berbeda:

- 1) Ketika saluran mendapatkan tegangan. Sensor arus mendeteksi bahwa jalur tersebut bertegangan dan pada gilirannya dapat mereset indikator setelah 30 detik secara terus menerus saluran diberi tegangan.
- 2) Otomatis reset oleh timer internal. Timer ini dapat diatur untuk: 2, 6, 12 atau 24 jam.

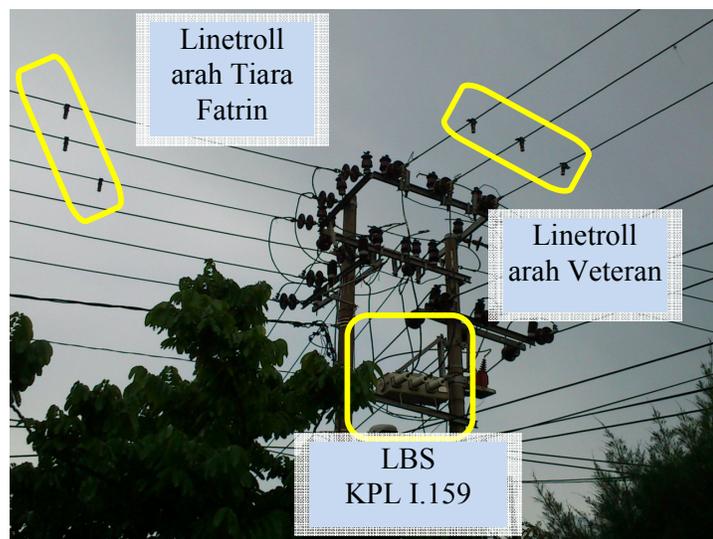
e. Aplikasi

Untuk keuntungan ekonomis yang terbaik dianjurkan bahwa indikator digunakan pada:

- Pada poin saluran yang dapat diakses dengan mudah sehingga dapat dengan mudah pemantauan indikator jika terjadi gangguan, misalnya di dekat jalan.

- Sebelum dan sesudah titik jalur yang sulit dijangkau (pegunungan, hutan, dll) untuk cepat menemukan gangguan.
- Selanjutnya saluran titik percabangan, dapat dengan mudah menemukan cabang yang gangguan. Ketika memasang indikator pada titik-titik tersebut, penggunaan indikator di setiap cabang untuk memberikan informasi yang lengkap dalam hal gangguan.
- titik saluran Dekat dengan sectionalisers untuk mempercepat dalam menentukan, mengisolasi gangguan dan untuk mempermudah penormalan kembali pada bagian yang baik.

Contoh penggunaan fault indicator di KPL I. 159 terlihat pada gambar 2.3.

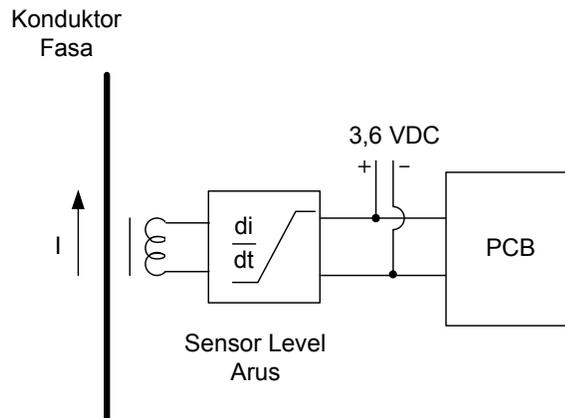


Gambar 2.3 Linetroll 110E μ r Yang Telah terpasang

Sumber : Dokumentasi Pribadi

f. Gambar Rangkaian

Cara kerja Linetroll 110E μ r adalah dengan mendeteksi medan magnet yang ditimbulkan oleh arus gangguan. Arus gangguan tersebut dideteksi dengan sensor di/dt yang ada didalam Linetroll 110E μ r tersebut. Untuk lebih jelasnya gambar rangkaian Linetroll 110E μ r dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Gambar Rangkaian Linetroll 110Eµr

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110Eµ & 110Eµ*.Norway.

g. Perhitungan arus kapasitif

Untuk menghitung arus kapasitif yang disebabkan oleh kapasitansi dari SUTM dan SKTM rumus sederhana berikut dapat digunakan untuk memperkirakan arus kapasitif yang dapat ditimbulkan dari saluran :

$$I_c = \frac{U * L_a}{300} + \frac{U * L_c}{K} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

I_c = A r u s kapasitif dalam Ampere

U = T e g a n g a n Nominal dalam kV

L_a = P a n j a n g saluran Udara dalam km

L_c = P a n j a n g kabel dalam km

K = 10; Untuk Kabel terimpregnasi Minyak

5; Untuk Kabel PEX

3; Untuk Kabel PVC

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110Eµ & 110Eµ*.Norway.

Untuk menghindari bahwa LINETROLL- 110Eµr diaktifkan oleh arus kapasitif yang dihasilkan oleh kapasitansi saluran itu sendiri, kriteria berikut harus dipenuhi.

$$I_c < I_t \dots\dots\dots(2.2)$$

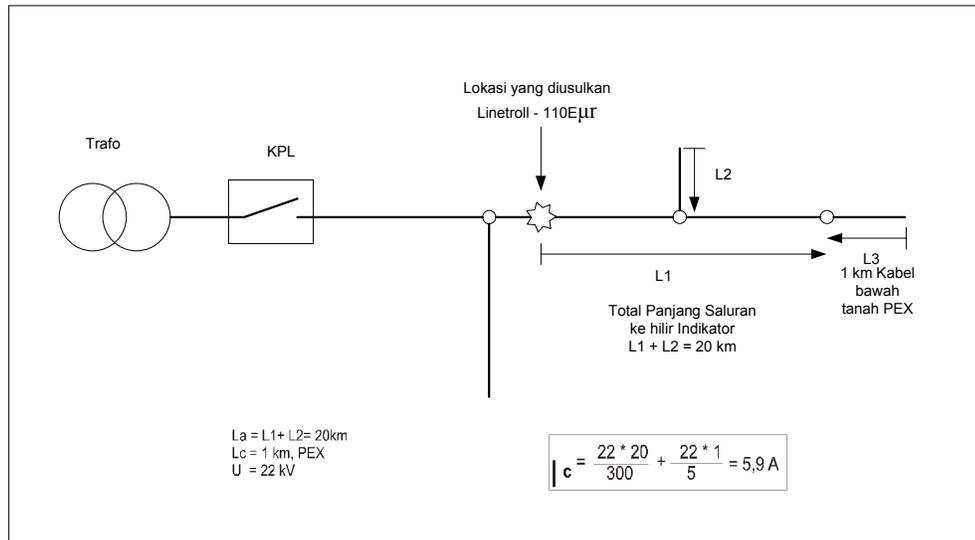
Dimana :

I_c = Arus kapasitif (Ampere)

I_t = *Setting* sensitivitas (6 - 120A)

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ* .Norway.

Untuk memperkirakan pembuangan arus kapasitif pada setiap titik saluran, harus diperhitungkan kontribusi dari semua saluran udara dan panjangnya kabel bawah tanah yang hanya melampaui titik itu. Untuk lebih jelasnya contoh perhitungan arus kapasitif (I_c) dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Contoh Perhitungan Pelepasan Arus Kapasitif

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ* .Norway.

Selain perhitungan arus kapasitif dalam penyetapan juga diperlukan data arus beban maksimal yang dapat dideteksi oleh sensor di/dt. Jika arus beban melebihi tetapan arus maksimal beban sensor maka Linetroll 110E μ r akan mengaktifkan sensor di/dt karena bebannya sendiri. Pada tabel 3.1 dapat dilihat tetapan arus maksimal untuk masing – masing arus setting sensor di/dt. (AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ* .Norway).

Tabel 2.2 Tabel Tetapan Arus Beban Maksimal Untuk Masing – Masing Arus
Setting Sensor di/dt

di/dt [A]	Arus Beban Maksimal
6	75A
12	75A
25	300A
60	300A
120	1000A

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

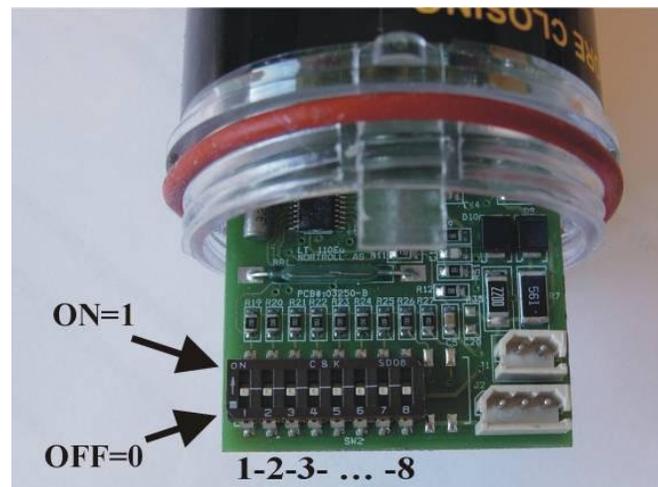
Untuk menghindari Linetroll 110E μ r mengaktifkan sensor di/dt karena bebannya sendiri kriteria berikut harus dipenuhi :

$$I \text{ tetapan beban maksimal} > I \text{ beban saluran} \dots \dots \dots (2.3)$$

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

f. Penyetelan

Penyetelan unit dilakukan pada papan sirkuit tercetak. Pemrograman menggunakan bank saklar seperti terlihat pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Bank Saklar

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

Indikator dapat diprogram untuk arus level yang berbeda untuk penginderaan di/dt. Pemrograman indikator dapat menggunakan tabel 2.3,2.4,2.5 dan 2.6 dibawah ini :

Tabel 2.3 Di/dt setting

Switch #				Level Arus Di/dt
1	2	3	8	
0	0	0	0	6 A
0	0	1	0	12 A
0	1	0	0	25 A
0	1	1	0	60 A
0	1	1	1	120 A

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

Tabel 2.4 Kriteria Start/Stop

4	Start/Stop criteria
0	Current
1	Voltage

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

Tabel 2.5 Timer reset

5	6	Timer reset
0	0	2 hours
0	1	6 hours
1	0	12 hours
1	1	24 hours

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

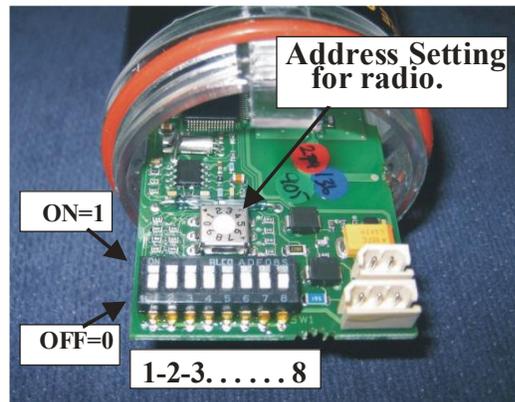
Pemrograman dari reset otomatis (AR) dari indikasi ketika saluran telah diberi energi selama lebih dari 30 detik (tegangan atau arus)

Tabel 2.6 Auto-Reset

7	AR
0	OFF
1	ON

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ .Norway.*

Pengaturan untuk address radio pada indikator terlihat seperti pada gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2.7 Pengalamatan Radio Pada Indikator

Sumber : AS ,Nortroll.2010. *User Guide LINETROLL 110E μ & 110E μ* .Norway.

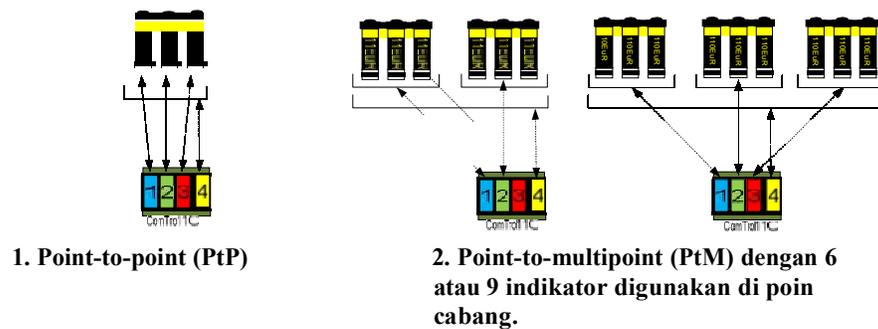
2.6 QuickLink Collector

a. Umum

QuickLink Collector dalam hal ini menggunakan Collector ComTroll 115, Collector ComTroll 115 dirancang untuk bekerja sama dengan LineTroll 110E μ . Sistem komunikasi QuickLink menggunakan radio pemancar/penerima bebas (2,4 Ghz ISM band) untuk komunikasi antara Indikator gangguan dan Kolektor. Sistem QuickLink ditujukan untuk komunikasi jarak pendek dan jarak maksimum antara kolektor dan indikator Gangguan tidak boleh melebihi 30m line-of-sight. Satu ComTroll 115 dapat menampung hingga 9 indikator Gangguan. LineTroll 110E μ adalah indikator gangguan fasa, satu indikator untuk setiap fasa yang dipasang untuk mendeteksi beberapa jenis gangguan. ComTroll 115 memiliki tiga output relay untuk indikasi gangguan pada penyulang dan satu output relay untuk alarm umum dari semua indikator yang terhubung ke kolektor (untuk baterai lemah dan alarm kegagalan komunikasi). Hal ini memungkinkan koneksi ke semua jenis RTU dengan input digital untuk transmisi alarm Gangguan ke sistem SCADA.

b. Konfigurasi sistem

Sebuah sistem fungsional dapat diatur dalam konfigurasi yang berbeda dengan berbagai jumlah indikator. Pada gambar 2.8 dibawah ini dapat dilihat berbagai konfigurasi sistem yang dapat di aplikasikan pada comtroll.



Gambar 2.8 Modus PtP dan PtM

Sumber : AS ,Nortroll.2011. *ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual*.Norway

Dalam modus *Point-to-point* (PTP) sistem akan dapat mengidentifikasi fase gangguan aktif dan mengirimkan informasi ini kepada SCADA sebagai masing-masing indikator menggunakan masing - masing satu relay. Dalam *Point-to-multipoint mode* (PTM) tiga kelompok indikator ditujukan kepada salah satu output relay dengan maksimal 9 indikator (tiga kelompok). Dalam mode ini PTM tidak mungkin untuk mengidentifikasi gangguan per-fasa. Hanya penyulang yang terganggu akan diidentifikasi.

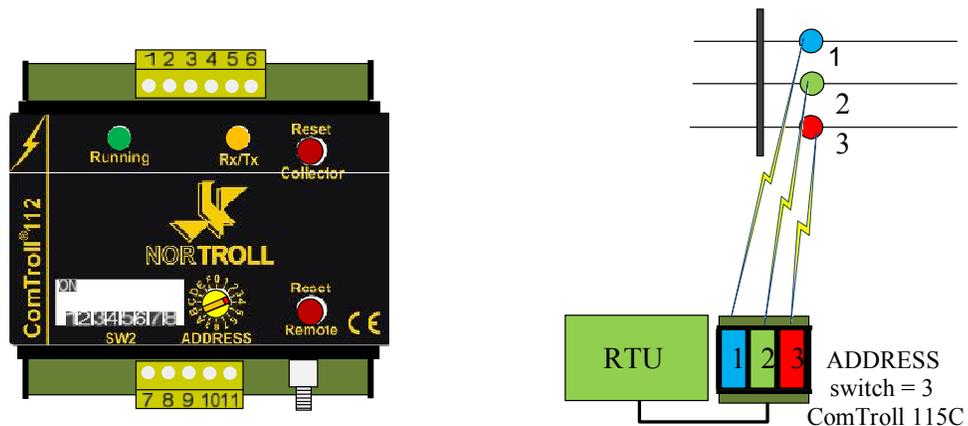
c. Mengatur sistem

ComTroll 115 otomatis akan mengkonfigurasi dirinya sendiri untuk *point-to-point* (PTP) atau *point-to-multipoint* (PTM) operasi berdasarkan pengaturan alamat. Bila menggunakan modus PTP penting untuk memastikan bahwa setiap lokasi individu tidak memiliki cakupan radio dari instalasi terdekat dari indikator gangguan yang menggunakan sistem QuickLink.

- *Point to Point (PtP)*

Dalam sistem PTP indikator harus diberi alamat 1, 2 dan 3. Rotary switch pada 115 ComTroll disebut "ADDRESS" harus di set ke jumlah indikator yang digunakan di lokasi ini, dalam hal ini '3'.

Indikator akan dioperasikan modus PTP masing-masing satu output relay per-individu pada ComTroll 115. Kegagalan Komunikasi / relay Baterai Rendah pada ComTroll 115 akan diaktifkan jika satu atau lebih dari tiga indikator mengirimkan pesan ini. Pada Gambar 2.9 diperlihatkan comtroll dalam modus PtP.



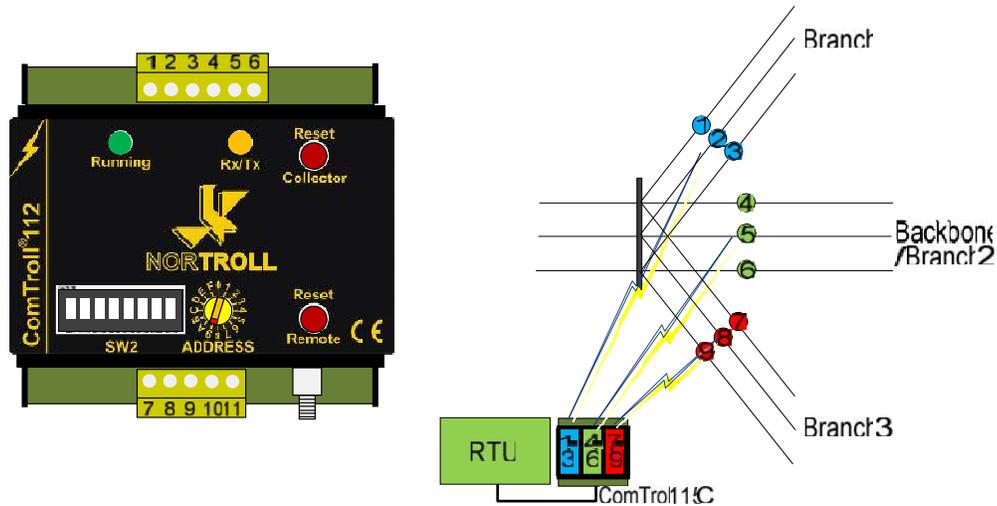
Gambar 2.9 Tampilan Comtroll 115 dan sistem comtroll dalam modus PtP

Sumber : AS ,Nortroll.2011. *ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual*.Norway

- *Point to Multipoint (PtM)*

PTP modus digunakan dalam poin cabang di mana satu ComTroll 115 akan memonitor lebih dari tiga indikator LineTroll 110Eur/LineTroll 110Tur. Mode ini juga dapat digunakan di mana dua atau tiga penyulang dijalankan di tiang yang sama atau paralel. Setiap indikator harus diberi alamat terpisah dari 1 hingga 9 (atau sampai jumlah maksimum indikator yang digunakan dalam kaitannya dengan Kolektor). Ke 3 indikator pada setiap penyulang / cabang dikonfigurasi sebagai kelompok dan setiap kelompok akan menggunakan satu output masing-

masing relay pada ComTroll 115. Pada Gambar 2.10 diperlihatkan Comtroll 115 dalam modus PtM.

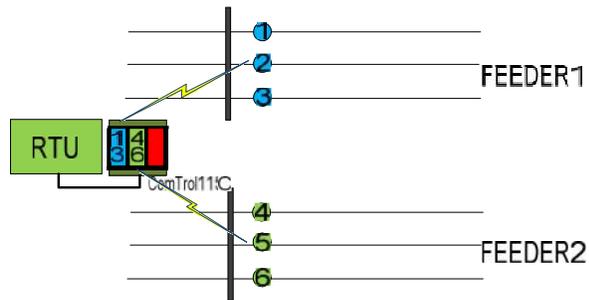


Gambar 2.10 Tampilan Comtroll 115 dan Sistem Comtroll dalam modus PtM

Sumber : AS ,Nortroll.2011. *ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual*.Norway

Indikator pada penyulang yang sama harus memiliki alamat berturut-turut seperti terlihat pada gambar 2.13 diatas. untuk cabang 1 alamat harus 1, 2, 3 (biru), kemudian cabang 2 harus memiliki alamat 4, 5, 6 (hijau) dan akhirnya cabang 3 harus memiliki alamat terakhir 7, 8, 9 (merah). Lihat ilustrasi di atas. Indikator pada setiap cabang / penyulang akan mengoperasikan relay berikut pada ComTroll 115: Indikator alamat 1, 2, dan 3 (penyulang biru); mengoperasikan relay 1. Indikator alamat 4, 5 dan 6 (penyulang hijau) mengoperasikan relay 2. Indikator alamat 7, 8 dan 9 (penyulang merah), mengoperasikan 3 relay. Kegagalan Komunikasi / jika Baterai Lemah relai pada ComTroll 115 akan diaktifkan maka satu atau lebih indikator yang mengirimkan pesan ini.

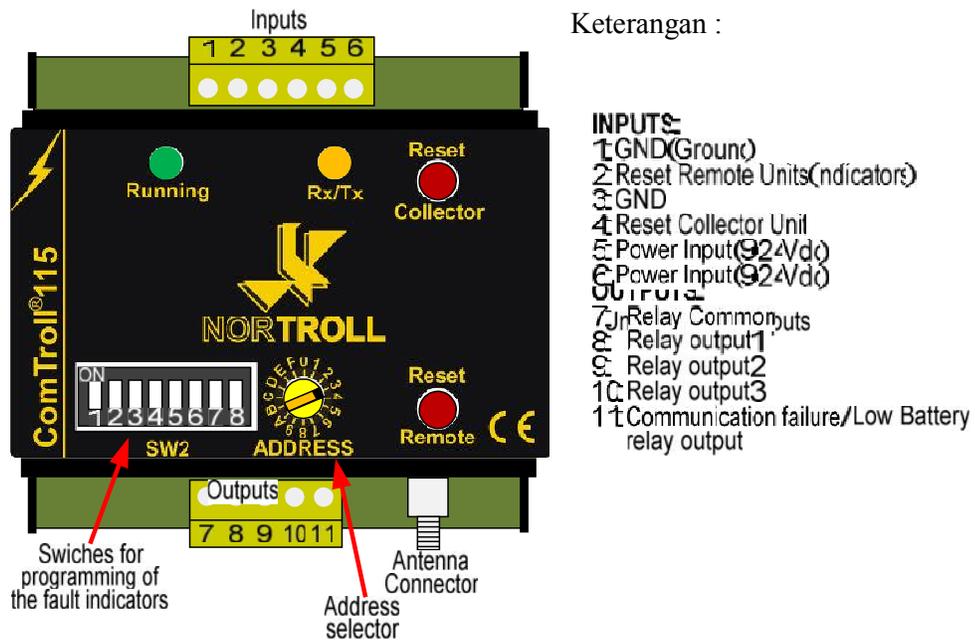
Modus PTM juga berguna dalam jaringan di mana dua penyulang berjalan secara paralel di gerbang jaringan. Dalam kasus tersebut, tidak mungkin untuk menggunakan tiang-terpasang indikator. Daripada memiliki ComTroll 115 terpisah dan RTU untuk penyulang masing-masing, modus PTM dapat digunakan untuk membuat sistem biaya yang lebih efektif seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2.11 Modus PtM Untuk Penyulang yang Berbeda dan Berparalel

Sumber : AS ,Nortroll.2011. *ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual*.Norway

d. Gambaran Umum Perangkat Keras



Gambar 2.12 Keterangan Umum Commtroll 115

Sumber : AS ,Nortroll.2011. *ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual*.Norway

Indikasi LED:

Rx/Tx: berkedip ketika unit sedang mengirim atau menerima

Running: berkedip ketika unit diaktifkan dan berjalan baik

e. Deskripsi Fungsi

- Operasi Lokal dari Kolektor

Tombol Reset Remote memiliki tiga fungsi yang berbeda:

Tabel 2.7 Fungsi Tombol Reset

	<i>Time pressed</i>	<i>Function</i>
1	0,5sec - 2sec	Status check of the indicators and resetting of indication
2	2sec - 4 sec	Test communication and relay operation
3	more than 4 sec	Upload new settings in the fault indicators

Sumber : AS ,Nortroll.2011. *ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual*.Norway

1. Pemeriksaan Status dan reset dari Indiksal:

Tekan *RESET REMOTE* untuk maksimum 2 detik. Baik kuning dan hijau LED pada ComTroll tersebut Kolektor 115 akan beralih. Indikator gangguan akan merespon dengan informasi tentang apakah mereka siap untuk diremote diprogram atau tidak (DIP-switch 8 pada indikator ON atau OFF) dan apakah tegangan listrik (atau arus beban) berada di atas *set point*-digunakan untuk trip dan reset dalam indikator.

- a) Jika indikator gangguan DIP8 OFF, indikator ini tidak dapat diprogram dari jarak jauh. The LED kuning dan hijau (pada indikator) akan berkedip secara serempak.

Butir a) akan ditunjukkan selama 9 detik.

- b) Jika tegangan saluran (atau arus beban) berada di atas ambang batas untuk indikator LED hijau pada kolektor akan berkedip.

- c) Jika tegangan (atau arus beban) berada di bawah ambang batas untuk indikator LED kuning pada kolektor akan berkedip.

Butir c) dan d) akan ditunjukkan selama 3 menit.

Jika Kolektor tidak mendapatkan umpan balik dari satu atau lebih indikator gangguan, itu akan menutup relay output kegagalan komunikasi untuk menunjukkan adanya masalah dengan komunikasi.

2. Pemeriksaan Komunikasi dan uji operasi rele

Tekan *RESET REMOTE* selama lebih dari 2seconds tetapi jangan lebih dari 4seconds sampai LED Rx/Tx- (kuning LED pada kolektor) dimatikan.

Dalam waktu maksimal 12 detik, semua indikator gangguan harus beralih pada kedua LED kuning dan hijau (dalam indikator). Ketika periode siaran selesai (12 detik) LED hijau akan dimatikan. LED Warna kuning dalam indikator tetap berkedip selama periode 10 detik address-ID. (misalnya dalam indikator dengan alamat '7 'LED kuning akan berkedip selama 17 detik). Setelah periode ini indikasi utama LED (untuk gangguan permanen) akan berkedip sekali dan mengirimkan pesan gangguan ke kolektor yang akan mengatur sebuah pulsa pada output relay yang sesuai.

3. Mengunggah pengaturan baru pada indikator gangguan (pemrograman remote)
Untuk meng-*upload* pengaturan baru untuk indikator gangguan, SW2 DIP 1 -7 digunakan. Arti dari setiap pengaturan adalah sama seperti untuk 110EUR LineTroll dan LineTroll 110Tur. Harap dicatat bahwa DIP8 pada indikator gangguan harus ON menerima mengupload remote dari kolektor. Tekan *RESET REMOTE* selama lebih dari 4sec sampai Rx / Tx-LED (kuning) dan Menyalakan LED (hijau) mulai berkedip pada Kolektor.

Ketika indikator gangguan telah meng-*upload* dan menyimpan pengaturan baru, LED kuning dan hijau dalam indikator akan berkedip bergantian untuk X detik. Jika DIP8 pada indikator gangguan dimatikan, LED kuning dan hijau dalam indikator akan berkedip secara serempak untuk menunjukkan bahwa indikator tersebut tidak dapat secara remote diprogram.

f. Indikasi gangguan permanen

Kolektor ComTroll 115 menunjukkan gangguan yang telah dikonfirmasi sebagai gangguan permanen dengan indikator gangguan. Indikator mendefinisikan gangguan permanen sebagai siklus reclosing yang gagal setelah 70 detik. Jika saluran diberi energi dalam waktu 70 detik, kolektor tidak akan menetapkan salah satu output relay pada kolektor. Indikasi gangguan transient hanya dilakukan oleh berkedipnya LED hijau dalam indikator. (24 jam).

Penyetelan Alamat

g. Pengaturan Alamat pada Commtroll115

Rotary switch disebut 'ADDRESS' digunakan untuk mengkonfigurasi ComTroll 115 dengan jumlah indikator yang terhubung. Berdasarkan pengaturan Alamat switch, ComTroll 115 akan secara otomatis memilih modus PTP atau modus PTM. Pada tabel 2.8 dapat dilihat penyetelan untuk address radio pada Comtroll 115. (AS ,Nortroll.2011. ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual.Norway).

Tabel 2.8 Tabel untuk pengaturan alamat Comtroll 115

ADDRESS Switch on CmT115	Grouping	LineTroll 110Eur/Tur addresses									
		No of indica tors	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	NOT VALID										
1	Point-to-point mode	1	R1								
2		2	R1	R2							
3		3	R1	R2	R3						
4	Group á 3 indicators	4	R1	R1	R1	R2					
5		5	R1	R1	R1	R2	R2				
6	Point-to-Multipoint	6	R1	R1	R1	R2	R2	R2			
7		7	R1	R1	R1	R2	R2	R2	R3		
8		8	R1	R1	R1	R2	R2	R2	R3	R3	
9		9	R1	R1	R1	R2	R2	R2	R3	R3	R3
A	NOT VALID										
B	Group á 2 indicators	2	R1	R1							
C		4	R1	R1	R2	R2					
D	Point-to-Multipoint	6	R1	R1	R2	R2	R3	R3			
E	NOT VALID										
F	NOT VALID										

Keterangan : R1, R2 dan R3 artinya : Relay 1, Relay 2 dan Relay 3 pada ComTroll 115

Sumber : AS ,Nortroll.2011. ComTroll 115 QuickLink Collector User Manual.Norway

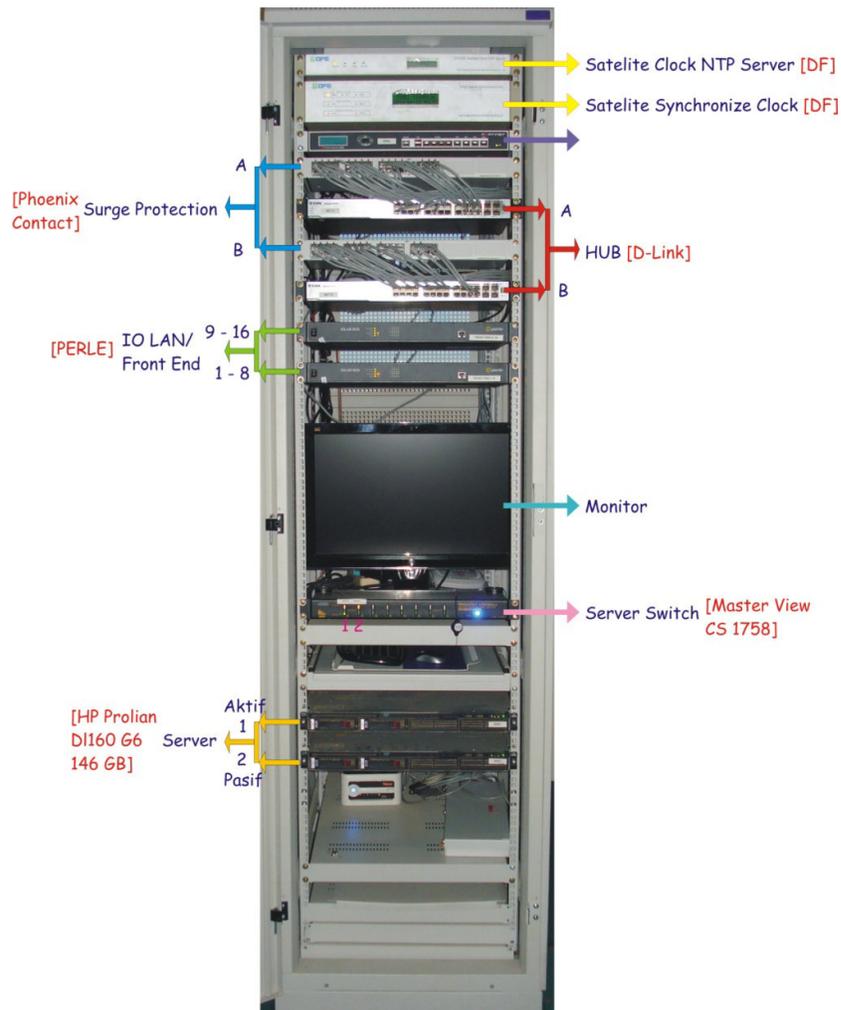
2.7 SCADA

SCADA merupakan singkatan dari *Supervisory Control and Data Acquisition*, merupakan teknologi yang menggabungkan fungsi pengawasan, pengendalian dan pemerolehan/pengambilan data jarak jauh (*remote area*) yang terpusat pada suatu tempat yang disebut *Control Center*. Pada *Control Center* terdapat sebuah atau beberapa *Human Machine Interface (HMI)* atau *Man Machine Interface (MMI)* berupa monitor maupun layar besar yang terdapat digram-diagram jaringan yang memperlihatkan kondisi proses di lapangan ataupun keadaan peralatan yang berada jauh di sana yang terintegrasi sistem SCADA.

Beberapa contoh lain dari sistem SCADA ini banyak dijumpai di lapangan seperti Jaringan Listrik Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah (*Power Transmission and Distribution*) dan beberapa aplikasi yang dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang cukup luas. Dalam industri kelistrikan contohnya PT. PLN, *dispatcher* secara jarak jauh mampu melakukan perintah (*Remote Control/Manuver*) terhadap peralatan yang diawasi maupun mengambil data yang diperlukan dari peralatan tersebut. Seperti contohnya dalam jaringan listrik tegangan tinggi, *dispatcher* jika diperlukan dapat melakukan manuver menutup/membuka PMT (CB) pada suatu *switchyard* atau juga mengambil data besaran Voltage, Ampere maupun beban listrik di suatu jaringan secara real time.

Suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari:

1. *Master Terminal Unit (MTU)* adalah kendali yang dilakukan di atas kendali lokal atau *Remote Terminal Unit (RTU)*. Pada umumnya jarak antara RTU dengan MTU cukup jauh sehingga diperlukan media komunikasi antara keduanya. Cara yang paling umum dipakai adalah Komunikasi Radio (*Radio Communication*) dan Komunikasi Serat Optik (*Optical Fiber Communication*). Gambar 2.13 Memperlihatkan gambar MTU.



Gambar 2.13 MTU (Master Terminal Unit)

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. RTU atau *Remote Terminal Unit*. RTU merupakan sebuah alat yang diletakkan di site (remote area) yang ingin diintegrasikan dengan sistem SCADA, misalnya *Switchyard*, Gardu Listrik ataupun *Relay Room*. Di dalam RTU terdapat seperangkat CPU yang telah terprogram sehingga mampu meneruskan perintah dari *Control Center* ke peralatan maupun mengirimkan sinyal-sinyal alarm dan besaran-besaran (V, I, freq) dari peralatan ke *Control Center*. Didalam CPU tersebut terdapat perangkat seperti *modem*, *memory (ROM)* dan *processor*. RTU-Remote Terminal Unit (Unit terminal Jarak Jauh)

atau istilah lainnya OTU-*Outstation Terminal Unit* adalah subsistem SCADA yang berfungsi sebagai terminal-terminal (semacam stasiun data) dari hasil pengukuran, pengendalian, pemantauan status dan lain-lain. RTU juga berfungsi menerjemahkan, mengkonversi, menghitung sinyal dari transducer seperti pengukuran arus listrik, *Flow*, *Static Pressure*, *Differensial Pressure*, temperatur, dan lain-lain. dari hasil pengukuran tersebut hal yang dilakukan RTU adalah melakukan kendali(jika merupakan sistem kendali) kemudian mentransmit data ke MTU atau langsung mentransmit ke MTU jika sistem di RTU bukan untuk pengendalian (*Controlling*). RTU juga dapat berfungsi sebagai pengatur *set point* yang dikirimkan dari HMI/MTU ke RTU tersebut, berlaku sebaliknya. RTU yang dimiliki dan dipakai di APD PT. PLN (Persero) menggunakan merk DongFang. Gambar 2.13 memperlihatkan gambar RTU dongfang.



Gambar 2.14 RTU Dong Fang

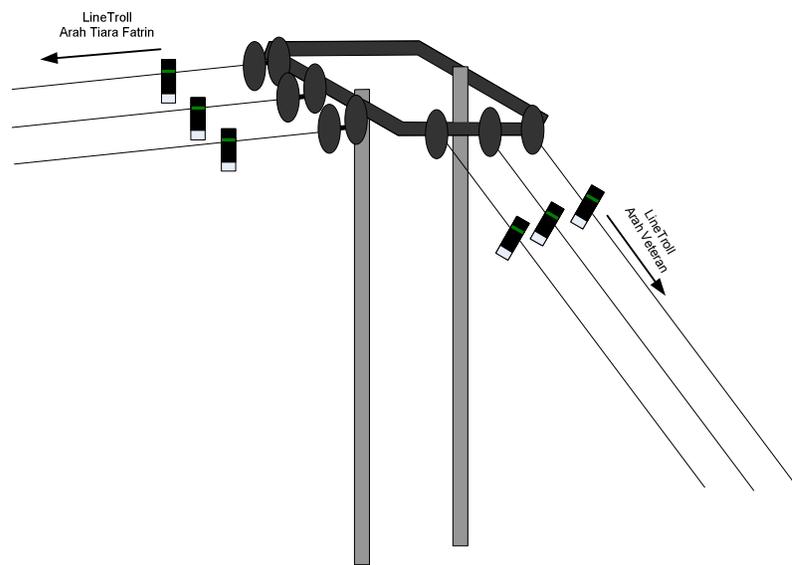
Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Media telekomunikasi, sebagai media untuk menyampaikan pesan/sinyal antara RTU dengan *Control Center* dan sebaliknya. Media komunikasi bisa berupa media kabel, *power line carrier*, serat optik maupun frekuensi radio. Media telekomunikasi yang digunakan pada KPL I.159 menggunakan radio RACOM RE 400.
4. *Control Center* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya di atas. Di *control center dispatcher* mampu melakukan semua fungsi SCADA memanfaatkan

perangkat-perangkat IT seperti mimic display (HMI), komputer dan server. (Pandiangan, Apul Luthfi Mulyadi.2011. *SCADA (Supervisory, Control, and Data Acquisition) pada PLN*. <http://apul15.wordpress.com/2011/09/20/scada-supervisory-control-and-data-acquisition-pada-pln-disjaya/>.diakses : 18 Maret 2013).

2.8 Sistem Pengawasan di KPL Rajawali/I.159

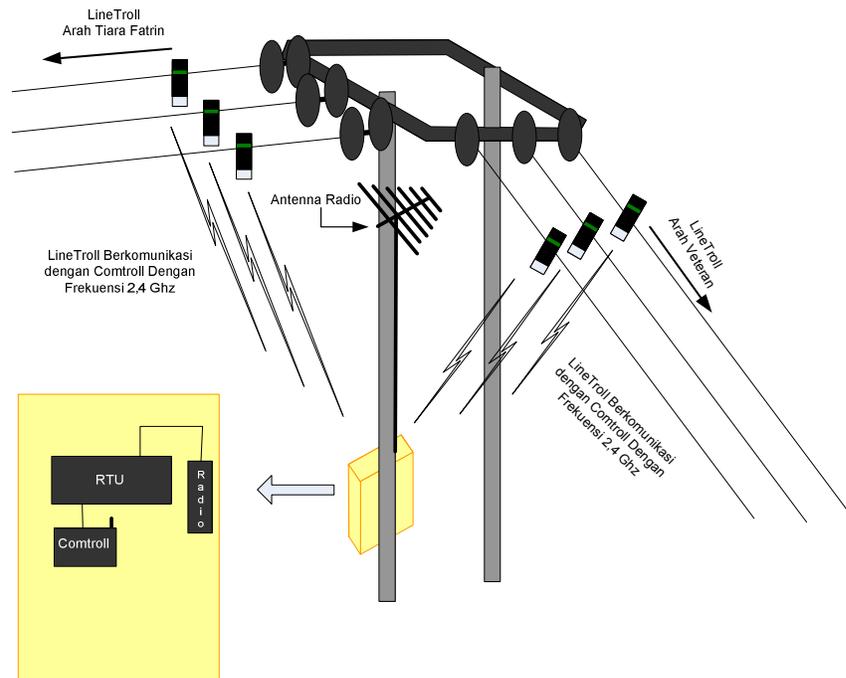
Sistem Pengawasan dalam hal ini menggunakan Linetroll 110E μ r dan Controll 115. Sistem pengawasan ini bertujuan untuk mempermudah penganalisaan titik gangguan. Salah satu sistem pengawasan ini dipasang pada penyulang kurma tepatnya di KPL I.159. Pada gambar 2.15 dapat dilihat Linetroll 110E μ r yang telah terpasang untuk arah tiara fatrin dan arah veteran.



Gambar 2.15 Linetroll 110E μ r yang Telah Terpasang pada Penyulang Kurma di KPL I. 159 di Simpang Rajawali Palembang

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Untuk lebih jelasnya pada gambar 2.16 di bawah ini dapat terlihat KPL Rajawali/I.159 beserta alat sistem pengawasannya.



Gambar 2.16 KPL Rajawali/I.159 Beserta Sistem Pengawasannya

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Proses penyampaian informasi dari Linetroll 110E μ r sampai ke master station dan PC yang ada di control center dapat dilihat pada gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17 Diagram Blok Penyampaian Informasi Sistem Pengawasan Terintegrasi SCADA Untuk Telestatus

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Proses penyampaian informasi dimulai dengan sensor pada Linetroll 110E μ r mendeteksi medan magnet yang disebabkan arus gangguan pada saat terjadinya gangguan di konduktor fasa lalu sensor mengirimkan sinyal ke PCB

(*Printed Circuit Board*). Di dalam PCB sinyal tersebut kemudian diolah dan kemudian dikirimkan ke Comtroll 115 melalui radio dengan frekuensi 2,4 Ghz. Comtroll 115 kemudian akan mengaktifkan relay yang ada didalamnya kemudian mengirimkan sinyal ke RTU melalui kabel yang telah terhubung ke digital Input RTU. RTU kemudian mengirimkan informasi ke *Master Station* melalui radio dengan frekuensi 379.050 Mhz. Di *master station* kemudian informasi diolah dan kemudian dikirimkan dan ditampilkan pada PC.