

STUDI HUBUNG SINGKAT UNTUK GANGGUAN TIGA FASA SIMETRIS PADA SISTEM TENAGA LISTRIK (Studi Kasus : PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV)

Heru Dibyo Laksono

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Andalas Padang, Kampus Limau Manis
Padang, Sumatera Barat

Email : heru_dl@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Perluasan sistem tenaga yang dilakukan oleh PT. PLN Sumbar-Riau menuntut perlunya analisa ulang terhadap rating peralatan pemutus tenaga (Circuit Breaker), supaya Circuit Breaker (CB) dapat mengamankan sistem tenaga listrik terhadap bahaya gangguan terutama gangguan hubung-singkat tiga fasa simetris. Untuk hal itu dilakukan studi hubung-singkat pada sistem tenaga listrik PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV. Perhitungan arus gangguan hubung-singkat tiga fasa simetris ini didasarkan matriks impedansi rel dengan alat bantu perhitungan, digunakan komputer digital dengan bantuan software Matlab. Kesimpulan yang nantinya diperoleh adalah arus gangguan yang terbesar, kapasitas Circuit Breaker (CB) dan kapasitas pemutusan. Adapun hasil yang diperoleh untuk gangguan tiga fasa simetris, gangguan terbesar terjadi pada bus 18 (Salak) dengan arus gangguan sebesar 213.2761 pu dengan sudut fasa -74.2234 derajat, kapasitas CB sebesar 10820998.1209 MVA dan Kapasitas pemutusan sebesar 608681.1443 MVA.

Keyword : Studi hubung-singkat, Gangguan Tiga Fasa Simetris, Kapasitas Circuit Breaker (CB), Kapasitas Pemutusan

1. PENDAHULUAN

Didalam sistem tenaga listrik, studi arus hubung-singkat merupakan hal yang penting terutama untuk perencanaan, perancangan serta perluasan sistem tenaga listrik. Data yang diperoleh dari perhitungan ini akan digunakan untuk menentukan penyetelan relai dan kapasitas pemutus tenaga. Pemilihan pemutus rangkaian untuk sistem tenaga listrik tidak hanya tergantung pada arus yang mengalir pada pemutus rangkaian dalam keadaan kerja normal saja tetapi juga pada arus maksimum yang mungkin mengalirinya beberapa waktu dan pada arus yang mungkin harus diputuskannya pada tegangan saluran dimana pemutus itu ditempatkan.

Jika terjadi gangguan pada jaringan sistem tenaga listrik, arus yang mengalir akan ditentukan oleh emf-internal mesin pada jaringan impedansinya dan impedansi pada jaringan antara mesin dengan titik tempat terjadinya gangguan tersebut. Arus yang mengalir dalam mesin serempak segera setelah terjadinya gangguan, yang mengalir beberapa periode kemudian dan terus bertahan atau dalam keadaan tetap, nilainya berbeda cukup jauh karena pengaruh arus jangkar pada fluks yang membangkitkan tegangan dalam mesin itu. Arus itu berubah relatif lambat dari nilai awalnya ke nilai keadaan mantapnya.

Pada umumnya ada 4 macam gangguan hubung-singkat yang ada pada sistem tenaga yaitu gangguan tiga fasa simetris, gangguan tidak simetris satu fasa ke tanah, gangguan tidak simetris dua fasa

ke tanah dan gangguan tidak simetris antar fasa. Apabila gangguan ini sering terjadi dan tidak cepat diatasi maka akan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tegangan seperti transformator, generator dan sebagainya.

Untuk transformator, dikarenakan besarnya arus yang lewat maka akan timbul rugi daya yang besar dan dirubah menjadi panas sehingga dapat merusak isolasi pada transformator tersebut, sehingga akan terjadi kecenderungan flash over pada kumparan transformator pada generator. Saat sekarang ini, studi hubung singkat pada sistem yang besar, saling terinterkoneksi akan melibatkan perhitungan-perhitungan yang kompleks dan membutuhkan tingkat kecermatan yang tinggi. Oleh karena itu dalam studi arus hubung-singkat ini sebagai alat bantu dalam perhitungan digunakan software Matlab.

Tujuan dari penelitian ini untuk menghitung besarnya arus dan tegangan hubung-singkat di setiap busbar jika terjadi gangguan di salah satu busbar pada sistem kelistrikan PT. PLN Sumbar-Riau dan mengevaluasi apakah peralatan pemutus rangkaian memiliki rating yang cukup untuk gangguan hubung-singkat maksimum

2. Studi Hubung-singkat

Studi hubung-singkat dilakukan untuk menentukan besarnya arus yang mengalir melewati sistem tenaga listrik pada berbagai jarak waktu setelah gangguan terjadi. Besarnya arus yang

mengalir melewati sistem tenaga listrik setelah gangguan berubah menurut waktu sampai mencapai kondisi tetap. Selama kondisi gangguan, sistem proteksi diperlukan untuk mendeteksi, menghilangkan dan mengisolasi gangguan tersebut. Hal ini dapat dilakukan pada bermacam-macam gangguan (tiga fasa simetris, fasa ke fasa, dua fasa ke tanah, dan satu fasa ke tanah) pada lokasi yang berbeda dari keseluruhan sistem.

Setiap kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus yang normal disebut gangguan. Sebagian besar dari gangguan-gangguan yang terjadi pada saluran transmisi tegangan 115 KV atau lebih disebabkan oleh petir yang mengakibatkan terjadinya percikan bunga api (*flashover*) pada isolator. Tegangan tinggi yang ada di antara penghantar dan menara atau tiang penyangga yang diketanahkan (*grounded*) menyebabkan terjadinya ionisasi. Ini memberikan jalan bagi muatan listrik yang diinduksi (diimbasi) oleh petir untuk mengalir ke tanah. Dengan terbentuknya jalur ionisasi ini, impedansi ke tanah menjadi rendah. Ini memungkinkan mengalirnya arus fasa dari penghantar ke tanah dan melalui tanah menuju “netralnya” transformator atau generator yang diketanahkan sehingga terjadilah rangkaian tertutup.

Oleh karena letaknya yang tersebar di berbagai daerah maka saluran transmisi mengalami gangguan-gangguan baik yang disebabkan oleh alam maupun oleh sebab-sebab lain. Pada saluran transmisi diatas 187 KV jumlah gangguannya adalah 1.1 per 100 Km per tahun, pada 110 – 154 KV adalah 2.4 per 100 Km pertahun, pada 44 – 77 KV adalah 5.8 per 100 Km pertahun sedangkan pada saluran 33 KV ke bawah adalah 1.0 per 100 km per tahun. Hampir semua gangguan pada saluran 187 KV ke atas disebabkan oleh petir dan lebih dari 70% dari semua gangguan pada saluran 110 – 154 KV disebabkan karena gejala-gejala alamiah seperti petir, salju, es, angin, banjir, gempa, dsb. Gejala-gejala alamiah lain yang terjadi pada saluran 60 KV adalah gangguan oleh binatang seperti burung dsb. Dari jenis-jenis gangguan yang terjadi, yang paling besar jumlahnya adalah hubung singkat satu fasa dengan tanah. Alat yang paling banyak menderita kerusakan adalah isolator.

Jenis gangguan dibagi menjadi dua kategori yaitu:

- a. Gangguan simetris
- b. Gangguan tak simetris

Salah satu contoh gangguan simetris adalah gangguan tiga fasa simetris yang mana terjadi pada saat ketiga fasanya terhubung singkat melalui atau tanpa impedansi. Gangguan tak simetris terdiri dari gangguan hubung singkat tak simetris, gangguan tak simetris melalui impedansi dan penghantar terbuka. Gangguan hubung singkat tak simetris terjadi sebagai gangguan tunggal saluran ke tanah, gangguan antar saluran, serta gangguan ganda ke tanah.

Bila hubung singkat dibiarkan berlangsung agak lama pada suatu sistem tenaga listrik maka pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan dapat terjadi :

1. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk suatu sistem tenaga listrik
2. Rusaknya peralatan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus yang besar, arus yang tidak seimbang atau tegangan-tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
3. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya hubung singkat dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan-peralatan lain.
4. Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem tenaga listrik itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem-sistem pengamanan yang berbeda.

Tindakan pengamanan yang dapat diambil dalam melindungi sistem tenaga listrik adalah dengan jalan pemisahan (*Isolation*) bagian yang terkena gangguan. Dalam sistem-sistem tenaga listrik yang modern, proses meniadakan hubung singkat ini dilaksanakan secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia. Peralatan yang melakukan pekerjaan ini secara kolektif dikenal sebagai sistem perlindungan (*Protection System*).

2.1 Gangguan Tiga Fasa Simetris

Bila terjadi gangguan dalam jaringan sistem tenaga listrik, arus yang mengalir akan ditentukan oleh emf-internal mesin pada jaringan impedansinya dan impedansi pada jaringan antara mesin dengan titik tempat terjadinya gangguan tersebut. Arus mengalir dalam mesin serempak segera setelah terjadinya gangguan, yang mengalir beberapa periode kemudian, dan yang terus bertahan, atau dalam keadaan tetap, nilainya berbeda cukup banyak karena pengaruh arus jangkar pada fluks yang membangkitkan tegangan dalam mesin itu. Arus itu berubah relatif lambat dari nilai awalnya ke nilai keadaan tetapnya. Adapun besarnya arus gangguan adalah :

$$I_f = \frac{V_f}{Z_I} \quad (2.1)$$

Dimana

V_f : Tegangan pragangguan yang besarnya 1.00 pu

Z_I : Impedansi titik gangguan

Tegangan pasca gangguan pada bus n adalah:

$$V_n = V_f - \frac{Z_{nk}}{Z_{kk}} V_f \quad (2.2)$$

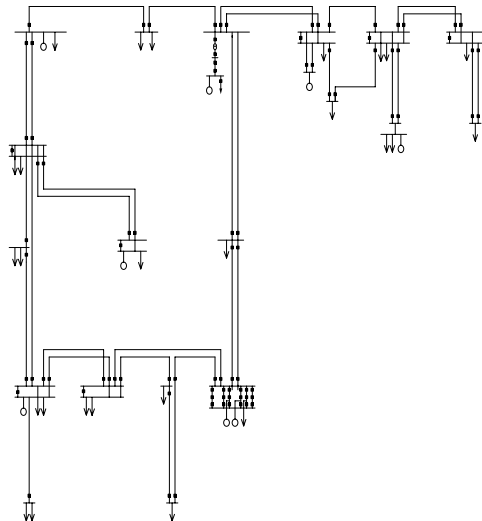
Dimana

Z_{nk} : Impedansi antara bus n dan bus k

Z_{kk} : Impedansi pada titik gangguan pada bus k

2.2 Model Sistem

Dalam berbagai kasus, diagram segaris berbeda-beda sesuai dengan persoalan yang akan diselesaikan. Dalam menggambarkan diagram segaris tersebut ada beberapa komponen sistem tenaga listrik yang diabaikan. Pengabaian ini bertujuan untuk menyederhanakan perhitungan terutama jika perhitungan dilakukan secara manual. Komponen-komponen dari suatu sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri dari : pusat pembangkit, dalam hal ini yang digambarkan adalah generatornya., transformator daya, saluran transmisi, kondensator sinkron arus statis, alat pengaman (pemutus daya dan relai-relai) dan beban yang terdiri dari beban dinamik dan beban statis. Berikut ini contoh diagram segaris yang biasanya digunakan dalam studi arus hubungsingkat.



Gambar-2.1 Diagram Segaris Sistem Tenaga Listrik 20 Bus (PT. PLN Sumbar-Riau)

3. Perhitungan Studi Hubungsingkat Pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam perhitungan studi hubungsingkat ini dilakukan perhitungan arus momentari dan arus interrupting. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan arus momentari dan arus interrupting ini sebagai berikut :

1. Tentukan diagram jaringan urutan positif, negatif dan nol Nilai dari masing-masing diagram ditentukan dengan nilai reaktansi urutan positif, urutan negatif dan dan urutan nol
2. Tranformasikan data-data dari komponen diatas ke dalam satuan perunit. (pu) dengan terlebih dahulu menentukan dasar perhitungan. Untuk memilih dasar perhitungan dapat dipilih salah satu komponen dalam diagram segaris seperti generator, motor, transformator maupun saluran.
3. Menentukan Matrik Admitansi Urutan Positif

Untuk menentukan matrik admitansi positif, terlebih dahulu ditentukan matrik admitansi primitif urutan positif lalu matrik admitansi positif ini dinvers sehingga diperoleh matrik impedansi positif.

4. Menentukan Matrik Admitansi Urutan Negatif
Untuk menentukan matrik admitansi negatif, terlebih dahulu ditentukan matrik admitansi primitif urutan negatif lalu matrik admitansi negatif ini dinvers sehingga diperoleh matrik impedansi negatif.

5. Menentukan Matrik Admitansi Urutan Nol
Untuk menentukan matrik admitansi urutan nol, terlebih dahulu ditentukan matrik admitansi primitif urutan nol lalu matrik admitansi nol ini dinvers sehingga diperoleh matrik impedansi nol.
6. Menentukan besarnya arus momentari.
Arus gangguan total yang terjadi pada bus k :

$$I_f = \frac{V_k}{Z_{kk}} \text{ pu} \quad (3.1)$$

Tegangan pada masing-masing bus selama terjadinya gangguan :

$$V_i(F) = V_i(0) - \frac{Z_{ik}}{Z_{kk}} V_k(0) \quad (3.2)$$

Arus yang mengalir pada saluran selama gangguan adalah

$$I_{ij}(F) = \frac{V_i(F) - V_j(F)}{z_{ij}} \quad (3.3)$$

Arus momentari pada saluran

$$I_{ij}^{(m)} = 1.6000(I_{ij}(F)) \quad (3.4)$$

Penentuan kapasitas CB sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas CB} = |1.6000(I_{ij}(F))| \text{ MVA}_{\text{dasar}} \quad (3.5)$$

7. Menentukan besarnya arus interrupting :

Untuk menentukan arus interrupting pada gangguan 3ϕ simetris, terlebih dahulu dibentuk matrik admintansi urutan positif, urutan negatif dan urutan nol dengan mengganti reaktansi subtransien dengan reaktansi transien khusus untuk beban yang berupa motor kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut :

7.1 Menentukan Matrik Admitansi Urutan Positif

Untuk menentukan matrik admitansi positif, terlebih dahulu ditentukan matrik admitansi primitif urutan positif lalu matrik admitansi positif ini dinvers sehingga diperoleh matrik impedansi positif

7.2 Menentukan Matrik Admitansi Urutan Negatif

Untuk menentukan matrik admitansi negatif, terlebih dahulu ditentukan matrik admitansi primitif

urutan negatif lalu matrik admitansi negatif ini dinvers sehingga diperoleh matrik impedansi negatif.

7.3 Menentukan Matrik Admitansi Urutan Nol

Untuk menentukan matrik admitansi urutan nol, terlebih dahulu ditentukan matrik admitansi primitif urutan nol lalu matrik admitansi nol ini dinvers sehingga diperoleh matrik impedansi nol.

Arus gangguan total yang terjadi pada bus k :

$$I_f = \frac{V_k}{Z_{kk}^1} \quad (3.6)$$

Tegangan pada masing-masing bus selama terjadinya gangguan :

$$V_i(F) = V_i(0) - \frac{Z_{ik}}{Z_{kk}} V_k(0) \quad (3.7)$$

Arus yang mengalir pada saluran selama gangguan

$$I_{ij}(F) = \frac{V_i(F) - V_j(F)}{z_{ij}} \quad (3.8)$$

Arus interrupting pada saluran tergantung pada jumlah cycle yang terjadi. Adapun nilai cycle yang berlaku diantaranya :

- 2 cycle dengan nilai K = 1.4000
- 5 cycle dengan nilai K = 1.1000
- 8 cycle dengan nilai K = 1.0000

Sehingga arus interrupting pada saluran adalah :

$$I_{ij}^{(I)} = K(I_{ij}(F)) \quad (3.9)$$

Penentuan kapasitas pemutusan :

Kapasitas Pemutusan Saluran adalah

$$\left| KI_{ij}(F) \right| \text{MVA}_{\text{dasar}} \quad (3.10)$$

Dalam perhitungan tanda minus pada arus interrupting tidak digunakan karena yang diperlukan hanya harga mutlaknya dari besarnya kapasitas pemutusan yang digunakan

4. Studi Hubungingkat Sistem Tenaga Listrik PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

4.1 Data Sistem Tenaga Listrik PT. PLN Sumbar-Riau

Data-data sistem tenaga listrik PT. PLN Sumbar-Riau yang terdiri dari 20 bus dengan data dan asumsi sebagai berikut :

- Faktor daya setiap bus bernilai 0.85
- Tegangan perunit untuk Slack bus 1.05 dan bus pembangkit bernilai 1.03

Selain setiap bus diberi nomor sebagai berikut.

Tabel-4.1 Data Nomor Tiap Bus

NO	NAMA BUS	TIPE BUS
0	PLTU Ombilin	Slack Bus
1	PLTG Pauh Limo	Bus PV
2	PLTA Maninjau	Bus PV
3	PLTA Batang Agam	Bus PV
4	PLTA Singkarak	Bus PV
5	PLTA Koto Panjang	Bus PV
6	PLTD Teluk Lembu	Bus PV
7	Dumai	Bus PQ
8	Duri	Bus PQ
9	Garuda Sakti	Bus PQ
10	Bangkinang	Bus PQ
11	Payakumbuh	Bus PQ
12	Padang Luar	Bus PQ
13	Lubuk Alung	Bus PQ
14	PIP	Bus PQ
15	Batusangkar	Bus PQ
16	Indarung	Bus PQ
17	Solok	Bus PQ
18	Salak	Bus PQ
19	Simpang Haru	Bus PQ

Tabel-4.2 Data Tegangan dan Tipe Bus PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Bus	Tegangan pu	Jenis
1	1.0500 $\angle 0^0$	Bus Slack
2	1.0300 $\angle 0^0$	Bus PV
3	1.0300 $\angle 0^0$	Bus PV
4	1.0300 $\angle 0^0$	Bus PV
5	1.0300 $\angle 0^0$	Bus PV
6	1.0300 $\angle 0^0$	Bus PV
7	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
8	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
9	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
10	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
11	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
12	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
13	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
14	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
15	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
16	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
17	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
18	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ
19	1.0000 $\angle 0^0$	Bus PQ

Tabel-4.3 Data Pembangkitan Tiap Bus PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Bus	Pembangkitan	
	P (MW)	Q (MVAR)
0	-	-
1	40.8000	-
2	68.0000	-
3	10.5000	-
4	148.7500	-
5	114.0000	-
6	48.3000	-
7	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0000
19	0.0000	0.0000

Tabel-4.4 Data Beban Tiap Bus PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Bus	Beban	
	P (MW)	Q (MVAR)
0	-	-
1	34.0000	21.0702
2	17.0000	10.5356
3	0.0000	0.0000
4	4.2500	2.6339
5	8.5000	5.2680
6	76.5000	47.4120
7	25.5000	15.8040
8	17.0000	10.5360
9	85.0000	52.6800
10	26.7750	16.5942
11	0.0000	0.0000
12	42.5000	26.3400
13	25.5000	15.8040
14	42.5000	26.3400
15	8.5000	5.2680
16	51.0000	31.6080
17	17.0000	10.5360
18	17.0000	10.5360
19	71.4000	44.2512

Tabel-4.5 Data Saluran Urutan Positif PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Line		Z seri (pu)	
Dari Bus	Ke Bus	R (pu)	X (pu)
0	16	0.0335	0.1205
0	18	0.0013	0.0046
1	19	0.0037	0.0132
1	13	0.0177	0.0635
1	14	0.0105	0.0377
2	12	0.0220	0.0762
5	10	0.0055	0.0330
5	9	0.0192	0.1157
8	7	0.0309	0.1101
9	6	0.0068	0.0412
9	8	0.0614	0.2184
10	9	0.0139	0.0838
11	3	0.5575	1.2328
11	5	0.0321	0.1558
12	11	0.0168	0.0580
13	4	0.0045	0.0221
13	2	0.0297	0.1068
14	13	0.0072	0.0258
16	1	0.0035	0.0125
17	16	0.0179	0.0639
18	17	0.0144	0.0518

Tabel-4.6 Data Saluran Urutan Negatif PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Line		Z seri (pu)	
Dari Bus	Ke Bus	R	X
0	16	0.0335	0.1205
0	18	0.0013	0.0046
1	19	0.0037	0.0132
1	13	0.0177	0.0635
1	14	0.0105	0.0377
2	12	0.0220	0.0762
5	10	0.0055	0.0330
5	9	0.0192	0.1157
8	7	0.0309	0.1101
9	6	0.0068	0.0412
9	8	0.0614	0.2184
10	9	0.0139	0.0838
11	3	0.5575	1.2328
11	5	0.0321	0.1558
12	11	0.0168	0.0580
13	4	0.0045	0.0221
13	2	0.0297	0.1068
14	13	0.0072	0.0258
16	1	0.0035	0.0125
17	16	0.0179	0.0639
18	17	0.0144	0.0518

Tabel-4.7 Data Saluran Urutan Nol PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Line		Z seri (pu)	
Dari Bus	Ke Bus	R	X
0	16	0.1768	0.5159
0	18	0.0069	0.0194
1	19	0.0206	0.0561
1	13	0.0932	0.2718
1	14	0.0518	0.1628
2	12	0.0614	0.2331
5	10	0.0469	0.1475
5	9	0.0171	0.5115
8	7	0.1466	0.4607
9	6	0.0622	0.1834
9	8	0.2907	0.9136
10	9	0.1263	0.3732
11	3	2.4888	8.6578
11	5	0.2088	0.6921
12	11	0.0468	0.1776
13	4	0.0296	0.0972
13	2	0.1469	0.4617
14	13	0.0355	0.1115
16	1	0.0194	0.0534
17	16	0.0882	0.2772
18	17	0.0760	0.2217

Dalam penelitian ini difokuskan pada studi hubungsiingat di PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV dengan melakukan simulasi untuk mengamati perubahan tegangan, sudut fasa pada tiap bus, arus antar saluran, kapasitas CB dan kapasitas pemutusan jika terjadi gangguan tiga fasa simetris pada salah satu bus pada sistem tersebut. Sebelum simulasi perhitungan hubungsiingat dilakukan, terlebih dahulu dihitung tegangan dan sudut fasa untuk tiap bus pada sistem PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV untuk keadaan tanpa gangguan dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel-4.8 Data Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Pada PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV

Bus	Magnitude Tegangan pu	Sudut Fasa degree
0	1.0500	0.0000
1	1.0300	-4.6540
2	1.0300	-8.6800
3	1.0300	-8.6920
4	1.0300	-2.4330
5	1.0300	-24.2580
6	1.0300	-30.4240
7	0.8800	-36.6610
8	0.9090	-34.9870
9	1.0080	-29.5530
10	1.0230	-26.0850
11	1.0040	-16.4400
12	1.0010	-13.7000

13	1.0260	-4.1850
14	1.0220	-4.6650
15	1.0270	-4.1630
16	1.0270	-4.1630
17	1.0340	-2.1810
18	1.0480	-0.2070
19	1.0220	-5.0790

Jika terjadi gangguan tiga fasa simetris di bus 1 (PLTG Pauh Limo) diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel-4.9 Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Jika Terjadi Gangguan di Bus 1 (PLTG Pauh Limo) Untuk Gangguan Tiga Fasa Simetris

Bus	Tegangan (pu)	Sudut (der)
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000
15	0.1720	-0.0592
16	0.1720	-0.0592
17	0.6119	-0.0393
18	0.9683	0.0053
19	0.0000	0.0000

Tabel-4.10 Besar Arus dan Sudut Fasa Arus Saluran Jika Terjadi Gangguan di Bus 1 (PLTG Pauh Limo) Untuk Gangguan Tiga Fasa Simetris

Saluran		Magnitude Arus (pu)	Sudut Fasa Arus (derjat)
Dari Bus	Ke Bus		
1	F	13.2495	-74.4169
G	16	6.6204	-74.4513
16	1	13.2495	-74.4169
17	16	6.6292	-74.3826
G	18	6.6292	-74.3826
18	17	6.6292	-74.3826

Tabel-4.11 Besar Arus Momentari Tiap Saluran Jika Terjadi Gangguan di Bus 1 (PLTG Pauh Limo) Untuk Gangguan Tiga Fasa Simetris

Saluran	Arus Momentari
---------	----------------

Dari Bus	Ke Bus	Real (pu)	Imaginer (pu)
1	F	5.6842	-20.4229
G	16	2.8341	-10.2065
16	1	5.6842	-20.4229
17	16	2.8501	-10.2166
G	18	2.8501	-10.2166
18	17	2,8501	-10.2166

Tabel-4.12 Besar Kapasitas CB Tiap Saluran Jika Terjadi Gangguan di Bus 1 (PLTG Pauh Limo) Untuk Gangguan Tiga Fasa Simetris

Saluran		Kapasitas CB	
Dari Bus	Ke Bus	MVA (pu)	MVA
1	F	418.3457	41834.5653
G	16	104.4811	10448.1109
16	1	418.3457	41834.5653
17	16	104.6949	10469.4925
G	18	104.6949	10469.4925
18	17	104.6949	10469.4925

Tabel-4.13 Besar Arus Interrupting Tiap Saluran Jika Terjadi Gangguan di Bus 1 (PLTG Pauh Limo) Untuk Gangguan Tiga Fasa Simetris

Saluran		Arus Interrupting	
Dari Bus	Ke Bus	Real (pu)	Imaginer (pu)
1	F	4.2631	-15.3172
G	16	2.1256	-7.6548
16	1	4.2631	-15.3172
17	16	2.1376	-7.6625
G	18	2.1376	-7.6625
18	17	2.1376	-7.6625

Tabel-4.14 Kapasitas Pemutusan Tiap Saluran Jika Terjadi Gangguan di Bus 1 (PLTG Pauh Limo) Untuk Gangguan Tiga Fasa Simetris

Saluran		Kapasitas Pemutusan	
Dari Bus	Ke Bus	MVA (pu)	MVA
1	F	235.3194	23531.9430
G	16	58.7706	5877.0624
16	1	235.3194	23531.9430
17	16	58.8909	5889.0896
G	18	58.8909	5889.0896
18	17	58.8909	5889.0896

Jika gangguan tiga fasa simetris terjadi pada bus 1 (PLTG Pauh Limo) maka terjadi penurunan tegangan dan kenaikan sudut fasa pada masing-masing bus dan arus gangguan yang terbesar adalah 13.2495 pu dengan sudut fasa -74.4169 derajat yang terjadi pada :

- Saluran antara bus 1 (PLTG Pauh Limo) dan lokasi gangguan (F)
- Saluran antara bus 1 (PLTG Pauh Limo) dan bus 16 (Indarung).
dengan kapasitas CB 41834.5653 MVA dan kapasitas pemutusan 23531.9430 MVA

Untuk gangguan tiga fasa simetris yang terjadi pada bus yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan pada penelitian ini simulasi dilakukan untuk semua bus.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan tentang studi hubung singkat pada sistem tenaga listrik PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV untuk gangguan tiga fasa simetris dapat disimpulkan bahwa : arus gangguan terbesar terjadi pada bus 18 (Salak) dengan nilai sebagai berikut :

- Arus gangguan sebesar 213.2761 pu dengan sudut fasa -74.2234 derajat
- Kapasitas CB sebesar 10820998.1209 MVA
- Kapasitas pemutusan sebesar 608681.1443 MVA

DAFTAR PUSTAKA

- Gonen, Turan, “*Modern Power System Analysis*” , Jhon Wiley & Sons, Inc, Singapore, 1998.
- Stevenson, W.D, Jr, “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, diterjemahkan oleh Idris, Kemal Ir, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, 1994.
- Sianipar, Gibson, DR, Ir “*Komputasi Sistem Tenaga*”, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, 1998.
- Gross, Charles A, “*Power System Analysis*” , Jhon Wiley & Sons, Inc, Canada, 1986.
- Marta Yudha, Hendra, Ir, MS, “*Diktat Studi Aliran Daya*”, Universitas Sriwijaya (Unsri), Palembang, 1995
- M.A. PAI, “*Computer Technigues in Power System Analysis*”, Indian Institute of Technology, New Delhi, 1984
- Grainger, John & Stevenson, William, Jr, “*Power System Analysis*”, McGraw-Hill, New York, USA, 1993
- Stagg, Glenn W, El-Abiad, “*Computer Methods in Power System Analysis*”, McGraw-Hill, Tokyo, 1981.
- Hutauruk, Ir, Msc, “*Transmisi Daya Listrik* “, Erlangga, Jakarta, 1985
- Gonen, Turan, “*Electric Power Transmission System Engineering Analysis And Design*”, John Wiley & Sons, California , 1988
- Part-Enander, Eva & Sjoberg, Anders, “ *The Matlab Handbook* “,John Wiley & Sons, California , 1999

BIODATA

Heru Dibyo Laksono ST, MT, Lahir di Sawah Lunto, 7 Januari 1977, Menamatkan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas (Unand) Padang tahun 2000 bidang Teknik Tenaga Listrik. Pendidikan S2 bidang Teknik Kendali dan Sistem diselesaikan di Institute Teknologi Bandung (ITB) tahun 2004. Masuk sebagai dosen Teknik Elektro Universitas Andalas sejak tahun 2005.