

KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI MENGGUNAKAN SOFTWARE EDSA 2005

Sujito

Abstrak: Dalam sistem tenaga listrik, jaringan distribusi memegang peranan penting dalam menyalurkan tenaga listrik dari stasiun supply tenaga listrik kepada konsumen. Oleh karena itu diperlukan sistem pengaman yang baik yang mampu mengantisipasi bentuk gangguan yang mungkin terjadi pada saluran distribusi, Peralatan pengaman yang terdiri dari fuse (CO), recloser (PBO) dan relai arus lebih (OCR). Peralatan pengaman tersebut perlu dipasang terkoordinir pada sistem, sehingga setiap pengaman mempunyai peranan yang penting dalam mengatasi gangguan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Tujuan utama tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan hasil analisis koordinasi proteksi arus listrik pada jaringan distribusi, sehingga ketika terjadi gangguan letak gangguan akan dapat segera terdeteksi dan peralatan pengaman tersebut akan berkoordinasi sedemikian rupa sehingga tidak menyebabkan terjadinya pemadaman yang lama, dan bila sampai terjadi pemadaman area pemadamannya dapat diperkecil seminimal mungkin. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah : (1) pengambilan data lapangan; (2) pengolahan data; (3) analisis data; (4) melakukan simulasi menggunakan program Edsa Technical 2005; dan (5) menganalisis data hasil simulasi. Data lapangan tersebut diperoleh dari data hasil pengukuran beban malam pada PLN Unit Pelayanan dan Jaringan (UP&J) Bululawang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dapat diketahui hasil analisis nilai arus gangguan 3 fasa, nilai arus gangguan Line – Line, nilai arus gangguan Line – Ground, nilai arus gangguan Line– Line – Ground. Dimana arus gangguan tersebut menurut 0,5 cycle, 5 cycle, dan 30 cycle. Berdasarkan hasil simulasi dan kesimpulan maka koordinasi peralatan sangat penting bagi jaringan distribusi 20 kV untuk mencapai tingkat keandalan sehingga tidak menyebabkan terjadinya pemadaman yang lama, dan bila sampai terjadi pemadaman area pemadamannya dapat diperkecil seminimal mungkin.

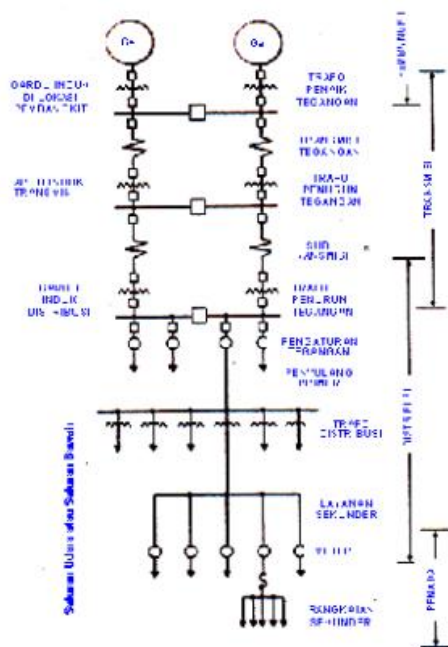
Kata-Kata Kunci: Beban, Arus, Fuse, Recloser

Jaringan distribusi dalam sistem tenaga listrik memegang peranan penting dalam menyalurkan tenaga listrik dari stasiun suplai tenaga listrik kepada konsumen. Oleh karena itu diperlukan sistem pengaman yang baik yang mampu mengantisipasi bentuk gangguan yang mungkin terjadi pada saluran distribusi, pada umumnya jaringan distribusi sering mengalami gangguan. Tentunya hal ini dapat berdampak buruk pada terhadap performa sistem dan menyebabkan terjadinya pemadaman, sehingga konsumenlah yang merasa dirugikan. Untuk menanggulunginya hal ini perlu dipasang peralatan pengaman disetiap saluran distribusi guna mencegah terjadi diskontinuitas suplai tenaga listrik.

Peralatan pengaman yang terdiri dari fuse (CO), recloser (PBO) dan relai arus lebih (OCR). Peralatan pengaman tersebut perlu dipasang terkoordinir pada sistem, sehingga setiap pengaman mempunyai peranan yang penting dalam mengatasi gangguan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Dalam hal ini koordinasi peralatan pengamanan sangat mempengaruhi tingkat keandalan dari sistem distribusi. Ketika terjadi gangguan letak gangguan akan dapat segera terdeteksi dan peralatan pengaman tersebut akan berkoordinasi sedemikian rupa sehingga tidak menyebabkan terjadinya pemadaman yang lama, dan bila sampai terjadi pemadaman area pemadamannya dapat diperkecil seminimal mungkin.

Jaringan Distribusi

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Sistem pembangkit berfungsi sebagai sumber tenaga listrik. Sistem transmisi berfungsi sebagai penyalur daya listrik dari pembangkit ke sistem distribusi. Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai (Gardu Induk) ke pusat-pusat/kelompok beban (gardu trafo/distribusi) dan konsumen (SPLN 52-3, 1983 : 5).



Gambar 1. Pembagian/pengelompokan Tegangan Sistem Tenaga Listrik

Struktur Jaringan Radial

Bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran (line), tidak ada alternatif saluran lainnya, maka dinamakan jaringan radial. Bentuk jaringan radial merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan di-

cabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani (Suhadi, 2008: 17).

Keuntungan dari jaringan bentuk radial ini adalah: (a) bentuknya sederhana, (b) biaya pembangunannya relatif lebih murah (ekonomis), dan (c) mudah mengalirkan tenaga listrik dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Sedangkan kendala penyaluran sistem radial adalah kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relative besar dan kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami "black out" secara total.

Jaringan Distribusi Primer

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 disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. (Suhadi, 2008 : 27)

Jaringan Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut: (1) papan pembagi pada trafo distribusi, (2) hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder), (3) saluran la-

yanan pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai), dan (4) alat pembatas dan pengukur daya (kWH. meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

Gardu Trafo Tiang (GTT) atau Gardu Distribusi

Jaringan distribusi tegangan rendah dimulai dari sumber yang disebut Gardu Distribusi mulai dari panel hubung bagi TR(Rak TR) keluar didistribusikan. Untuk setiap sirkit keluar melalui pengaman arus disebut “penyulang / feeder”.

Penempatan trafo yang dipasang pada tiang listrik dan menyatu dengan jaringan, disebut Gardu Trafo Tiang (GTT) atau Gardu Distribusi. Untuk pengaman trafo dan sistem, GTT dilengkapi dengan unit-unit pengaman yang ditempatkan pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) khususnya sistem pada PLN Distribusi Jatim. Trafo daya (step down) berfungsi untuk menurunkan dari tegangan menengah 20 KV (primer trafo) ke tegangan rendah 400/231 V (sekunder trafo). Adapun bagian-bagian dari GTT adalah sebagai berikut: (a) Trafo Step Down (distribusi), (b) Cut Out (CO), (c) Lighting Arrester (LA), (d) Panel Tegangan Rendah (PHB-TR), (e) Sakelar Pemutus Utama, (f) Fuse Jaringan, (g) Grounding atau Pentanahan, dan (h) Sistem Busbar.

Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Menurut Mismail (1983:15), gangguan dalam suatu rangkaian adalah setiap kegagalan yang mengganggu aliran arus yang wajar. Gangguan pada saluran tegangan menengah berupa: (a) gangguan fasa yaitu terhubungnya dua buah fasa atau lebih secara langsung atau tidak, (b) gangguan terhadap tanah (pentanahan) yaitu terhubungnya satu fasa atau lebih dengan tanah, secara langsung atau tidak. Yang dimaksud dengan tanah termasuk antara lain dengan tiang, badan trafo, selubung timah dari kabel dan lain sebagainya, dan (c) gangguan konduktor putus.

Gangguan fasa pada saluran udara umumnya disebabkan karena angin, burung atau dahan pohon, sehingga menimbulkan gangguan sementara, yaitu gangguan yang berlangsung cepat dan bila telah selesai tidak meninggalkan bekas kerusakan apapun. Gangguan terdiri atas beberapa bentuk (PULN, 1982:74), yaitu:

1. Gangguan sementara: adalah gangguan yang berlangsung dengan waktu sangat pendek dan perlu pemadaman jarringan beberapa saat (beberapa persepuluh detik) termasuk untuk menghilangkan busur api yang timbul.
2. Gangguan sementara yang padam dengan sendirinya: gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya tanpa pemadaman, misalnya jaringan yang menggunakan peterson coil.
3. Gangguan semi permanen : seperti gangguan sementara hanya waktu pemadaman busur api tidak cukup dengan beberapa per sepuluh detik saja tetapi misalnya perlu waktu lebih dari sepuluh detik. Sebagai contoh yang disebabkan oleh binatang atau dahan pohon yang mengenai saluran.
4. Gangguan permanen: memerlukan serangkaian kegiatan manusia untuk menghilangkannya karena terjadinya kerusakan komponen jaringan.

Untuk mengatasi gangguan-gangguan tersebut perlu dilakukan penutupan kembali pemutusan tenaga dengan cara mencoba-coba sekali atau lebih secara manual atau otomatis.

Gangguan pada transformator daya disebabkan ada dua jenis, yaitu:

1. Gangguan eksternal: adalah yang sumber gangguan berasal dari luar pengamanan transformator, tetapi dampaknya dirasakan oleh transformator tersebut, antaranya: gangguan hubung singkat pada jaringan, beban lebih dan surja petir.
2. Gangguan internal: adalah gangguan bersumber dari daerah pengaman/petak

bay transformator, diantaranya: gangguan antar fasa pada belitan, fasa terhadap ground antar belitan transformator, gangguan tap changer, kerusakan bushing, kebocoran minyak dan suhu lebih.

Pengaman Sistem Distribusi

Keberhasilan suatu sistem distribusi dapat diperhatikan dari kontinuitas pelayanannya. Komunitas pelayanannya baik jika adanya gangguan dapat diatasi sebaik mungkin dan tidak merusak peralatan pada sistem distribusi. Daerah gangguan dapat dilokalisasi sekecil mungkin, sehingga pemutusan dapat ditekan sesedikit mungkin. Oleh karena itu diperlukan sistem pengaman untuk sistem distribusi.

Fungsi sistem pengamanan pada suatu sistem distribusi tenaga listrik adalah :

1. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan dan peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui arus gangguan.
2. Untuk melokalisasi (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk dapat memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. (Suhadi, 2008 :340)

Sistem pengaman yang baik harus-mampu :

1. Melakukan koordinasi dengan sistem pengaman yang lain GI
2. Mengamankan peralatan dari kerusakan yang lebih luas akibat gangguan
3. Membatasi kemungkinan terjadinya kecelakaan
4. Secepatnya membebaskan pemadaman karena gangguan
5. Membatasi daerah pemadaman akibat gangguan
6. Mengurangi frekuensi pemutusan permanen karena gangguan

Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out atau pengaman lebur adalah suatu alat pemutus, di mana prinsip kerjanya adalah meleburnya bagian dari kom-

ponen yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian di mana pelebur tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai dalam waktu tertentu. Oleh karena pelebur ditujukan untuk menghilangkan gangguan permanen, maka pelebur dirancang meleleh pada waktu tertentu pada nilai arus gangguan tertentu. (Pusdiklat, 2006)

Pengaman fuse cut out didesain untuk digunakan pada tegangan di atas 600 V. Pada umumnya fuse cut out dipasang antara trafo distribusi dengan saluran distribusi primer. Pada saat terjadi gangguan, elemen fuse akan melebur dan memutuskan rangkaian sehingga akan melindungi trafo distribusi dari kerusakan akibat gangguan dan arus lebih pada saluran primer, atau sebaliknya memutuskan saluran primer dari trafo distribusi apabila terjadi gangguan pada trafo atau jaringan sisi sekunder sehingga akan mencegah terjadinya pemadaman pada seluruh jaringan primer. (Digilib.petra.ac.id/gtt-chapter2.pdf.03-03-2009)

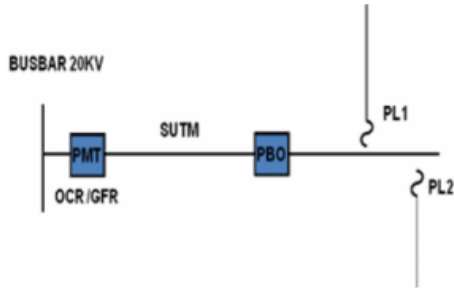


Gambar 2. Fuse Cut Out

Pemutus Balik Otomatis (PBO) Recloser

Recloser adalah suatu peralatan khusus yang dapat memberikan komando masuk kembali kepada pemutus tenaga / circuit breaker (CB). Fungsi recloser untuk menghilangkan gangguan yang sifatnya temporer yang banyak terjadi karena adanya pohon yang tumbang, angin yang besar, sambaran petir yang mengakibatkan terjadinya busur api yang akan padam bila sumber tegangan dihilangkan. Untuk menghilangkan gangguan sementara bia-

sanya dilakukan penutupan pemutus tenaga secara coba-coba pada jaringan udara, tujuannya untuk mengetahui apakah gangguan tersebut udah hilang atau belum.



Gambar 3: Aplikasi PBO (Sumber : PLN)

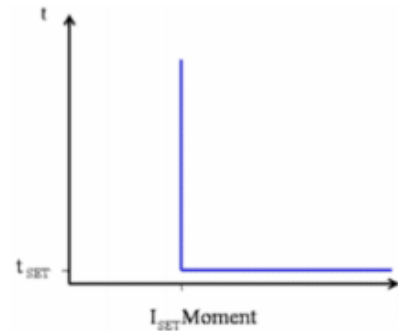
Relai Arus Lebih (Over Current Relay)

Relai arus lebih digunakan sebagai pengaman generator, terutama terhadap-gangguan-gangguan di depan pemutus tenaga (PMT) generator, baik antar fasa maupun gangguan fasa ke tanah. Penyetelan tunda waktu dari relai harus mempertimbangkan kemampuan generator untuk bertahan terhadap kondisi hubung singkat yang terjadi di depan generator. Sebagaimana diketahui bahwa pada saat terjadi hubung singkat, ada tiga kondisi arus atau reaktansi yang ada pada generator, yaitu arus sub peralihan (subtransient), arus peralihan (transient), dan arus tetap (steady state). Oleh karena itu penyetelan (seting) arus dan tunda waktu hendaknya juga mempertimbangkan kondisikondisi tersebut. Penyetelan arus hendaknya lebih besar dari nilai arus nominal generator sehingga memungkinkan generator mampu menahan beban lebih untuk beberapa detik. Hal yang penting pada peralatan pengaman terhadap arus lebih adalah adanya koordinasi relai, baik koordinasi besaran arus maupun waktu tundanya (*time delay*). Disamping itu perlu dipertimbangkan pula adanya relai-relai pengaman cadangan (*back-up*) pada generator.

Berdasarkan karakteristik waktu kerjanya relai arus lebih dapat dibagi menjadi:

a) Relai arus lebih seketika (*moment instantaneous*)

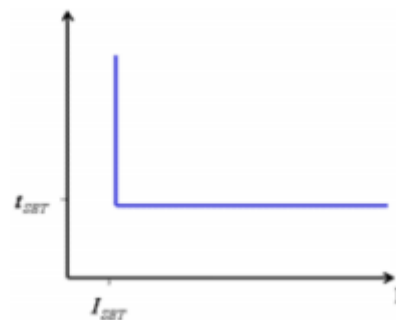
Relai arus lebih seketika adalah relai arus lebih yang bekerja tanpa penundaan waktu, atau jangka waktu relai mulai saat arusnya pick-up sampai selesai sangat singkat (sekitar 20 sampai 100 ms)



Gambar 4: Kurva Waktu Terhadap Arus Lebih Seketika (Sumber : PLN)

b) Relai arus lebih waktu tertentu (*definite time*)

Jangka waktu relai mulai pick-up sampai selesai diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung besarnya arus yang menggerakannya. Relai arus lebih jenis ini terdiri dari elemen arus lebih dan elemen relai waktu.



Gambar 5: Kurva Waktu Terhadap Arus Lebih Waktu Tertentu (Sumber : PLN)

- c) Relai arus lebih berbanding terbalik (*inverse time*)

Relai arus lebih dengan karakteristik waktu arus berbanding terbalik adalah jenis relai arus lebih dimana waktu relai mulai pick-up sampai dengan selesainya kerja relai tergantung dari besarnya arus yang melewati kumparan releainya, maksudnya relai tersebut mempunyai sifat terbalik untuk nilai arus dan waktu bekerjanya.



Gambar 6: Kurva Waktu Terhadap Arus Lebih Berbanding Terbalik
(Sumber : PLN)

Penyetelan Relai Arus Lebih

Penyetelan arus dari relai arus lebih dihitung berdasarkan arus beban yang mengalir pada penyulang atau sisi sekunder transformator, artinya (PLN, t.t : 14) :

1. Untuk relai arus lebih yang terpasang di penyulang dihitung berdasarkan arus beban maksimum yang mengalir di penyulang tersebut.
2. Untuk relai arus lebih yang terpasang di sisi sekunder transformator (20 kV) dihitung berdasarkan arus nominal transformator tersebut.

Relai Arus Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Relai arus gangguan tanah (*ground fault relay*) merupakan pengaman utama terhadap gangguan hubung singkat fasa ke tanah untuk sistem yang ditanahkan langsung atau melalui tahanan rendah.

Penyetelan Relai Arus Gangguan Tanah

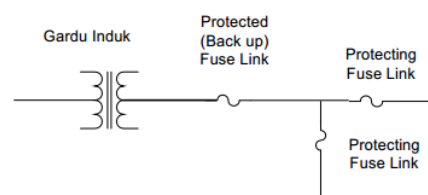
Gangguan satu fasa ke tanah sangat tergantung dari jenis pentanahan dan sistemnya. Pada saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah, pada penyulang yang tidak terganggu juga akan mengalir arus kapasitansi ke tanah yang tergantung panjang, serta jenis jaringan. Arus kapasitansi inilah yang membatasi penyetelan relai, terutama pada pengaman yang hanya menggunakan relai arus lebih saja yaitu pada sistem dengan pentanahan dengan tahanan rendah.

Koordinasi Peralatan Pengaman

Yang dimaksud dengan koordinasi pengamanan adalah mengatur/menyetel agar alat pengaman yang dipasang dengan tujuan mengamankan peralatan dapat bekerja memutuskan arus gangguan sebelum peralatan yang diamankan mengalami kerusakan. Kondisi yang aman selisih waktu antara bekerja alat pengaman dengan alat yang diamankan adalah 25 %.

Koordinasi Proteksi Antar *Fuse Cut-Out*

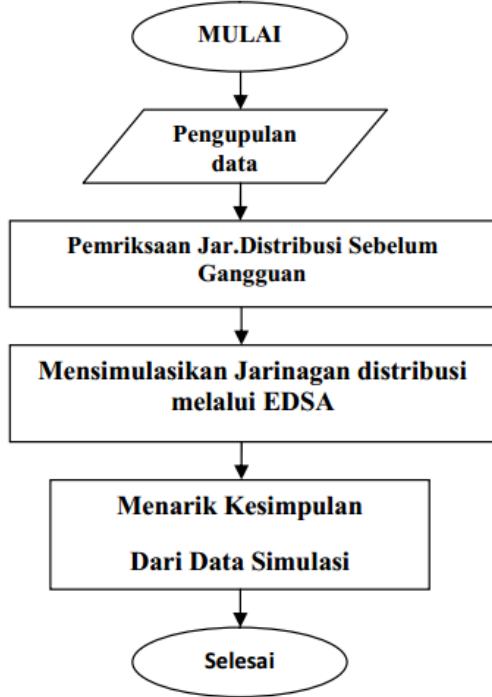
Penggunaan *fuse link* yang benar membutuhkan sejumlah informasi tentang karakteristik sistem dan karakteristik peralatan yang akan diproteksi seperti yang telah dituliskan mengenai dasar pemilihan fuse link dengan definisi : Bila dua atau lebih fuse link atau alat proteksi lain digunakan pada suatu sistem alat proteksi yang paling dekat dengan titik gangguan dari arah sumber disebut peralatan pemroteksi dan yang paling dekat selanjutnya disebut : backup atau diproteksi seperti digambarkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Koordinasi Fuse dengan Fuse
(Sumber:LN)

METODE

Langkah-langkah dalam penelitian ini mengikuti tahapan seperti tergambar pada flowchart Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Flowchart Koordinasi

Berdasarkan flowchart koordinasi tersebut, maka tahapan penelitian meliputi 4 langkah, yaitu (1) pengumpulan data, (2) Pemeriksaan jaringan distribusi sebelum gangguan, (3) mensimulasikan jaringan distribusi melalui EDSA, dan (4) menarik kesimpulan data simulasi.

HASIL

Data Jaringan Distribusi

Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan data lapangan dari PT. PLN (persero) Unit Pelayanan dan Jaringan (UP&J) Bululawang. Data yang diperoleh berupa peta jaringan distribusi 20kV yang disuplai dari penyulang Gardu Induk (GI) Kebon Agung, jarak antar tiang, jenis penghantar yang digunakan. Tabel 1 merupakan data tipe daya trafo pada jaringan distribusi yang diperlukan dalam simulasi program Edsa Technical 2005.

Tabel 1. Tipe dan Daya Trafo

No	No Gardu	Tipe	Daya (kVA)	Dari Teg (kVA)	Ke Teg (kVA)	Frekuensi (Hz)
1	Trafo 01	IEC-200-20/4H3	200	20	0.38	50
2	Trafo 02	IEC-100-10/4H3	100	20	0.38	50
3	Trafo 03	IEC-160-10/4H3	160	20	0.38	50
4	Trafo 04	IEC-250-10/4H3	250	20	0.38	50
5	Trafo 05	IEC-100-20/4H1	100	20	0.38	50
6	Trafo 06	IEC-160-20/4H1	160	20	0.38	50
7	Trafo 07	IEC-160-20/4H2	160	20	0.38	50
8	Trafo 08	IEC-100-20/4H2	100	20	0.38	50
9	Trafo 09	IEC-200-10/4H3	200	20	0.38	50
10	Trafo 10	IEC-150-3-D	150	20	0.38	50
11	Trafo 11	IEC-100-20/4H2	100	20	0.38	50
12	Trafo 12	IEC-200-20/4H2	200	20	0.38	50
13	Trafo 13	IEC-100-20/4H1	100	20	0.38	50
14	Trafo 14	IEC-160-20/4H1	160	20	0.38	50
15	Trafo 15	150-3-D	150	20	0.38	50
16	Trafo 16	IEC-100-20/4H2	100	20	0.38	50
17	Trafo 17	IEC-160-20/4H2	160	20	0.38	50
18	Trafo 18	IEC-160-10/4H3	160	20	0.38	50
19	Trafo 19	IEC-100-10/4H3	100	20	0.38	50

Tipe pada tiap-tiap trafo tersebut menggunakan tipe trafo yang terdapat pada library program Edsa Technical 2005 berdasarkan besarnya kapasitas daya trafo dari data lapangan.

Data Saluran Distribusi

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT PLN (persero) UP&J Bululawang, jenis penghantar yang digunakan pada jaringan distribusi 20 kV yaitu jenis penghantar A3C (*All Alummunium Alloy Conductor*) 150 mm² (inti) dan jenis A3C 70 mm² (percabangan). Resistansi dan reaktansi penghantar tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Penghantar

No	Jenis Penghantar	R (Ω)	X(Ω)	KHA
1.	A3C 150 mm ²	0.23750	0.30020	425
2.	A3C 70 mm ²	0.53030	0.34060	225

Jarak saluran antar trafo dihitung berdasarkan data peta yang diperoleh dari P.T PLN (persero) UP&J Bululawang, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya impedansi pada setiap saluran yang menghubungkan trafo. Tabel 3 merupakan data jenis dan jarak antar saluran yang diperlukan dalam simulasi program Edsa Technical 2005.

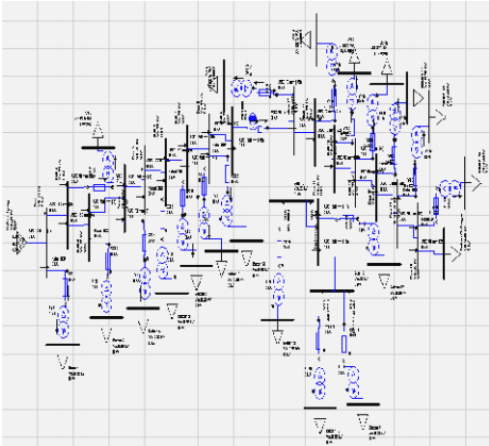
Tabel 3. Jenis dan Jarak Antar Saluran

No.	Saluran	Jenis Penghantar	Jarak(km)
1	Kebon Agung-Bus 1	A3C150 mm2	2,416
2	Bus 1-Bus 2	A3C150 mm2	0,678
3	Bus 2-Trafo 2	A3C70 mm2	0,306
4	Bus 2-Bus 3	A3C150 mm2	0,254
5	Bus 3-Bus 4	A3C150 mm2	0,303
6	Bus 4-Trafo 4	A3C70 mm2	0,034
7	Bus 4-Bus 5	A3C150 mm2	0,044
8	Bus 5-Bus 6	A3C150 mm2	0,252
9	Bus 6-Bus 7	A3C150 mm2	0,250
10	Bus 7-Trafo 7	A3C150 mm2	0,201
11	Bus 7-Bus 8	A3C150 mm2	0,215
12	Bus 8-Bus 9	A3C150 mm2	0,220
13	Bus 9-Bus 10	A3C150 mm2	0,556
14	Bus 10-Bus 11	A3C150 mm2	0,051
15	Bus 11-Bus 12	A3C150 mm2	0,689
16	Bus 12-Trafo 11	A3C70 mm2	0,416
17	Bus 11-Trafo 12	A3C150 mm2	0,407
18	Bus 9-Bus 13	A3C70 mm2	0,642
19	Bus 13-Trafo 13	A3C70 mm2	0,194
20	Bus 13-Bus 14	A3C70 mm2	0,063
21	Bus 14-Trafo 14	A3C70 mm2	0,683
22	Bus 14-Bus 15	A3C70 mm2	0,409
23	Bus 15-Bus 16	A3C70 mm2	0,091
24	Bus 16-Trafo 16	A3C70 mm2	0,309
25	Bus 16-Bus 17	A3C70 mm2	0,577
26	Bus 17-Bus 18	A3C70 mm2	0,413
27	Bus 18-Bus 19	A3C70 mm2	0,022
28	Bus 19-Beban Gabungan	A3C70 mm2	0,139

Simulasi Data

Mensimulasikan data dan hasil perhitungan ke dalam Program Edsa Technical 2005. Langkah dalam melakukan simulasi yaitu :

1. Buka program Edsa Technical 2005.
2. Pilih file baru "New Drawing File", kemudian pilih tipe "electrical one-line AC 3 phase IEC.axt".
3. Gambar jaringan distribusi berdasarkan data peta jaringan (Gambar 9).



Gambar 9. Jaringan Distribusi Edsa

4. Memasukkan data pada tiap-tiap komponen.
5. Melakukan proses "Run" (jika tidak terdapat kesalahan atau *converged*)
6. Analisa laporan hasil simulasi

PEMBAHASAN

Simulasi Pengaman

Dari hasil simulasi berdasarkan peta jaringan distribusi edsa pada Gambar 9 dapat diketahui besar arus yang mengalir pada masing-masing bus yang dipengaruhi oleh impedansi saluran dan besarnya beban trafo.

Tegangan pengirim yang mulanya sebesar 20 kV dengan ujung penerimaan secara nyata berbeda, Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan bus 1 terdapat trafo 1 yang terbebani sebesar 160 kVA, sehingga mengalami arus yang mengalir ke bus 1 sebesar 190,5 A dan tegangan yang diterima menjadi 19,886 kV.

Demikian pula pada bus 2 terdapat trafo 2 yang terbebani sebesar 40 kVA, mengalami penurunan tegangan yang menjadi sebesar 19,886 kV sehingga mengalami penurunan pula pada arus sebesar 185,75 A. Demikian seterusnya.

Fuse

Dari hasil simulasi berdasarkan peta jaringan distribusi edsa pada Gambar 9 contoh pada bus 13, terdapat *Fuse Cut Out* (FCO) dengan besaran 3 Ampere. Dimana terdapat aliran arus sebesar 1.39 A dengan kapasitas trafo sebesar 100 kVA yang terbebani beban sebesar 47 kVA. Hasil simulasi ini menyatakan bahwa *Fuse Cut Out* (FCO) mampu memproteksi trafo dari gangguan hubung singkat. Namun bila *Fuse Cut Out* (FCO) diberi besaran 1 Ampere maka yang terjadi Fuse akan berubah menjadi warna merah karena disebabkan fuse tidak mampu memproteksi trafo yang sudah terbebani atau arus melebihi dari 100% yang telah ditetapkan.

Recloser

Dari hasil simulasi berdasarkan peta jaringan distribusi edsa (Gambar 9) contoh pada bus 9, terdapat recloser dimana terdapat pada percabangan jaringan sebesar 600 Ampere dengan di aliri arus sebesar 166.7 A dan tegangan sebesar 19,833 kV. Hasil simulasi ini juga sama menyatakan bahwa recloser tersebut mampu memproteksi beban-beban berikutnya. Namun bila recloser diberi besaran 150 Ampere atau dibawah aliran arus yang mengalir maka recloser akan berubah menjadi warna merah pula karena disebabkan arus melebihi 100% recloser tersebut.

Koordinasi Fuse – Recloser

Dari hasil simulasi berdasarkan peta jaringan distribusi edsa pada Gambar 9. Contoh pada bus 13 jika mengalami gangguan hubung singkat maka yang memproteksi yaitu *Fuse Cut Out* terle-

bih dahulu, jika arus gangguan melebihi dari 100% atau kapasitas ketahanan Fuse maka berkoordinasi dengan recloser dimana ketahanan recloser lebih besar dari fuse karena disebabkan *recloser* berfungsi untuk memproteksi fuse – fuse lainnya yang berada di setelah recloser misalkan *Fuse Cut Out 14*, *Fuse Cut Out 15*, dan seterusnya.

Cara kerja koordinasi *fuse–recloser* ini untuk mencapai tingkat keandalan sehingga tidak menyebabkan pemadaman yang lama, dan bila sampai terjadi pemadaman area pemadamannya dapat diperkecil seminimal mungkin.

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi data dan hasil yang didapatkan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Simulasi dengan menggunakan edsa technical 2005 dilakukan dengan cara single line sistem distribusi 20 kV dan selanjutnya memasukkan data-data dari hasil pengumpulan data.
2. Koordinasi peralatan pengamanan sangat penting bagi jaringan sistem jaringan distribusi 20 kV untuk mencapai tingkat keandalan sehingga tidak menyebabkan terjadinya pemadaman yang lama, dan bila sampai terjadi pemadaman area pemadamannya dapat diperkecil seminimal mungkin.
3. Dari koordinasi pengaman, dapat mengetahui pengaman mana yang akan bekerja dahulu bila terjadi gangguan disuatu daerah yang terjadi gangguan.
4. Perbandingan nilai arus gangguan hasil simulasi edsa technical 2005 sangat

berbeda antara gangguan arus 3 fasa, gangguan arus *line–line*, gangguan arus *line–ground*, gangguan *line–line–ground*.

DAFTAR RUJUKAN

Evan, Robert D. 1950. *Power System Division*. Westing House Engineer.

PLN Pusdiklat Pandaan. *Proteksi Sistem Distribusi*.

SPLN 56-2: 1994. *Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Menengah*.

Suhadi & Wrahatnolo, Tri. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.

Afandi, A.N. 2005. *Sistem Tenaga Listrik, Operasi Sistem dan pengendalian*. Malang: Teknik Elektro Universitas Negeri Malang.

Referensi Udiklat PLN Pandaan, *Relay Proteksi*, Pandaan.

Badan Standarisasi Nasional, 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Yayasan PUIL, Jakarta

Stevenson William D., Jr. 1983. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Gelora Aksara Pratama.

Setadji Sentosa . Ngakan Putu Satriya Utama. 2009. *Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi*. (Online), ([http ://www.google.com](http://www.google.com) diakses 21 Desember 2009).