



DIPA

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

LAPORAN PENELITIAN

STUDI HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM TENAGA LISTRIK SUMBAR RIAU AKIBAT PENAMBAHAN PEMBANGKITAN TERSEBAR

oleh :

Drs. Amirin Supriatno, M.Pd
Oriza Candra, S.T.,M.T.

LOKASI PENELITIAN	UNIV. NEGERI PADANG
TANGGAL	: 14-1-2011
SUMBER DANA	: Hd
KOLEKSI	: K1
NO. INVENTARIS	: 36/Hd/2011-S.1 (1)
KLASIFIKASI	: 621.319 sup s.1

Penelitian ini dibiayai oleh :

Dana DIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2010
Surat Keputusan Rektor UNP, Nomor
190/H35/KP/DIPA/2010 Tanggal 1 Maret 2010

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2010

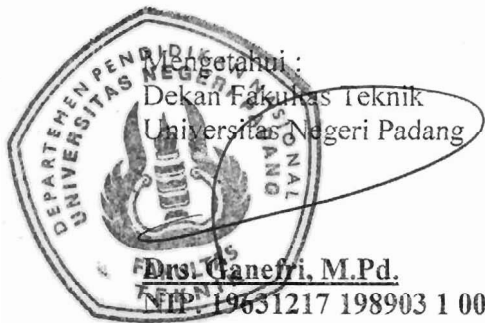
**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**

1	Judul Penelitian	Studi hubung singkat pada sistem tenaga listrik Sumbar Riau akibat penambahan pembangkit tersebar
2	a. Bidang Ilmu	Sistem Tenaga Listrik
3	Peneliti	
	a. Nama Lengkap	Drs. Amirin Supriatno, M.Pd.
	b. Pangkat/Gol/NIP	Pembina /IV.a/19501215 197903 1 006
	c. Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
	d. Jabatan structural	-
	e. Mata Kuliah di Asuh	1. Pembangkit tenaga listrik
4	Anggota	Oriza Candra, S.T.,M.T.
5	Jumlah Peneliti	2
6	Lokasi Penelitian	Lab. Sistem Kendali dan KITLUR PLN Sumbar-Riau
7	Biaya Penelitian	Rp7.500.000,-
8	Sumber dana	DIPA UNP TA. 2010

Padang, Desember 2010

Ketua Peneliti

Drs. Amirin Supriatno, M.Pd.
NIP. 19501215 197903 1 006



Menyetujui

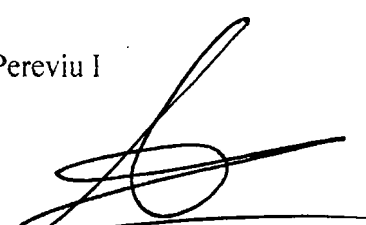
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang



LEMBARAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

1	Judul Penelitian	Studi hubung singkat pada sistem tenaga listrik Sumbar Riau akibat penambahan pembangkit tersebar
2	a. Bidang Ilmu	Sistem Tenaga Listrik
3	Peneliti	
	a. Nama Lengkap	Drs. Amirin Supriatno, M.Pd.
	b. Pangkat/Gol/NIP	Pembina /IV.a/19501215 197903 1 006
	c. Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
	d. Jabatan structural	-
	e. Mata Kuliah di Asuh	1. Pembangkit tenaga listrik
4	Anggota	Oriza Candra, S.T.,M.T.
5	Jumlah Peneliti	2
6	Lokasi Penelitian	Lab. Sistem Kendali dan KITLUR PLN Sumbar-Riau
7	Biaya Penelitian	Rp7.500.000,-
8	Sumber dana	DIPA UNP TA. 2010

Pereviu I


Drs. Aslimeri, M.T.
NIP. 19560501 198301 1 001

Padang, April 2007


Pereviu II,

Dr. Ridwan, M.Sc.Ed
NIP. 19520116 197903 1 002

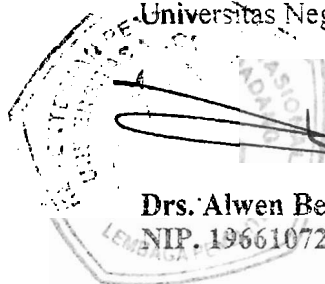
Mengetahui :

Ketua Lembaga Penelitian

Universitas Negeri Padang,


Drs. Alwen Bentri, M.Pd.

NIP. 196610722 198602 1 002



PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik Sumbang Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar*, berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Padang Nomor : 190/H35/KP/2010 Tanggal 1 Maret 2010.

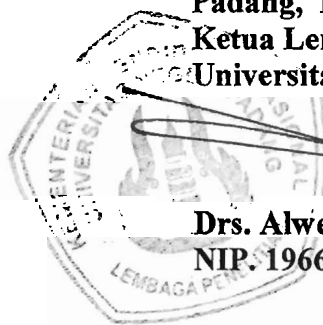
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat Universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, dan tim pereviu Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2010
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,



Drs. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP. 196610722 198602 1 002

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
INTISARI	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	2
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Pembangkitan Tersebar	3
B. Persamaan Aliran Daya	6
C. Studi Hubung Singkat	7
1. Komponen Simetris	8
2. Jaringan urutan generator berbeban	12
3. Hubung Singkat Tiga Fasa	15
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
A. Tujuan Penelitian	17
B. Manfaat Penelitian	17
BAB IV METODA PENELITIAN	
A. Tahapan Penelitian	18
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Sistem Tenaga Listrik yang Ditinjau	21
B. Data Pembangkit dan Beban	21
C. Data-data Beban Sistem Tenaga Listrik	
Sumbar-Riau	22

D. Data Impedansi Saluran Sistem Pembangkit	
Sumbar-Riau	23
E. Hasil Simulasi Penelitian	23
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	29
B. Saran - saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30

INTISARI

Pembangkitan tersebar diperkirakan akan memiliki peranan besar dalam sistem tenaga listrik di masa depan. Penambahan pembangkitan tersebar pada suatu sistem saluran transmisi berarti penambahan suatu sumber tenaga pada suatu titik, di mana pada titik tersebut sebelumnya tidak ada sumber tenaga. Ini tentunya dapat meningkatkan tingkat arus hubung singkat yang mengalir pada saat terjadi hubung singkat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pembangkitan tersebar terhadap arus hubung singkat tiga fasa pada sistem saluran transmisi tenaga listrik 150 kV..

Penelitian ini dilakukan pada sistem saluran transmisi 150 kV sistem Sumbar-Riau sebelum penambahan pembangkitan tersebar. Studi kasus kedua adalah hubung singkat tiga fasa pada sistem saluran transmisi 150 kV sesudah penambahan pembangkitan tersebar. Kedua studi disimulasi dengan menggunakan program EDSA (*Electrical Distribution and Transmission System Analysis*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pembangkitan tersebar pada bus indarung mengakibatkan terjadinya peningkatan arus hubung singkat tiga fasa pada masing-masing bus yang mengalami hubung singkat dalam sistem saluran transmisi 150 kV.

Kata-kata kunci: *pembangkitan tersebar, sistem saluran transmisi, hubung singkat.*

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangkitan tersebar (*Distributed Generation*) diperkirakan akan memiliki peranan besar dalam sistem tenaga listrik di masa depan. Pembangkitan tersebar merupakan pembangkit tenaga listrik yang dimasukkan ke sistem, memiliki teknologi yang memanfaatkan sumber daya alam terbaharui seperti turbin berpengerak air dan terhubung pada sistem tenaga listrik tegangan 150 kV.

Penambahan pembangkitan tersebar pada suatu sistem tenaga listrik berarti penambahan suatu sumber tenaga pada suatu titik, di mana pada titik tersebut sebelumnya tidak ada sumber tenaga. Ini tentunya dapat meningkatkan tingkat arus gangguan yang mengalir pada saat terjadi gangguan di dalam jaringan dan dapat mempersulit pendeteksian dan pemisahan saat terjadi gangguan (Angelopoulos, 2004).

Pengaruh gangguan dari satu unit pembangkitan tersebar kecil tidaklah besar, akan tetapi pengaruh gangguan dari banyak unit kecil, atau dari beberapa unit besar, dapat mengubah tingkat hubung singkat, sehingga dapat menyebabkan sekering cabang dan pemutus rangkaian penyulang hilang koordinasi. Ini dapat berakibat terhadap keandalan dan keamanan dari sistem tenaga listrik. Jika unit pembangkitan tersebar ditambahkan ke sistem, arus gangguan bisa menjadi cukup besar, sehingga sekering cabang tidak lagi terkoordinir dengan pemutus rangkaian penyulang selama

gangguan. Ini akan mendorong beroperasinya sekering yang seharusnya tidak perlu dan dapat mengurangi keandalan pada cabang (Barker dan Mello, 2000).

Pada penelitian ini akan dilakukan studi gangguan hubung singkat pada jaringan transmisi tenaga listrik 150 kV akibat penambahan pembangkitan tersebar. Gangguan hubung singkat dalam studi ini meliputi : gangguan hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah. Hal ini dilakukan karena gangguan tiga fasa merupakan gangguan hubung singkat yang informasi hasil studinya digunakan untuk koordinasi peralatan proteksi dan koordinasi isolasi, sedangkan gangguan satu fasa ke tanah karena merupakan gangguan ini yang paling sering terjadi (70 %) pada sistem tenaga listrik. Sebagai bahan studi, diambil data jaringan transmisi tenaga listrik 150 kV sistem tenaga Sumbar Riau.

B. Permasalahan

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah untuk penelitian adalah bagaimana:

Arus hubung singkat tiga fasa pada saat puncak, 30 siklus saat ada penambahan pembangkitan tersebar pada sistem tenaga listrik tenaga listrik 150 kV.

BAB II LANDASAN TEORI

A. Pembangkitan Tersebar

Pembangkitan tersebar adalah suatu konsep sistem tenaga listrik yang tidak terpusat. Di beberapa wilayah atau negara pembangkitan tersebar dikenal dengan istilah yang berbeda-beda, seperti negara-negara Anglo-Saxon dikenal dengan *embedded generation*, di Amerika bagian utara dikenal dengan *dispersed generation*, dan di Eropa serta sebagian Asia dikenal dengan *decentralised generation* (Knazkins, 2004).

Ada beberapa definisi mengenai pembangkitan tersebar, diantaranya adalah :

Gopal dkk (1999) mendefinisikan pembangkitan tersebar adalah generator listrik yang ditempatkan di dekat pusat beban yang dapat dihubungkan dan dilepas dari saluran sesuai dengan kebutuhannya dan mempunyai nilai lebih dari grid power.

Menurut Barker dan Mello (2000) pembangkitan tersebar adalah pembangkitan yang memiliki kapasitas daya terbatas sekitar 10 MW atau kurang dan dihubungkan ke suatu gardu induk, penyulang distribusi atau di tingkat pelanggan.

Kemudian dari hasil diskusi yang dikumpulkan pada *white paper on distributed generation* (2007) pembangkitan tersebar hanya mencakup generator berkapasitas kecil, memiliki teknologi ramah lingkungan yang dihubungkan pada jaringan distribusi atau pada daerah yang dekat dengan pelanggan, dan mencakup juga pembangkit diesel dengan tingkat polusi yang rendah yang memiliki kapasitas

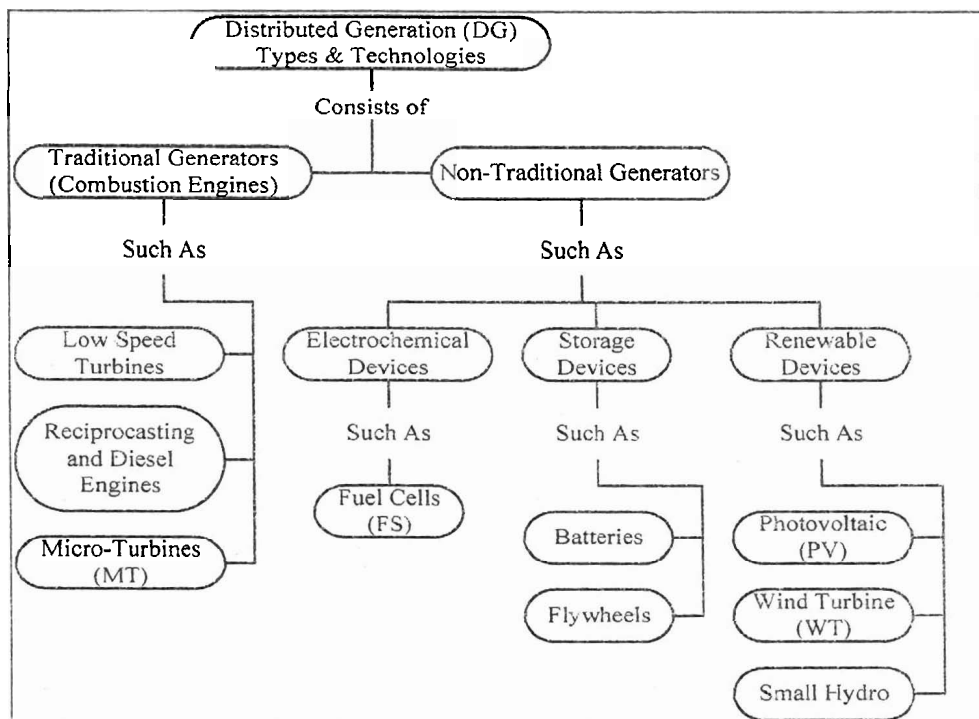
hingga ratusan megawatt. Dari hasil diskusi tersebut juga memberikan definisi yang lainnya yaitu:

- Pembangkit yang dihubungkan pada sistem distribusi.
- Pembangkit yang berlokasi didekat pusat beban.
- Pembangkit diesel yang berfungsi sebagai *emergency* dan *standby*.

Pembangkit yang berkapasitas dari 10 kW sampai dengan 50 MW.

Teknologi dari sebuah pembangkitan tersebar tidak hanya terbatas pada satu bentuk sumber energi tertentu, tetapi dapat terdiri atas bermacam bentuk sumber energi. Perbedaan bentuk sumber energi ini akan ikut menentukan teknologi dari pembangkitan tersebar. Namun demikian terdapat beberapa pendapat peneliti tentang teknologi dari pembangkitan tersebar yaitu :

Barker dan Mello (2000) mengemukakan bahwa pembangkitan tersebar di antaranya termasuk pembangkit berteknologi *photovoltaics*, turbin angin, *fuel cell*, turbin air kapasitas kecil dan mikro, *stirling-engine based generators*, dan *internal combustion engine-generators*.



Gambar 1 Jenis dan teknologi pembangkitan tersebar

Pembangkitan tersebar yang digunakan pada sistem tenaga listrik menurut Gopal dkk (1999) terdiri dari jenis turbin angin, *fuel cell*, sel surya, dan mikro turbin.

Kemudian dari hasil diskusi yang dikumpulkan pada *white paper on distributed generation* (2007) pembangkitan tersebar terdiri dari teknologi seperti *photovoltaics* (PV), *fuel cells*, *small wind turbines*, atau teknologi konvensional seperti *micro turbin* dengan bahan bakar yang dapat diperbaharui.

Kapasitas daya dari sebuah pembangkitan tersebar pada dasarnya merupakan generator dengan daya yang kecil yang ditempatkan pada pusat beban. Namun demikian menurut Knazkins (2004) ukuran dari pembangkitan tersebar yaitu :

1. Pembangkitan tersebar mikro yaitu pembangkit dengan kapasitas daya antara 1 W sampai 5 kW.
2. Pembangkitan tersebar kecil yaitu pembangkit dengan kapasitas daya antara 5 kW sampai 5 MW.
3. Pembangkitan tersebar sedang yaitu pembangkit dengan kapasitas daya antara 5 MW sampai 50 MW.
4. Pembangkitan tersebar besar yaitu pembangkit dengan kapasitas daya antara 50 MW sampai 300 MW.

Pada penelitian ini, pembangkitan tersebar didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik yang berkapasitas kecil, memiliki teknologi yang memanfaatkan sumber daya alam terbarukan seperti turbin berpengerak air kecil dan terhubung pada sistem tenaga listrik tegangan 150 kV.

B. Persamaan Aliran Daya

Persamaan aliran daya dengan program solusi aliran daya metoda Newton-Rapson

$$P_l = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in l}}^n V_l V_m Y_{lm} \cos(\theta_{lm} - \delta_l + \delta_m) \quad (1)$$

$$Q_l = - \sum_{\substack{m=1 \\ m \in l}}^n V_l V_m Y_{lm} \sin(\theta_{lm} - \delta_l + \delta_m) \quad l = 1, 2, 3, \dots, n$$

tetapi $l \neq i, j$ (2)

$$P_i = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in i}}^n V_i V_m Y_{im} \cos(\theta_{im} - \delta_i + \delta_m) + P_{i(inj)} \quad (3)$$

$$Q_i = -\sum_{\substack{m=1 \\ m \in i}}^n V_i V_m Y_{im} \sin(\theta_{im} - \delta_i + \delta_m) + Q_{i(inj)} \quad (4)$$

$$P_j = \sum_{\substack{m=1 \\ m \in j}} V_j V_m Y_{jm} \cos(\theta_{jm} - \delta_j + \delta_m) + P_{j(inj)} \quad (5)$$

$$Q_j = -\sum_{\substack{m=1 \\ m \in j}} V_j V_m Y_{jm} \cos(\theta_{jm} - \delta_j + \delta_m) + Q_{j(inj)} \quad (6)$$

Algoritma untuk menentukan solusi persamaan aliran daya untuk tipe bus-PQ. Matriks Jacobian memberikan pelinierisasian antara perubahan kecil pada sudut fasa $\Delta\delta$ dan besaran ΔV dengan tegangan dengan perubahan kecil pada daya aktif ΔP dan daya reaktif ΔQ yang dievaluasi pada tiap iterasi.

C. Studi hubung singkat

Studi hubung singkat adalah studi yang mempelajari pengaruh arus hubung singkat yang mengalir pada setiap cabang di dalam sistem tenaga listrik sewaktu terjadi gangguan hubung singkat.

Studi hubung singkat merupakan suatu bagian penting dalam analisis sistem tenaga. Hubung singkat dalam sistem tenaga dibagi ke dalam hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat tidak seimbang. Jenis-jenis hubung singkat tidak seimbang adalah hubung singkat satu fasa ke tanah, hubung singkat fasa ke fasa, dan hubung singkat dua fasa ke tanah. Informasi yang diperoleh dari studi hubung singkat digunakan untuk penyetelan dan koordinasi relai. Informasi dari hubung singkat seimbang tiga fasa digunakan untuk memilih dan penyetelan relai fasa, sementara itu

informasi dari hubung singkat fasa ke tanah digunakan untuk relai tanah. Studi hubung singkat juga digunakan untuk memperoleh *rating* dari *protective switchgears*.

1. Komponen simetris

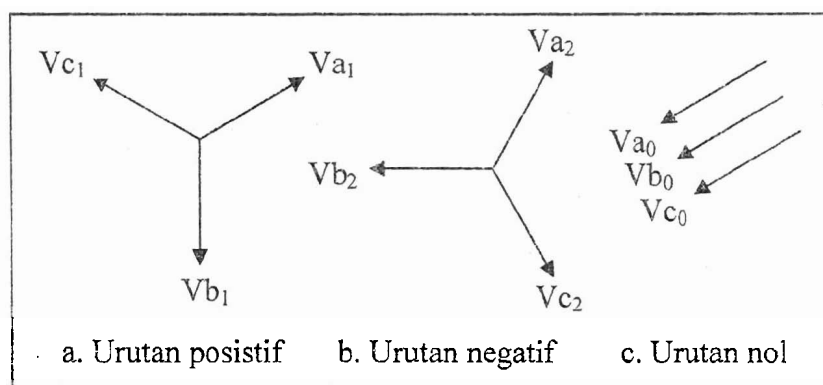
Perhitungan tegangan dan arus pada titik hubung singkat dapat dilakukan apabila sistem sederhana atau seimbang. Apabila sistem tidak seimbang maka digunakan metode komponen simetri untuk menganalisisnya.

Menurut teorema Fortescue, tiga fasor tak seimbang dari sistem tiga fasa yang timbul akibat ketidakseimbangan beban ataupun gangguan lainnya dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang dengan menggunakan komponen simetris (Stevenson, 1994). Komponen simetris tersebut yaitu urutan positif, negatif dan urutan nol. Himpunan komponen seimbang tersebut antara lain:

- a. Komponen urutan positif terdiri dari tiga fasor yang sama besar, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.
- b. Komponen urutan negatif terdiri dari tiga fasor yang sama besar, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor aslinya.
- c. Komponen urutan nol terdiri dari tiga fasor yang sama besar dan dengan pergeseran nol antara fasor yang satu dengan yang lain.

Pemecahan masalah dengan menggunakan komponen simetris bahwa ketiga fasa dari sistem dinyatakan sebagai a , b dan c dengan cara yang demikian sehingga urutan fasa tegangan dan arus dalam sistem adalah abc , sehingga fasa komponen

urutan positif dari fasor tak seimbang itu adalah abc , sedangkan urutan fasa dari komponen urutan negatif adalah acb . Jika fasor aslinya adalah tegangan, maka tegangan tersebut dapat dinyatakan V_a , V_b dan V_c . Komponen urutan positif untuk V_a , V_b dan V_c adalah V_a^1, V_b^1 dan V_c^1 . Demikian pula komponen urutan negatif adalah V_a^2, V_b^2 dan V_c^2 , sedangkan komponen urutan nol adalah V_a^0, V_b^0 dan V_c^0 . Gambar 2 menunjukkan tiga himpunan komponen simetris.



Gambar 2 Representasi komponen simetris

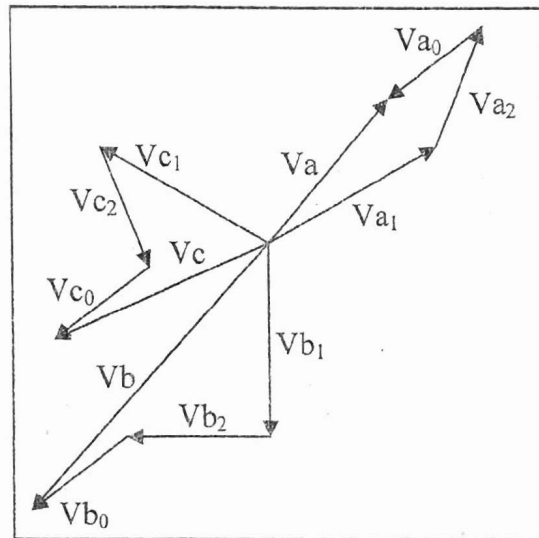
Tegangan tak seimbang setiap fasanya merupakan penjumlahan masing-masing komponen simetris yaitu:

$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \quad (2.1.a)$$

$$V_b = V_b^0 + V_b^1 + V_b^2 \quad (2.1.b)$$

$$V_c = V_c^0 + V_c^1 + V_c^2 \quad (2.1.c)$$

Sintesis himpunan tiga fasor tak seimbang dari ketiga komponen simetris dalam gambar 2 dapat diperlihatkan seperti pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3 Penjumlahan secara grafis untuk mendapatkan fasor tak seimbang

Sintesis tiga fasor tak simetris dari tiga himpunan simetris seperti yang telah ditunjukkan pada gambar 3. Dengan menggunakan operator komponen $a = 1 \angle 120^\circ$, dan berpedoman pada gambar 2 untuk menyatakan V_b dan V_c sebagai hasil kali fungsi operator a dan komponen V_a , maka berlaku hubungan :

$$\begin{aligned}
 V_b^0 &= V_a^0 & V_c^0 &= V_a^0 \\
 V_b^1 &= a^2 V_a^1 & V_c^1 &= a V_a^1 \\
 V_b^2 &= a V_a^2 & V_c^2 &= a^2 V_a^2
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Maka tegangan fasa a yang merupakan referensi untuk fasa lain yaitu :

$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \tag{7.a}$$

$$V_b = V_a^0 + a^2 V_a^1 + a V_a^2 \tag{7.b}$$

$$V_c = V_a^0 + a V_a^1 + a^2 V_a^2 \tag{7.c}$$

Dalam bentuk matrik :

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Dengan memisahkan :

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Sehingga :

$$[A^{-1}] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Dengan mengalikan A^{-1} pada ruas kiri dan ruas kanan persamaan 8 maka diperoleh :

$$\begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (10)$$

Persamaan 10 menunjukkan penguraian tiga fasor tak simetris menjadi komponen simetris, sehingga persamaan 10 dapat ditulis :

$$V_a^0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) \quad (11.a)$$

$$V_a^1 = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c) \quad (11.b)$$

$$V_a^2 = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c) \quad (11.c)$$

Dengan cara yang sama juga berlaku untuk arus :

$$I_a = I_a^0 + I_a^1 + I_a^2 \quad (12.a)$$

$$I_b = I_a^0 + a^2I_a^1 + aI_a^2 \quad (12.b)$$

$$I_c = I_a^0 + aI_a^1 + a^2I_a^2 \quad (12.c)$$

Sehingga arus komponen simetris menjadi :

$$I_a^0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) \quad (13.a)$$

$$I_a^1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) \quad (13.b)$$

$$I_a^2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c) \quad (13.c)$$

Dalam sistem tiga fasa, jumlah arus saluran sama dengan I_n :

$$I_n = I_a + I_b + I_c \quad (14)$$

Dengan membandingkan persamaan 13 dengan persamaan 14 diperoleh :

$$I_n = 3I_a^0 \quad (15)$$

2. Jaringan urutan generator berbeban

Mesin sinkron membangkitkan tegangan internal tiga fasa seimbang dan digambarkan sebagai fasor dalam urutan positif :

$$E^{abc} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} E_a \quad (16)$$

Mesin menyuplai beban tiga fasa seimbang. Dengan memakai hukum Kirchoff tegangan pada setiap fasa didapatkan :

$$V_a = E_a - Z_s I_a - Z_n I_n \quad (17.a)$$

$$V_b = E_b - Z_s I_b - Z_n I_n \quad (17.b)$$

$$V_c = E_c - Z_s I_c - Z_n I_n \quad (17.c)$$

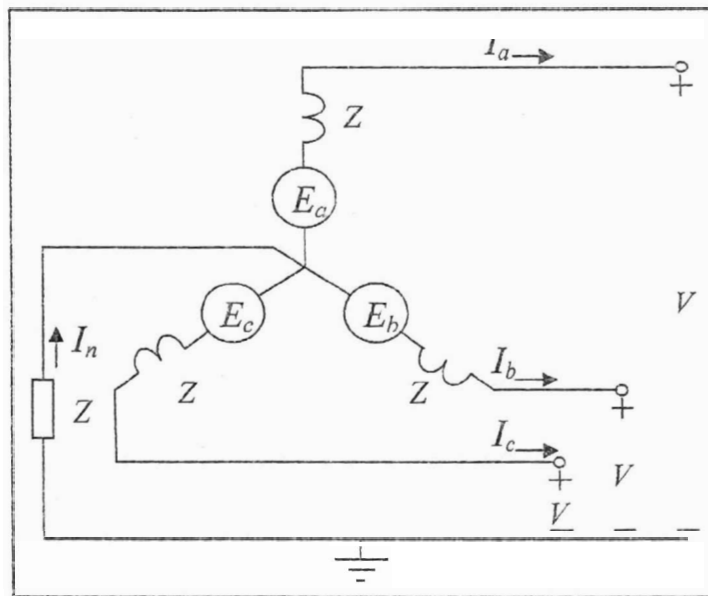
Substitusi $I_n = I_a + I_b + I_c$, maka persamaan di atas dapat ditulis dalam bentuk matrik

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_s + Z_n & Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_s + Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_n & Z_s + Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (18)$$

Dalam bentuk sederhana :

$$V^{abc} = E^{abc} - Z^{abc} I^{abc} \quad (19)$$

Dengan V^{abc} adalah vektor tegangan fasa dan I^{abc} adalah vektor arus fasa.



Gambar 2.8 Beban dan impedansi tiga fasa seimbang

Perubahan fasor tegangan terminal dan arus ke komponen simetris menghasilkan :

$$AV_{\alpha}^{012} = AE_{\alpha}^{012} - Z^{abc} AI_{\alpha}^{012} \quad (20)$$

Persamaan 20 di kalikan dengan A^{-1} diperoleh :

$$V_{\alpha}^{012} = E_{\alpha}^{012} - A^{-1} Z^{abc} AI_{\alpha}^{012} = E_{\alpha}^{012} - Z^{abc} I_{\alpha}^{012} \quad (21)$$

Dengan

$$Z^{012} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_s + Z_n & Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_s + Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_n & Z_s + Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \end{bmatrix}$$

(22)

Penyelesaian perkalian di atas diperoleh :

$$Z^{012} = \begin{bmatrix} Z_s + 3Z_n & 0 & 0 \\ 0 & Z_s & 0 \\ 0 & 0 & Z_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z^2 \end{bmatrix} \quad (23)$$

Pada saat emf yang dibangkitkan seimbang, maka hanya ada tegangan urutan positif, yaitu :

$$E_a^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_a \\ 0 \end{bmatrix} \quad (24)$$

Substitusi E_a^{012} dan Z^{012} ke dalam persamaan 21, diperoleh :

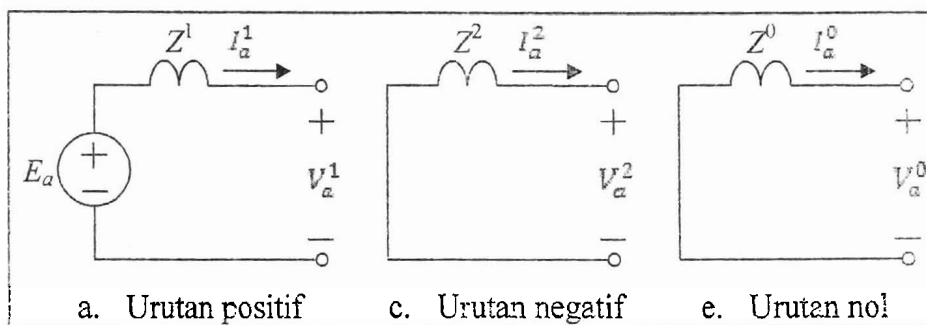
$$\begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_a \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a^0 \\ I_a^1 \\ I_a^2 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Persamaan diatas sangat penting, dapat dituliskan dalam bentuk komponen :

$$V_a^0 = 0 - Z^0 I_a^0 \quad (26.a)$$

$$V_a^1 = E_a - Z^1 I_a^1 \quad (26.b)$$

$$V_a^2 = 0 - Z^2 I_a^2 \quad (26.c)$$



Gambar 4 Jaringan urutan

3. Hubung singkat tiga fasa

Untuk gangguan tiga fasa, batasan keadaan pada titik gangguan adalah:

$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (27)$$

$$V_a = V_b = V_c \quad (28)$$

Asumsikan gangguan terjadi ke tanah, sehingga dari persamaan 26, 31, 28 dan 28

diperoleh :

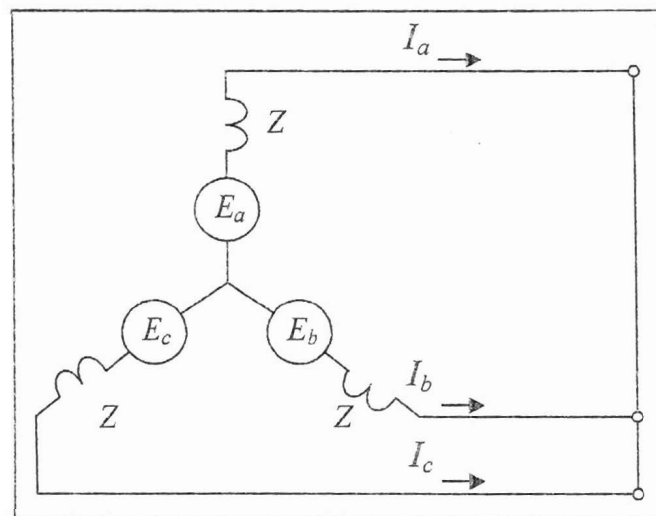
$$V_a^0 = V_a \quad (29.a)$$

$$V_a^1 = 0 \quad (29.b)$$

$$V_a^2 = 0 \quad (29.c)$$

Dan

$$I_a^0 = 0 \quad (30)$$



Gambar 6 Hubung singkat tiga fasa

Substitusi $V_a^2 = 0$ ke dalam persamaan 29.c diperoleh :

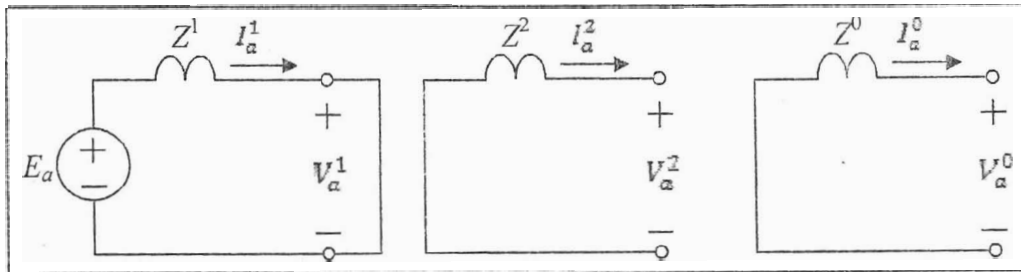
$$I_a^2 = 0 \quad (31)$$

Dan substitusi $V_a^1 = 0$ ke dalam persamaan 29.b diperoleh :

$$0 = E_a - Z^1 I_a^1 \quad (32)$$

Sehingga besarnya gangguan tiga fasa adalah:

$$I_a^1 = \frac{E_a}{Z^1} \quad (33)$$



Gambar 7 Rangkaian ekivalen hubung singkat tiga fasa

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

Mengetahui besarnya arus hubung singkat tiga fasa pada saat puncak, 30 siklus pada sistem transmisi tenaga listrik 150 kV akibat penambahan pembangkitan tersebar.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi ilmu pengetahuan, yaitu dapat menambah wawasan tentang pembangkitan tersebar, khususnya tentang arus gangguan hubung singkat, serta dapat melengkapi hasil penelitian yang ada untuk dikembangkan ke arah yang lainnya.
2. Bagi pembangunan Negara dan Bangsa, yaitu dapat terpenuhinya tenaga listrik untuk seluruh lapisan masyarakat Sumbar Riau.

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

BAB IV METODA PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, perumusan masalah, diteruskan dengan kegiatan penyiapan komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak EDSA dan selanjutnya melalui beberapa tahapan berikut:

1. Membuat diagram segaris sebelum dan sesudah penambahan pembangkitan tersebar. Diagram segaris sistem tenaga listrik 150 kV sebelum penambahan pembangkitan tersebar, dapat dilihat bahwa selain disuplai oleh Gardu Induk yang terletak di pada sistem dibantu oleh sejumlah pembangkit yang ditempatkan pada salah satu Bus. Jumlah pembangkit pada sistem 150 kV sebelum penambahan pembangkitan tersebar.
2. Menentukan kapasitas dan lokasi pembangkitan tersebar berdasarkan potensi sumber daya air yang terdapat di perkampungan. Besaran ini sama dengan tingkat penetrasi 13,23 % dengan menggunakan persamaan 41 berikut:

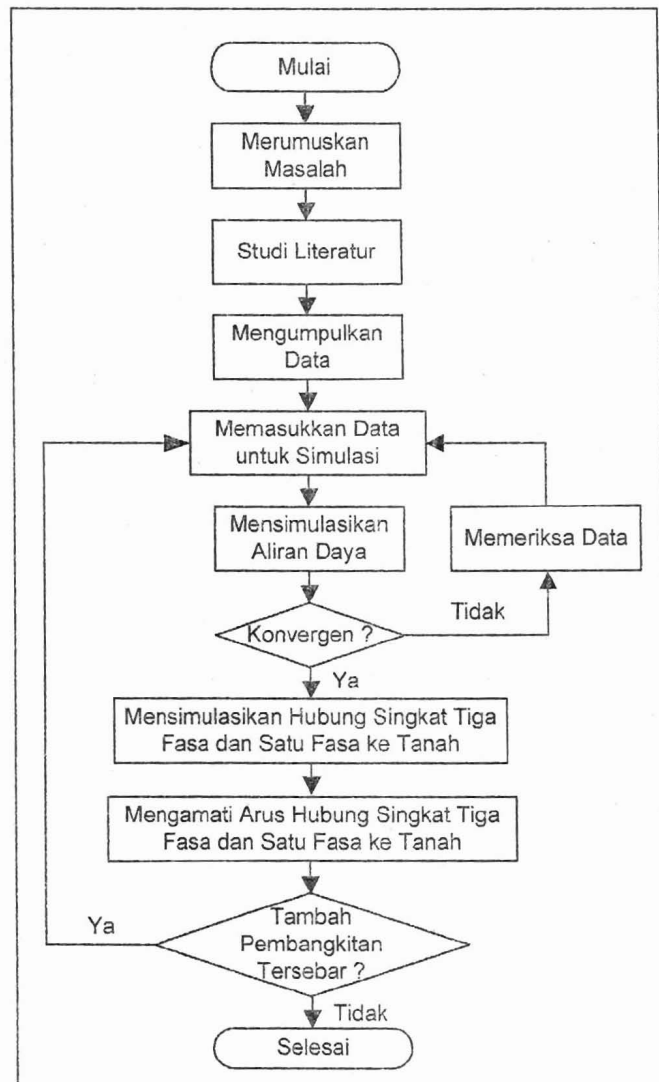
$$PL = \frac{P_{DG}}{P_{Beban\ Puncak}} \times 100\% \quad (41)$$

dengan PL adalah tingkat penetrasi (Knazkins, 2004).

3. Mensimulasikan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik 150 kV untuk mengetahui tegangan dan daya yang dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit pada beban puncak sistem.

4. Mensimulasikan hubung singkat tiga fasa ke tanah pada masing-masing bus secara bergantian satu per satu untuk sistem distribusi tenaga listrik 150 kV sebelum penambahan pembangkitan tersebar.
5. Mensimulasikan hubung singkat tiga fasa ke tanah pada masing-masing bus secara bergantian satu per satu untuk sistem tenaga listrik 150 kV sesudah penambahan pembangkitan tersebar.
6. Mengamati besarnya arus hubung singkat tiga fasa dan arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada saat puncak, $\frac{1}{2}$ siklus, 5 siklus dan 30 siklus untuk sistem sebelum dan sesudah penambahan pembangkitan tersebar.

Dalam bentuk diagram alir dapat ditunjukkan seperti pada gambar 8.



Gambar 8 Diagram alir penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

A. Sistem Tenaga Listrik yang ditinjau

Sistem tenaga listrik yang di tinjau adalah sistem tenaga listrik di Sumatera Barat - Riau, sistem ini terdiri dari beberapa pusat pembangkit yaitu :

Maninjau dengan kapasitas pembangkit sebesar 68 MW

Koto Panjang dengan kapasitas pembangkit sebesar 114 MW

Singkarak dengan kapasitas pembangkit sebesar 175 MW

Ombilin dengan kapasitas pembangkit sebesar 200 MW

Tampak Sirih dengan kapasitas pembangkit sebesar 200 MW

Total kapasitas daya terpasang sebesar 757 MW melayani beban sebesar 451.200 MW melalui transmisi sepanjang 851,282 km (data pada Juli 2007).

Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat – Riau dapat dilihat pada diagram satu garis pada gambar pada lampiran 3.

B. Data Pembangkit dan Beban

Data-data pembangkit dan data beban dapat dilihat dari table 1

Tabel 1. Data pembangkit pada sistem tenaga listrik
Sumatera Barat – Riau

No	Lokasi	Unit generato r	Kapasitas (MW)
1	Maninjau	G1	17
		G2	17
		G3	17
		G4	17
2	Koto Panjang	G5	38
		G6	38

		G7	38
3	Singkarak	G8	43.750
		G9	43.750
		G10	43.750
		G11	43.750
4	Ombilin	G12	100
		G13	100
5	Teluk Sirih	G14	100
		G15	100
Jumlah			757

C. Data-data beban sistem tenaga listrik Sumatera Barat - Riau

Data beban pada table 2 menunjukkan sistem pembangkit tenaga listrik Sumatera Barat - Riau.

Tabel 2. data beban sistem pembangkit tenaga listrik Sumatera Barat - Riau

NO	PUSAT BEBAN	BEBAN
		MW
1	Maninjau	34,00
2	Lubuk Alung	27,50
3	Pauh Limo	23,20
4	Simpang Haru	56,60
5	PIP	20,00
6	Indarung	79,00
7	Solok	16,100
8	Salak	12,00
9	Batusangkar	9,70
10	Payakumbuh	15,80
11	Koto panjang	10,80
12	Bengkinang	12,00
13	Garuda sakti	56,70
14	Teluk lembu	45,20
15	Duri /Dumai	43,20
16	Kiliranjao	16,40
17	Padang Luar	28,10
	Jumlah	506,30

D. Data Impedansi saluran sistem pembangkit Sumatera Barat Riau

Data impedansi system tenaga listrik Sumbar Riau dapat dilihat pada table 3 di bawah :

Tabel 3. Data impedansi saluran transmisi Sumatera Barat Riau

No	RUTE		P(Km)	IMPEDANSI				Y/2 (PU)
	DARI	KE		R1	JX1	R0	JX0	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ombilin	Indarung	63,951	7,544	27,114	39,777	116,0690	0,01746
2	Ombilin	Salak	2,417	0,286	1,026	1,558	4,3750	0,00086
3	Salak	Solok	27,480	3,266	12,851	17,092	49,8760	0,00854
4	Solok	Indarung	34,054	4,019	14,851	19,850	62,3790	0,00930
6	Indarung	Pauh Limo	6,660	0,738	14,369	4,369	12,0213	0,00262
7	Pauh Limo	Spang Haru	7,000	0,820	2,823	4,364	12,6210	0,00239
8	Pauh Limo	LB Alung	33,700	3,975	2,968	20,961	61,1655	0,01047
9	Pauh Limo	PI Padang	20,000	2,000	14,288	11,660	36,6400	0,00273
11	PI Padang	LB Alung	13,700	1,666	8,480	7,987	25,0984	-
13	LB Alung	Singkarak	12,000	1,020	5,808	6,660	21,8760	0,00331
14	LB Alung	Maninjau	56,700	6,600	4,980	33,056	103,8744	0,01548
15	Maninjau	Pdg Luar	42,000	1,020	24,040	13,818	52,4580	0,01435
16	Pdg Luar	Payakumbuh	32,000	6,609	17,136	10,528	39,9680	0,01093
17	Payakumbuh	Btg Agam	15,000	4,950	13,056	9,955	34,6310	0,00007
18	Payakumbuh	Koto Pnjang	85,100	3,770	4,931	46,972	155,7330	0,02247
19	Ombilin	Batusangkar	32,610	2,230	35,061	10,042	40,6270	0,01095
20	Batusangkar	Payakumbuh	26,110	7,266	12,911	8,040	32,5280	0,00877
21	Bengkinang	Grd Sakti	46,800	2,775	18,860	28,407	83,9592	0,18650
22	Grd Sakti	Duri Dumai	117,00	13,800	49,140	65,403	205,5690	0,01531
23	Grd Sakti	Tlk Lembu	23,000	1,540	9,269	13,984	41,2620	0,00458
24	Ombilin	Kiliranjao	154,00	3,255	2,968	20,961	61,1655	0,01047

E. Hasil Simulasi Penelitian

1. Aliran daya sebelum penambahan pembangkitan tersebar

Hasil simulasi aliran daya untuk sistem transmisi Sumbar-Riau 150 KV bus Singkarak sebelum penambahan pembangkit tersebar, diperoleh Swing Bus menyuplai daya aktif 90,67 MW dan daya reaktif 72,39 MVAR. Selengkapnya aliran daya untuk sistem transmisi Sumbar Riau 150 KV sebelum penambahan pembangkit tersebar dapat dilihat dalam lampiran 1.

2. Aliran daya setelah penambahan pembangkitan tersebar

Untuk hasil simulasi aliran daya untuk sistem transmisi Sumbar-Riau 150 KV bus Singkarak setelah penambahan pembangkit tersebar, diperoleh Swing Bus menyuplai daya aktif 90,67 MW dan daya reaktif 72,39 MVAR. Selengkapnya aliran daya untuk sistem transmisi Sumbar Riau 150 KV sebelum penambahan pembangkit tersebar dapat dilihat dalam lampiran 2.

3. Hubung singkat tiga fasa sebelum penambahan pembangkit tersebar

Hasil simulasi hubung singkat tiga fasa pada sistem tenaga Sumbar-Riau dengan tegangan transmisi 150 KV, sebelum penambahan pembangkit tersebar dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Arus hubung singkat tiga fasa sebelum penambahan pembangkit tersebar

Bus Name	Pre-Flt		Puncak	X/R	Thevenin
	Cd	V	A	Ratio	Z+ (pu)
Batusangkar		150000	3022	197.48	0.127
Bengkinang		150000	2888	180.56	0.133
Btg Agam		150000	3016	199.15	0.128
Duri		150000	2821	16.441	0.136
Garuda Sakti		150000	2881	108.72	0.134
Indarung		150000	3007	177.60	0.128
Kiliranjao		150000	2285	32.944	0.168
Koto Panjang		150000	2900	206.20	0.133
Lubuk Alung		150000	3018	189.19	0.128
Maninjau		150000	2982	133.17	0.129
Ombilin		150000	3009	204.26	0.128
Padang Luar		150000	2993	146.97	0.129
Pauh 5		150000	3008	178.39	0.128
Pauh limo	GS	150000	3008	178.39	0.128
Payakumbuh		150000	3016	199.15	0.128
PI Padang		150000	3012	178.96	0.128
PLTA Btg Agam		150000	3016	199.15	0.128

PLTA Koto Panjang	GS	150000	2900	206.20	0.133
PLTA Maninjau	GS	150000	2982	133.15	0.129
PLTA Singkarak	GS	150000	3021	184.75	0.127
PLTG Tl Lembu		150000	2881	108.72	0.134
PLTG TL Lembu		150000	2881	108.72	0.134
PLTU Ombilin	GS	150000	3009	204.26	0.128
Salak		150000	3009	203.77	0.128
Singkarak		150000	3021	184.76	0.127
Solok		150000	2997	168.04	0.128

4. Hubung singkat tiga fasa setelah penambahan pembangkit tersebar

Hasil simulasi hubung singkat tiga fasa pada sistem tenaga Sumbar-Riau dengan tegangan transmisi 150 KV, sebelum penambahan pembangkit tersebar dapat dilihat pada tabel 5.

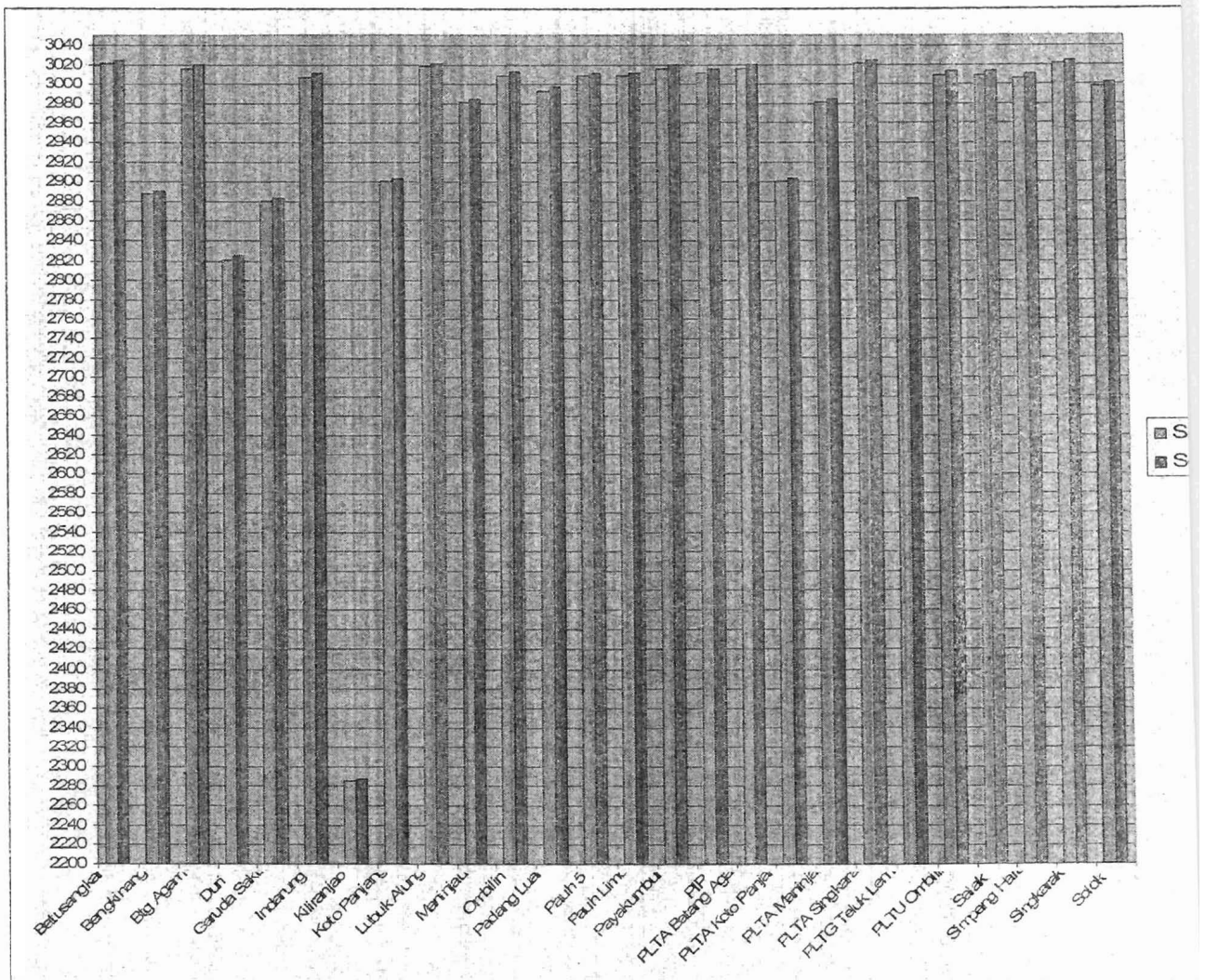
Tabel 5. Arus hubung singkat tiga fasa sebelum penambahan pembangkit tersebar

Bus Name	Pre-Flt		Puncak	X/R	Thevenin
	Cd	V	A	Ratio	Z+ (pu)
Batusangkar		150000	3025	197.32	0.127
Bengkinang		150000	2891	180.39	0.133
Btg Agam		150000	3020	198.94	0.127
Duri		150000	2825	16.423	0.136
Garuda Sakti		150000	2884	108.61	0.133
Indarung		150000	3011	177.71	0.128
Kiliranjao		150000	2287	32.915	0.168
Koto Panjang		150000	2904	206.01	0.133
Lubuk Alung		150000	3022	189.24	0.127
Maninjau		150000	2985	133.04	0.129
Ombilin		150000	3013	204.17	0.128
Padang Luar		150000	2997	146.82	0.128
Pauh 5		150000	3012	178.49	0.128
Pauh limo	GS	150000	3012	178.49	0.128
Payakumbuh		150000	3020	198.94	0.127

PI Padang		150000	3016	179.02	0.128
PLTA Btg Agam		150000	3020	198.94	0.127
PLTA Koto Panjang	GS	150000	2904	206.01	0.133
PLTA Maninjau	GS	150000	2985	133.02	0.129
PLTA Singkarak	GS	150000	3025	184.79	0.127
PLTG Tl Lembu		150000	2884	108.61	0.133
PLTG TL Lembu		150000	2884	108.61	0.133
PLTU Ombilin	GS	150000	3013	204.17	0.128
PLTU Teluk sirih	GS	150000	3011	177.71	0.128
Salak		150000	3013	203.68	0.128
Singkarak		150000	3025	184.79	0.127
Solok		150000	3001	168.01	0.128

5. Pembahasan hubung singkat tiga fasa sebelum dan setelah penambahan pembangkit tersebar.

Penambahan pembangkit tersebar sistem tenaga listrik Sumbar Riau di bus Indarung, yaitu memasukan pembangkit PLTU Teluk sirih sebesar 50 MW di bus Indarung. Data hasil simulasi sebelum dan sesudah penambahan dapat dilihat pada grafik 6.



Grafik 6. Arus hubung singkat tiga fasa sebelum dan sesudah penambahan pembangkit tersebar.

Tabel dan grafik hasil simulasi menunjukkan penambahan pembangkit tersebar pada sistem Sumbar Riau dapat mengakibatkan peningkatan arus hubung singkat tiga fasa saat beban puncak, 30 siklus. Peningkatan arus terjadi pada semua bus dan peningkatan arus antara 2 amper sampai dengan 4 amper. Bus Indarung yang merupakan bus yang terhubung dengan pembangkit tersebar mengalami kenaikan arus hubung singkat sebesar 4 amper dan bus yang terendah mengalami peningkatan

arus adalah bus Kiliranjao yaitu sebesar 2 amper. Hal ini disebabkan oleh bus Kiliranjao merupakan bus beban yang terhubung dengan bus ombilin dan bebannya yang kecil.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.

1. Penambahan pembangkit tersebar pada system tenaga listrik 150 KV Sumbar-Riau mengakibatkan bertambahnya arus hubung singkat tiga fasa saat beban puncak sebesar 2 amper sampai dengan 4 amper amper saat 30 siklus setiap bus mengalami gangguan.
2. Kenaikan arus hubung singkat tiga fasa terendah terjadi pada bus Kiliranjao yang merupakan bus terbuka.

B. Saran

Penelitian ini hanya mencakup pada studi hubung singkat, sehingga penelitian ini dapat dilanjutkan dan dikembangkan untuk studi-studi lain, seperti : studi stabilitas dan studi ekonomis pembangkitan tersebar.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelopoulos, K., 2004, "Integration of Distributed Generation in Low Voltage Networks: Power Quality and Economics", Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde in Glaslow, Glasgow.
- Barker, P.P. and Mello, R.W., 2000, "Determining the Impact of Distributed Generation on Power System: Part 1 – Radial Distribution Systems", IEEE, Vol. 3 , pp 1645 – 1656.
- Gopal, J., Grau, J., O'Neill, E., 1999, "Energy Commission Staff Distributed Energy Resources Training Seminar", California Energy Commission, Sacramento.
- IEEE Standard 242-2001, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems".
- Jenkins N., Allan R., Crossley P., Kirschen D., and Strbac G., 2000, "Embedded Generation", IEE Power and Energy series 31, London, United Kingdom.
- Knazkins, V., 2004, "Stability of Power Systems with Large Amounts of Distributed Generation", KTH Institution, Stockholm, Sweden.
- Purwanto, W.W., dkk., 2006, "Indonesia Energy Outlook and Statistics 2006", Pengkajian Energi Universitas Indonesia, Depok.
- Saadat, H., 1999, "Power System Analysis", McGraw-Hill Book Company, New York.
- Stevenson, W.D., and Grainger, J.J., 1994, "Power System analysis". McGraw-Hill Book Company, New York.

EDSA Advanced Power Flow Program V5.50.00

=====

ct No. : T1	Page : 1
ct Name: Tersebar	Date : 07/19/2010
ng No. : 1	Time : 08:07:12 am
ion No.: 0	Company : Teknik Elektro FT-UNP
le Name: tersebar	Engineer : Oriza Candra
rio : 1 -	Check by :
	Date :

Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
 r Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

Bus Result

=====

Bus Info & Sys kV			Voltage		Generation		Static Load		Motor Load		Load Flow		
Name	Type	KV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	To Bus Name	C#	MW
Singkarak 447 78.1	Swing	150.00	100.00	0.0	90.67	72.39	0.00	0.00	0.00	0.00	Singkarak	1	90.67
Koto Panjan 441 100.0	Gen	150.00	99.60	-0.5	114.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	Koto Panjang	1	114.00
Maninjau 175 83.6	Gen	150.00	100.00	-0.0	38.00	24.90	0.00	0.00	0.00	0.00	Maninjau	1	38.00
Ombilin 770 100.0	Gen	150.00	100.00	0.1	200.00	-6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	Ombilin	1	200.00
limo 247 100.0	Gen	150.00	99.95	-0.0	64.08	-0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	Pauh 5	1	64.08
angkar 337 99.6	P_Load	150.00	99.98	0.0	0.00	0.00	9.70	5.20	0.00	0.00	Ombilin	1	-87.20
											Payakumbuh	1	86.60
											Singkarak	1	-9.12
5 inang 489 99.8	P_Load	150.00	99.58	-0.5	0.00	0.00	12.50	6.50	0.00	0.00	Garuda Sakti	1	126.34
											Koto Panjang	1	-138.84
6 gam 0 0.0	None	150.00	99.93	-0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	PLTA Btg Agam	1	0.00
											Payakumbuh	1	0.00
	P_Load	150.00	99.12	-0.5	0.00	0.00	43.20	12.20	0.00	0.00	Garuda Sakti	1	-43.20
0 a Sakti 489 99.8	P_Load	150.00	99.48	-0.5	0.00	0.00	56.70	5.50	0.00	0.00	Bengkinang	1	-126.23
											Duri	1	43.36
											TL Lembu	1	45.20
											PLTG TL Lembu	1	0.00
											Koto Panjang	1	-19.03
1 ng 0 0.0	P_Load	150.00	99.95	-0.0	0.00	0.00	79.00	6.00	0.00	0.00	PLTU Teluk sirih	1	0.00

cumbuh	P_Load	150.00	99.93	-0.0	0.00	0.00	15.80	7.50	0.00	0.00	Batusangkar	1	-86.58	
07 344	96.9													
0	0.0										Btg Agam	1	0.00	
234	92.2										Koto Panjang	1	54.70	
69	88.7										Padang Luar	1	16.08	
329	100.0	P_Load	150.00	100.00	0.1	0.00	0.00	12.00	6.50	0.00	0.00	Ombilin	1	-85.46
284	99.6											Solok	1	73.46
ng Haru	P_Load	150.00	99.95	-0.0	0.00	0.00	56.60	4.80	0.00	0.00	Pauh 5	1	-56.60	
219	99.6											PLTD Simpng Haru	1	0.00
0	0.0													
arak	None	150.00	100.00	-0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	PLTA Singkarak	1	-90.67
9 447	78.1													
348	90.2											Lubuk Alung	1	81.55

EDSA

3-Phase Short Circuit v5.50.00

Project No.:	T1	Page	: 1
Project Name:	Tersebar	Date	: 07/19/2010
Title	:	Time	: 08:10:21AM
Drawing No.:	1	Company	: Teknik Elektro FT-UNP
Revision No.:	0	Engineer	: Oriza Candra
JobFile Name:	TERSEBAR	Check by	:
Scenario	: 1:	CheckDate:	:
Base kVA	: 100000	Cyc/Sec	: 50

Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
Sumbar Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

System Summary

Total Number of Busses	:	30
Total Number of Activate Busses	:	30
Total Number of Branches	:	34
Number of Active Sources	:	5
Number of Active Motors	:	0
Number of ZigZag Busses	:	0
Number of Transformers	:	0
Number of Active Islands	:	1
Reference Temperature (°C)	:	25.0

Calculation Options

Calculating Faults : at All Buses or Mult-Buses
Classical Calculation
Complex Z for X/R and Fault Current

Prefault Voltages : Use System Voltage
Base Voltages : Adjusted by Tap/Turn Ratio

EDSA

3-Phase Short Circuit v5.50.00

Project No.:	T1	Page	: 2
Project Name:	Tersebar	Date	: 07/19/2010
Title	:	Time	: 08:10:21AM
Drawing No.:	1	Company	: Teknik Elektro FT-UNP
Revision No.:	0	Engineer	: Oriza Candra
JobFile Name:	TERSEBAR	Check by	:
Scenario	: 1:	CheckDate	:
Base kVA	: 100000	Cyc/Sec	: 50

 Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
 Sumbang Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

 Bus Results: 30 Cycle -- 3 Phase Faults

Bus Name	Cd	Pre-Flt V	Isym A	X/R Ratio	Thevenin Z+(pu)
Batusangkar		150000	3022	197.48	0.127
Bengkinang		150000	2888	180.56	0.133
Btg Agam		150000	3016	199.15	0.128
Duri		150000	2821	16.441	0.136
Garuda Sakti		150000	2881	108.72	0.134
Indarung		150000	3007	177.60	0.128
Kiliranjau		150000	2285	32.944	0.168
Koto Panjang		150000	2900	206.20	0.133
Lubuk Alung		150000	3018	189.19	0.128
Maninjau		150000	2982	133.17	0.129
Ombilin		150000	3009	204.26	0.128
Padang Luar		150000	2993	146.97	0.129
Pauh 5		150000	3008	178.39	0.128
Pauh limo	GS	150000	3008	178.39	0.128
Payakumbuh		150000	3016	199.15	0.128
PI Padang		150000	3012	178.96	0.128
PLTA Btg Agam		150000	3016	199.15	0.128
PLTA Koto Panjang	GS	150000	2900	206.20	0.133
PLTA Maninjau	GS	150000	2982	133.15	0.129
PLTA Singkarak	GS	150000	3021	184.75	0.127
PLTD Simpang Haru		150000	3006	172.49	0.128
PLTG Tl Lembu		150000	2881	108.72	0.134
PLTG TL Lembu		150000	2881	108.72	0.134
PLTU Ombilin	GS	150000	3009	204.26	0.128
Salak		150000	3009	203.77	0.128
Simpang Haru		150000	3006	172.50	0.128
Singkarak		150000	3021	184.76	0.127
Solok		150000	2997	168.04	0.128

EDSA

3-Phase Short Circuit v5.50.00

Project No.:	T1	Page	: 3
Project Name:	Tersebar	Date	: 07/19/2010
Title	:	Time	: 08:10:21AM
Drawing No.:	1	Company	: Teknik Elektro FT-UNP
Revision No.:	0	Engineer	: Oriza Candra
JobFile Name:	TERSEBAR	Check by	:
Scenario	: 1:	CheckDate:	
Base kVA	: 100000	Cyc/Sec	: 50

Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
Sumbar Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

Bus Results: 30 Cycle -- 3 Phase Faults

Bus Name	Pre-Flt Cd	V	Isym A	X/R Ratio	Thevenin Z+(pu)
TL Lembu		150000	2860	97.271	0.135

Lampiran 4

EDSA

3-Phase Short Circuit v5.50.00

Project No.:	T1	Page	: 1
Project Name:	Tersebar	Date	: 07/19/2010
Title	:	Time	: 08:11:26AM
Drawing No.:	1	Company	: Teknik Elektro FT-UNP
Revision No.:	0	Engineer	: Oriza Candra
JobFile Name:	TERSEBAR	Check by	:
Scenario	: 1:	CheckDate	:
Base kVA	: 100000	Cyc/Sec	: 50

Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
Sumbar Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

System Summary

Total Number of Busses	:	30
Total Number of Activate Busses	:	30
Total Number of Branches	:	34
Number of Active Sources	:	6
Number of Active Motors	:	0
Number of ZigZag Busses	:	0
Number of Transformers	:	0
Number of Active Islands	:	1
Reference Temperature (°C)	:	25.0

Calculation Options

Calculating Faults : at All Buses or Mult-Buses
Classical Calculation
Complex Z for X/R and Fault Current

Prefault Voltages : Use System Voltage
Base Voltages : Adjusted by Tap/Turn Ratio

EDSA

3-Phase Short Circuit v5.50.00

Project No.:	T1	Page	: 2
Project Name:	Tersebar	Date	: 07/19/2010
Title	:	Time	: 08:11:26AM
Drawing No.:	1	Company	: Teknik Elektro FT-UNP
Revision No.:	0	Engineer	: Oriza Candra
JobFile Name:	TERSEBAR	Check by	:
Scenario	: 1:	CheckDate:	
Base kVA	: 100000	Cyc/Sec	: 50

 Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
 Sumbar Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

 Bus Results: 30 Cycle -- 3 Phase Faults

Bus Name	Cd	Pre-Flt V	Isym A	X/R Ratio	Thevenin Z+(pu)
Batusangkar		150000	3025	197.32	0.127
Bengkinang		150000	2891	180.39	0.133
Btg Agam		150000	3020	198.94	0.127
Duri		150000	2825	16.423	0.136
Garuda Sakti		150000	2884	108.61	0.133
Indarung		150000	3011	177.71	0.128
Kiliranjao		150000	2287	32.915	0.168
Koto Panjang		150000	2904	206.01	0.133
Lubuk Alung		150000	3022	189.24	0.127
Maninjau		150000	2985	133.04	0.129
Ombilin		150000	3013	204.17	0.128
Padang Luar		150000	2997	146.82	0.128
Pauh 5		150000	3012	178.49	0.128
Pauh limo	GS	150000	3012	178.49	0.128
Payakumbuh		150000	3020	198.94	0.127
PI Padang		150000	3016	179.02	0.128
PLTA Btg Agam		150000	3020	198.94	0.127
PLTA Koto Panjang	GS	150000	2904	206.01	0.133
PLTA Maninjau	GS	150000	2985	133.02	0.129
PLTA Singkarak	GS	150000	3025	184.79	0.127
PLTD Simpang Haru		150000	3010	172.58	0.128
PLTG Tl Lembu		150000	2884	108.61	0.133
PLTG TL Lembu		150000	2884	108.61	0.133
PLTU Ombilin	GS	150000	3013	204.17	0.128
PLTU Teluk sirih	GS	150000	3011	177.71	0.128
Salak		150000	3013	203.68	0.128
Simpang Haru		150000	3010	172.59	0.128
Singkarak		150000	3025	184.79	0.127
Solok		150000	3001	168.01	0.128

EDSA

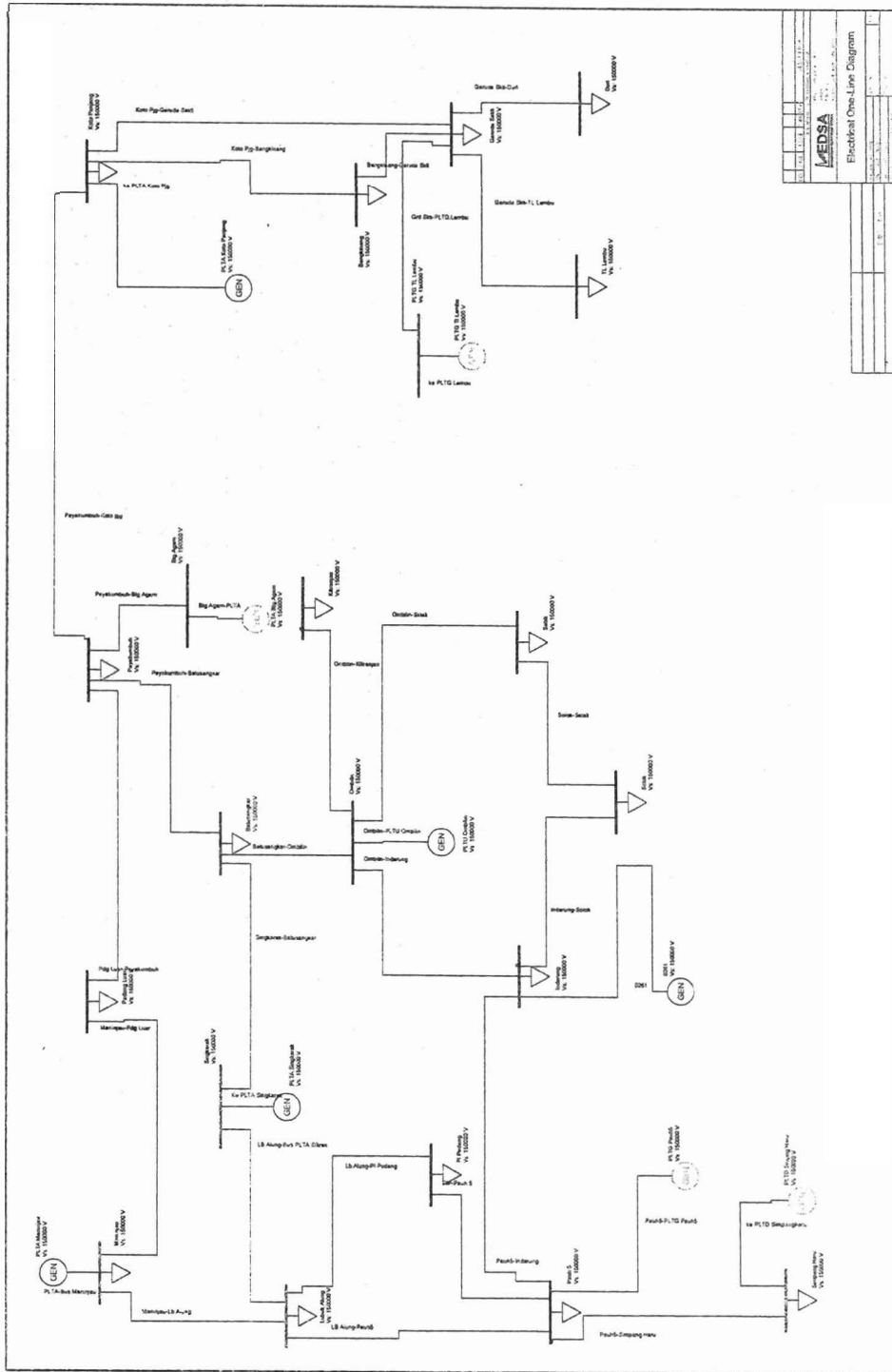
3-Phase Short Circuit v5.50.00

Project No.:	T1	Page	: 3
Project Name:	Tersebar	Date	: 07/19/2010
Title	:	Time	: 08:11:26AM
Drawing No.:	1	Company	: Teknik Elektro FT-UNP
Revision No.:	0	Engineer	: Oriza Candra
JobFile Name:	TERSEBAR	Check by	:
Scenario	: 1:	CheckDate:	
Base kVA	: 100000	Cyc/Sec	: 50

Studi Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik
Sumbar Riau Akibat Penambahan Pembangkit Tersebar

Bus Results: 30 Cycle -- 3 Phase Faults

Bus Name	Pre-Flt Cd	V	Isym A	X/R Ratio	Thevenin Z+(pu)
TL Lembu		150000	2863	97.172	0.134



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG