

NASKAH PUBLIKASI

**ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TIGA FASE PADA
SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 13 BUS DENGAN
MENGUNAKAN PROGRAM *ETAP POWER STATION 7.0***



Diajukan oleh:

FAJAR WIDIANTO

D 400 100 060

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2014

LEMBAR PENGESAHAN

Karya ilmiah dengan judul “ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TIGA FASE PADA SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 13 BUS DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *ETAP POWER STATION 7.0*” ini diajukan oleh :

Nama : Fajar Widianto

NIM : D400 100 060

Guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Strata-Satu (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 15 juli 2014

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Agus Supardi, ST, MT)



(Aris Budiman, ST, MT.)

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TIGA FASE PADA SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 13 BUS DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ETAP POWER STATION 7.0

Fajar Widiyanto
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani tromol pos 1 pabelan kartasura surakarta
widiantofajar@gmail.com

ABSTRAKSI

Gangguan hubung singkat sering terjadi pada operasi sistem tenaga listrik yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan distribusi hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi sehingga akan berpengaruh pada parameter – parameter yang ada pada sistem distribusi. Analisis ini bertujuan menghitung nilai gangguan hubung singkat untuk ditentukan nilai kapasitas circuit breaker sebagai pengaman ketika suatu sistem terjadi gangguan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis arus hubung singkat tiga fase pada sistem distribusi standard IEEE 13 bus dengan menggunakan ETAP Power Station 7.0. Penelitian dilakukan dengan membuat model sistem distribusi standar 13 bus dengan menggunakan ETAP Power Station 7.0. Data-data sistem yang diperlukan kemudian dimasukkan ke dalam model tersebut. Setelah modelnya lengkap kemudian dilakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sempurna atau belum. Kemudian ditentukan lokasi yang akan terjadi gangguan hubung singkat tiga fase, dalam hal ini lokasi hubung singkat dilakukan pada masing masing bus yang berada pada sistem tiga fase, antara lain pada bus 632, bus 633, bus 634, bus 671, bus 692, bus 675.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa gangguan hubung singkat tiga fase jika semakin jauh bus tersebut dari power grid, maka impedansi salurannya akan semakin besar. Semakin besar impedansi salurannya maka arus hubung singkat tiga fase akan semakin kecil, juga didapat hasil bahwa arus gangguan terbesar terjadi pada bus 634 dengan nilai gangguan 20157.00 ampere karena berada pada tegangan yang berbeda yaitu berada pada tegangan 0.48 kV dari trafo gardu induk yang di suplai dari bus 633 dari tegangan dasar sebesar 4.16 kV.

Kata kunci : *Hubung singkat tiga fase, Sistem distribusi 13 bus, ETAP Power Station 7.0*

1. Pendahuluan

Sistem Tenaga Listrik terdiri dari beberapa sub sistem, yaitu Pembangkitan, Transmisi, dan Distribusi. Tenaga listrik disalurkan ke masyarakat melalui jaringan distribusi. Jaringan distribusi merupakan

bagian jaringan listrik yang paling dekat dengan masyarakat. Jaringan distribusi dikelompokkan menjadi dua, yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

Pada operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan - gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen, atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya.

Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan distribusi hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standart ANSI/IEEE Std. 100-1992.. Mengatasi gangguan tersebut, perlu dilakukan analisis hubung singkat sehingga sistem proteksi yang tepat pada Sistem Tenaga Listrik dapat ditentukan. Analisis hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang di dalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, trafo tenaga atau dari pembangkit) sewaktu gangguan hubung

singkat yang mungkin terjadi di dalam system tenaga listrik.

Sistem proteksi memegang peranan penting dalam kelangsungan dan keamanan terhadap penyaluran daya listrik. Pengamanan pada jaringan transmisi perlu mendapat perhatian yang serius dalam setiap perencanaannya. Sistem transmisi memiliki parameter-parameter dan keadaan sistem yang berubah secara terus menerus, sehingga strategi pengamanannya harus disesuaikan dengan perubahan dinamis dalam hal desain dan pengaturan peralatannya. Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kemungkinan kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan, misalnya gangguan dari alam atau akibat rusaknya peralatan secara tiba-tiba, melokalisasi daerah-daerah sistem yang mengalami gangguan sekecil mungkin, dan mengusahakan secepat mungkin untuk mengatasi gangguan yang terjadi di daerah tersebut, sehingga stabilitas sistemnya dapat terpelihara, dan juga untuk mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik. CB (*Circuit Breaker*) atau biasa juga disebut PMT (pemutus tenaga) merupakan salah satu bagian penting dalam sistem pengamanan jaringan transmisi yang digunakan untuk memutuskan arus beban apabila sedang terjadi gangguan seperti kondisi hubung singkat, untuk mencegah meluasnya gangguan ke jaringan yang lain.

2. Metode Penelitian

2.1 Jadwal Penelitian

Waktu penelitian dan pembuatan laporan dengan judul analisis hubung singkat tiga fase *line to line* pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus dengan menggunakan program *ETAP Power Station 7.0*

2.2 Tahap Studi Literatur

Studi literatur merupakan kajian penulis yang berasal dari referensi-referensi dari jurnal penelitian, karya ilmiah dan buku-

buku yang berhubungan dengan pembuatan laporan penelitian.

2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis dibantu mendapatkan data *single line diagram* sistem distribusi standar IEEE 13 bus, data saluran, data beban, dan data kapasitas kapasitor dari dosen pembimbing yang sebelumnya konsultasi masalah judul tugas akhir yang dibutuhkan penulis.

2.4 Tahap Pengolahan Data

Simulasi dan analisa menggunakan software *ETAP Power Station 7.0* terhadap data yang ada :

1. Memasukkan nilai-nilai kedalam tampilan perangkat editor *ETAP Power Station 7.0* berupa nilai resistansi reaktansi saluran distribusi, kapasitas kapasitor, panjang kabel penampang dan besar ukuran kabel penampang, dan data beban.
2. Menganalisis hasil simulasi arus hubung singkat tiga fase pada software *ETAP Power Station 7.0* pada bus yang di tentukan
3. Menganalisis gangguan hubung singkat tiga fase pada perhitungan manual
4. Membandingkan hasil perhitungan pada software *ETAP Power Station 7.0* dengan perhitungan manual.
5. Menentukan kapasitas *CB* (*Circuit Breaker*) pada masing – masing jaringan.
6. Membuat kesimpulan

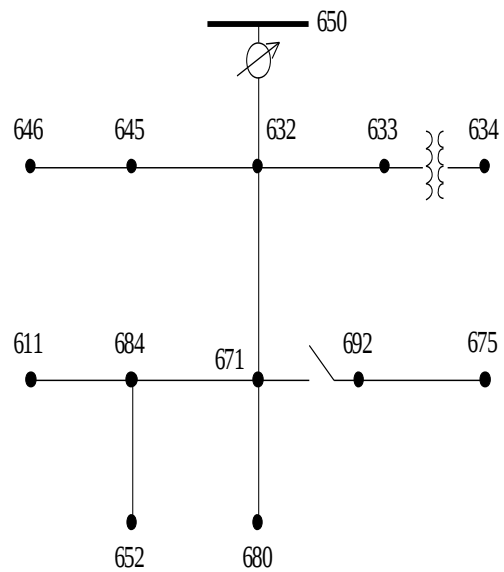
2.5 Peralatan yang dipakai

1. Perangkat Komputer dan Perangkat Lunak

Bahan perlengkapan untuk mendukung penelitian ini adalah perangkat keras laptop untuk menjalankan *ETAP Power Station 7.0*, software *ETAP power station 7.0*, kalkulator sebagai alat bantu perhitungan manual.

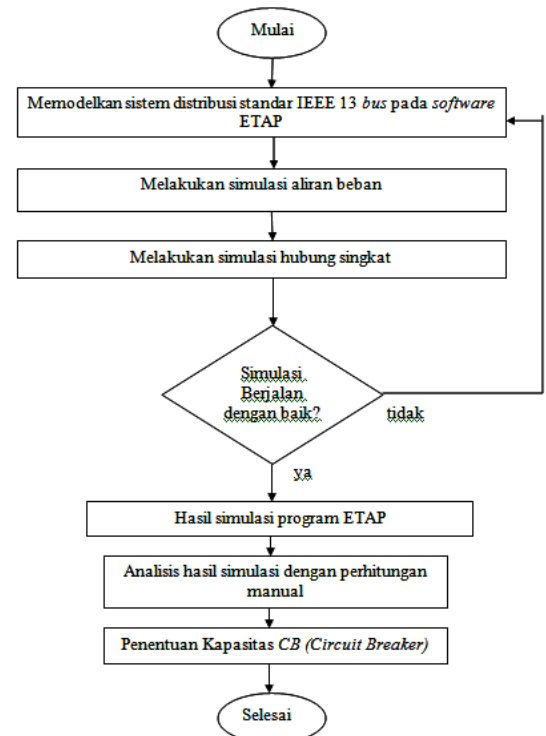
2. Gambaran Sistem Distribusi Standar IEEE 13 Bus

Penelitian ini menggunakan sistem distribusi standar IEEE 13 bus dengan terpasang 2 kapasitor pada bus 611, dan bus 675 seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 . Sistem distribusi standar IEEE 13 bus yaitu sistem distribusi yang pada tiap-tiap bus memiliki konfigurasi fase yang berbeda. Ada yang menggunakan sistem 3 fase 3 kabel, sistem 3 fase 4 kabel, sistem 1 fase 2 kabel dan sistem 2 fasa 3 kabel.

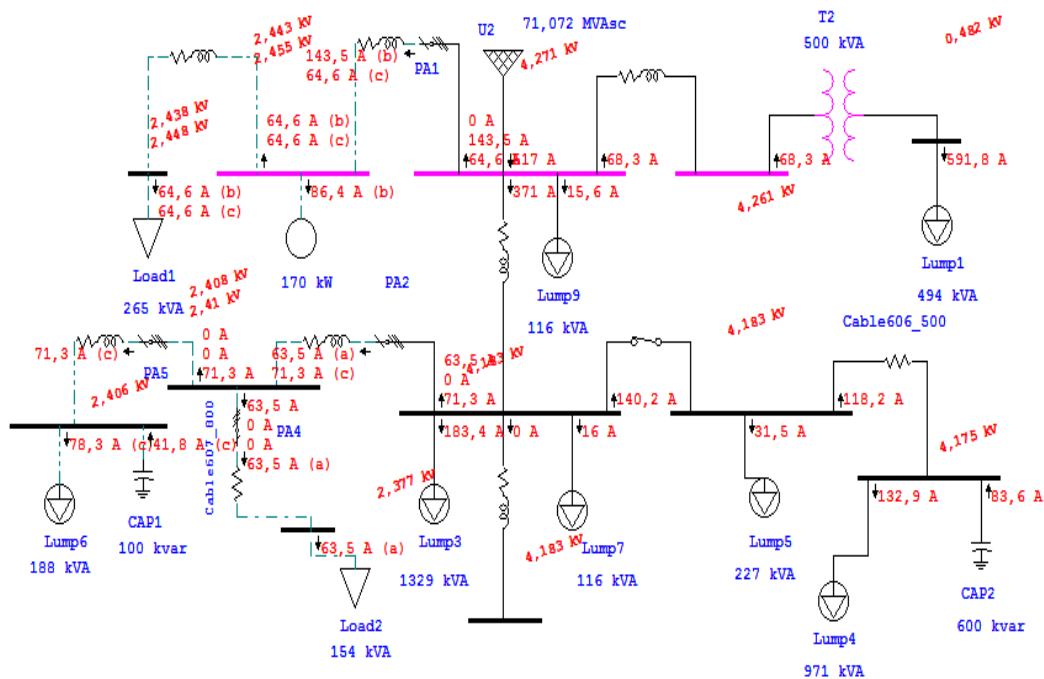


Gambar 1. menunjukkan sistem distribusi standar IEEE 13 bus.

2.6 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart peneliti



Gambar 4. Model sistem distribusi standard IEEE 13 bus kondisi normal setelah di simulasi aliran daya dalam ETAP Power Station 7.0

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
* Bus632	4.160	102.670	-2.1	3.514	1.511	0.510	0.323	Bus671	2.597	0.887	371.0	94.6	
								Bus633	0.406	0.301	68.3	80.4	
Bus633	4.160	102.422	-2.2	0	0	0	0	Bus632	-0.405	-0.300	68.3	80.4	
								Bus634	0.405	0.300	68.3	80.4	
Bus634	0.480	100.389	-2.7	0	0	0.400	0.290	Bus633	-0.400	-0.290	591.8	81.0	
Bus671	4.160	100.553	-3.8	0	0	1.553	0.783	Bus632	-2.568	-0.794	371.0	95.5	
								Bus680	0.000	0.000	0.0	0.0	
								Bus692	1.016	0.011	140.2	100.0	
Bus675	4.160	100.359	-3.9	0	0	0.843	-0.142	Bus692	-0.843	0.142	118.2	-98.6	
Bus680	4.160	100.553	-3.8	0	0	0	0	Bus671	0.000	0.000	0.0	0.0	
Bus692	4.160	100.553	-3.8	0	0	0.171	0.152	Bus675	0.845	-0.141	118.2	-98.6	
								Bus671	-1.016	-0.011	140.2	100.0	

* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Gambar 5. hasil simulasi load flow analysis ETAP

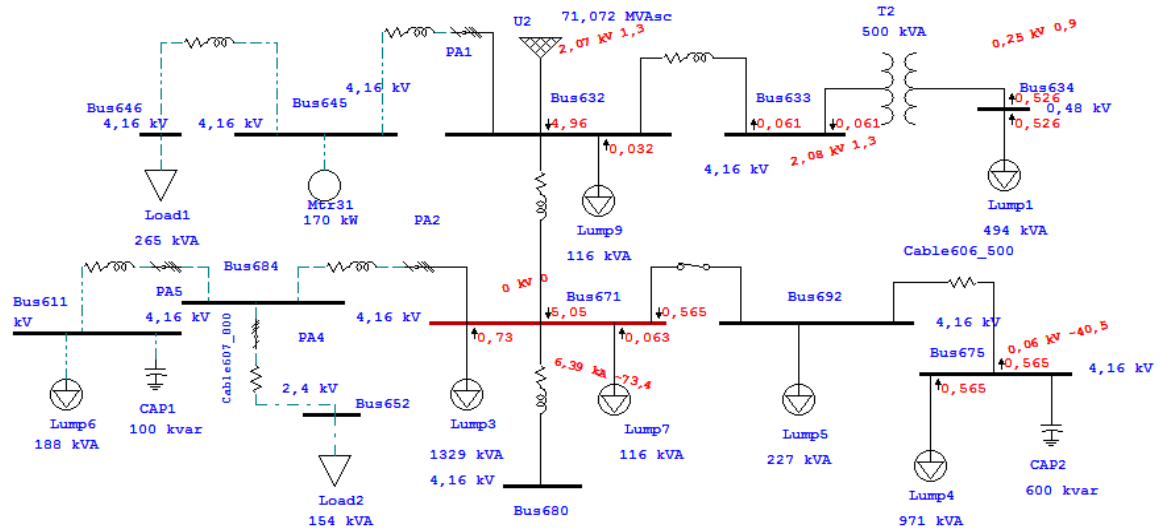
Berdasarkan *text report* hasil simulasi analisis aliran beban pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus dengan menggunakan *software ETAP power station 7.0* tersebut diketahui bahwa pada bus 632, bus 633, bus 671, bus 675, bus 80, bus 692 berada pada tegangan 4.16 kV dan bus 634 berada pada tegangan 0.48 kV. Pada jaringan antara bus 632 ke bus 671 dapat diketahui memiliki daya aktif sebesar 2.597 MW, daya reaktif sebesar 0.887 MVar arus yang mengalir sebesar 371.0 Ampere dan memiliki faktor daya sebesar 94%.

c. Simulasi Hubung Singkat *Software ETAP Power Station 7.0*

Simulasi hubung singkat pada salah satu bus pada sistem distribusi Standar IEEE 13 bus dilakukan dengan menggunakan *software ETAP power station 7.0* sebagai masalah yang dianalisis dengan Teori Thevenin.

d. Simulasi Hubung Singkat pada Bus 671

Pada simulasi ini dilakukan di bus 671 yang terjadi gangguan yang mengakibatkan hubung singkat berdasar pada pemilihan secara acak.



Gambar 6. Hubung singkat yang terjadi pada bus 671

SHORT-CIRCUIT REPORT

Fault at bus: **Bus671**

Prefault voltage = 4.160 kV

= 100.00 % of nominal bus kV (4.160 kV)
= 100.00 % of base kV (4.160 kV)

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus Va	Vb	Vc	kA Symm. rms Ia	3I0	R1 % Impedance on 100 MVA base	X1	R0	X0
Bus671	Total	0.00	6.390	0.00	116.55	118.40	4.514	4.514	6.19E+01	2.08E+02	1.55E+02	4.63E+02
Bus632	Bus671	49.79	5.048	55.85	102.84	106.43	3.395	3.053	8.79E+01	2.61E+02	2.73E+02	6.68E+02
Bus680	Bus671	0.00	0.000	0.00	116.55	118.40	0.000	0.000				
Lump3	Bus671	100.00	0.730	100.00	100.00	100.00	0.344	0.000	2.82E+02	1.88E+03		
Lump7	Bus671	100.00	0.063	100.00	100.00	100.00	0.080	0.151	3.24E+03	2.16E+04	2.16E+03	1.44E+04
Bus675	Bus692	1.45	0.565	3.28	117.43	116.18	0.709	1.329	3.87E+02	2.42E+03	3.18E+02	1.63E+03
Bus692	Bus671	0.00	0.565	0.00	116.55	118.40	0.709	1.329				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

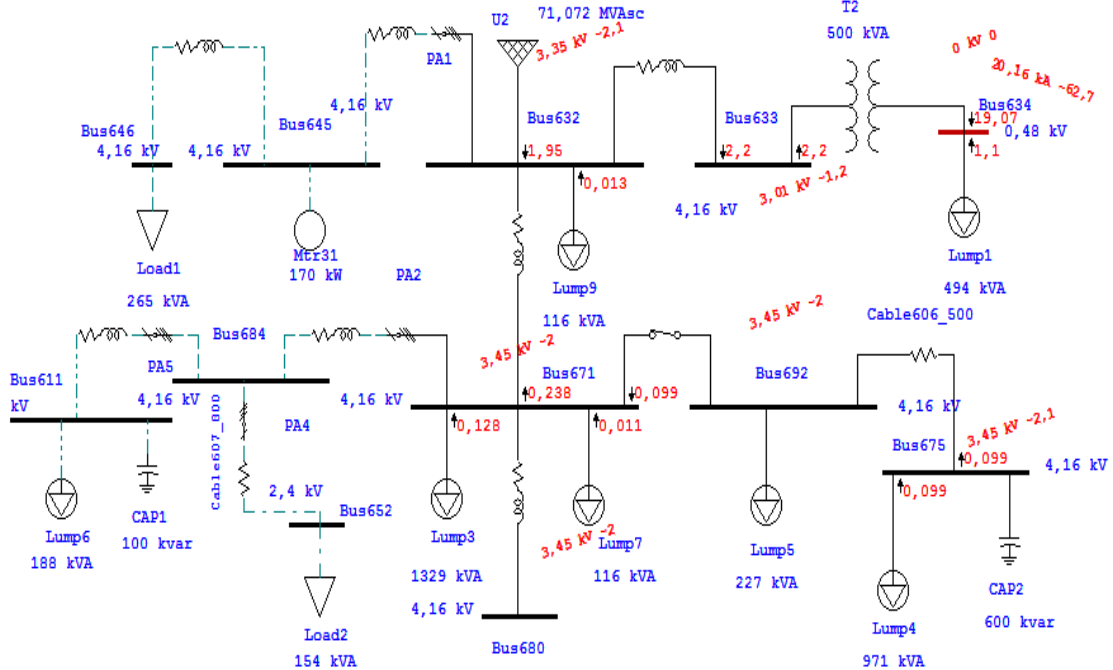
* Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Gambar 7. Short circuit report yang terjadi pada bus 671

e. Simulasi Hubung Singkat pada Bus 634

Pada simulasi ini dilakukan di bus 634 yang terjadi gangguan yang mengakibatkan hubung singkat berdasar pada pemilihan secara hasil gangguan

hubung singkat 3 fase yang memiliki nilai terbesar di karenakan berada pada tegangan 0.48 kV.



Gambar 8. Hubung singkat yang terjadi pada bus 634

SHORT-CIRCUIT REPORT

Faultat bus: **Bus634**

Prefault voltage = 0.480 kV

= 100.00 % of nominal bus kV (0.480 kV)
= 100.00 % of base kV (0.480 kV)

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
Bus634	Total	0.00	20.157	0.00	103.28	102.75	18.991	18.991	2.74E+002	5.30E+002	3.19E+002	6.31E+002
Bus633	Bus634	72.28	19.066	65.55	104.48	104.36	17.289	15.944	2.92E+002	5.59E+002	3.90E+002	7.46E+002
Lump1	Bus634	100.00	1.095	100.00	100.00	100.00	1.706	3.056	4.25E+003	1.01E+004	1.70E+003	4.05E+003
Bus692	Bus671	82.82	0.099	80.37	101.51	102.00	0.136	0.223				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

* Indicates a zero sequence fault current contribution (310) from a grounded Delta-Y transformer

Gambar 9. Short circuit report yang terjadi pada bus 634

1. Perhitungan Hubung Singkat 3 Fase pada Bus 671



8

2. Menghitung impedansi tiap-tiap peralatan dalam bentuk perunit

$$\text{Power grid } X_d'' = 1.407 \times \left(\frac{100 \text{ MVA}}{72.02 \text{ MVA}} \right) \times \left(\frac{4.16 \text{ kV}}{4.16 \text{ kV}} \right)^2 = 1.97 \text{ pu}$$

$$\text{Lump 3 } X_t'' = 0.1667 \times \left(\frac{100 \text{ MVA}}{1.329 \text{ MVA}} \right) \times \left(\frac{4.16 \text{ kV}}{4.16 \text{ kV}} \right)^2 = 12.54 \text{ pu}$$

$$\text{Lump 7 } X_t'' = 0.1667 \times \left(\frac{100 \text{ MVA}}{0.116 \text{ MVA}} \right) \times \left(\frac{4.16 \text{ kV}}{4.16 \text{ kV}} \right)^2 = 143.7 \text{ pu}$$

$$\text{Lump 4 } X_t'' = 0.1538 \times \left(\frac{100 \text{ MVA}}{0.971 \text{ MVA}} \right) \times \left(\frac{4.16 \text{ kV}}{4.16 \text{ kV}} \right)^2 = 15.83 \text{ pu}$$

Transmisi bus 632 - bus 671

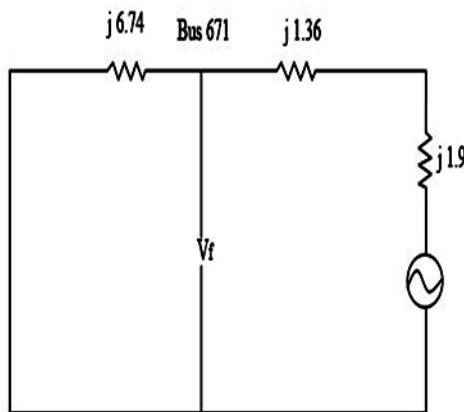
$$X_t'' = 1.36 \text{ pu}$$

Transmisi bus 692 - bus 675

$$X_t'' = 0.35 \text{ pu}$$

Transmisi bus 671 - bus 680

$$X_t'' = 0.68 \text{ pu}$$



Gambar 11. Rangkaian ekivalen

Tegangan gangguan:

$$V_f = \frac{4.16 \text{ kV}}{4.16 \text{ kV}} = 1.0 < 0^\circ \text{ pu}$$

Impedansi Thevenin:

$$Z_{th} = \frac{j3.3 \times j6.74}{j3.3 + j6.74} = j2.2 \text{ pu}$$

Arus gangguan total :

$$I_f'' = \frac{V_f}{Z_{th}}$$

$$I_f'' = \frac{1.0 + j0}{j2.2} = -j0.45 \text{ pu}$$

Untuk mendapatkan arus dalam ampere, nilai persatuan dikalikan dengan arus dasar rangkaian:

Arus gangguan total

$$I_f = -j0.45 \times \frac{100000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 4.16 \text{ kV}} = 6284.56 \text{ A}$$

Tabel 1. Hasil perbandingan hubung singkat bus 671

Bus 671	Arus Hubung Singkat 3 fasa (Ampere)
Perhitungan Manual	6284.56
Perhitungan Program ETAP	6390

g. Hasil Analisis Hubung Singkat Tiga fase

Tabel 2. Hasil hubung singkat tiga fase

Lokasi Gangguan sistem 3 fase	Arus hubung singkat (<i>Ampere</i>)
<i>Bus 671</i>	6390
<i>Bus 632</i>	11229
<i>Bus 680</i>	4856
<i>Bus 633</i>	8041
<i>Bus 634</i>	20157
<i>Bus 692</i>	6390
<i>Bus 675</i>	5722

Sistem distribusi standar IEEE 13 *bus*. Variasi nilai tersebut tergantung dari lokasi gangguan. . Pada penyulang pertama (*bus 634 – bus 633*), arus hubung singkat tiga fase yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 633* (*bus* yang terjauh dari *power grid*), sedangkan arus hubung singkat yang paling besar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 634* (*bus* yang berada pada tegangan 0.48 kV dari trafo gardu induk yang di suplai dari *bus 633*). Pada penyulang kedua (*bus 632 – bus 675*), arus hubung singkat tiga *phase* yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 680* (*bus* yang terjauh dari *power grid*), sedangkan arus hubung singkat tiga *phase* yang paling besar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 632* (*bus* yang terdekat dengan *power grid*). Hasil ini sesuai dengan teori

perhitungan arus hubung singkat tiga fase yang menyatakan bahwa arus hubung singkat ditentukan oleh impedansi sistem. Semakin jauh *bus* tersebut dari *power grid*, maka impedansi salurannya akan semakin besar. Semakin besar impedansi salurannya maka arus hubung singkat tiga fase akan semakin kecil dan Semakin dekat *bus* tersebut dari *power grid*, maka impedansi salurannya akan semakin kecil. Semakin kecil impedansi salurannya maka arus hubung singkat tiga fase akan semakin besar.

h. Menentukan Kapasitas CB (*Circuit Breaker*)

Untuk menentukan kapasitas *CB* (*circuit breaker*), maka perlu diketahui arus yang mengalir pada masing-masing jaringan transmisi. Hal ini bisa di dapat pada parameter yang telah tertera pada simulasi *ETAP power station 7.0*. Dimana pada saat di lakukan *load flow analysis* , di ketahui berapa arus yang mengalir pada masing masing jaringan transmisi baik itu dari bus ke bus maupun bus ke beban. Kapasitas *CB* (*Circuit Breaker*). Kapasitas *CB* dapat ditentukan berdasarkan nilai arus yang sudah di ketahui berdasar *ETAP* pada masing-masing transformator dan saluran transmisi. Maka dapat dihitung dengan rumus

$$I_{CB} = I_{TR} \times 1.25 \dots \dots \dots (1)$$

Dari nilai arus pada masing-masing saluran transmisi, akan didapat nilai batas arus untuk menentukan kapasitas *CB* yang akan digunakan.

Tabel 3. Nilai arus pada masing – masing jaringan

Jaringan transmisi antara		Arus normal berdasar ETAP (Ampere)
<i>Power grid</i>	<i>Bus 632</i>	517.0
<i>Bus 632</i>	<i>Bus 671</i>	371.0
<i>Bus 632</i>	<i>Lump 9</i>	15.6
<i>Bus 632</i>	<i>Bus 633</i>	68.3
<i>Bus 633</i>	<i>Bus 634</i>	68.3
<i>Bus 634</i>	<i>Lump 1</i>	591.8
<i>Bus 671</i>	<i>Lump 3</i>	183.4
<i>Bus 671</i>	<i>Lump 7</i>	16.0
<i>Bus 671</i>	<i>Bus 692</i>	140.2
<i>Bus 692</i>	<i>Lump 5</i>	31.5
<i>Bus 692</i>	<i>Bus 675</i>	118.2
<i>Bus 675</i>	<i>Lump 4</i>	132.9

1. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *power grid* ke *bus 632*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 517 \times 1.25$
 $= 646.25 \text{ Ampere}$
2. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 632 – bus 671*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 371 \times 1.25$
 $= 463.75 \text{ Ampere}$
3. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 632 – lump 9*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 15.6 \times 1.25$
 $= 19.5 \text{ Ampere}$

4. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 632 – bus 633*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 68.3 \times 1.25$
 $= 85.37 \text{ Ampere}$
5. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 633 – bus 634*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 68.3 \times 1.25$
 $= 85.37 \text{ Ampere}$
6. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 634 – lump 1*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 591.8 \times 1.25$
 $= 739.75 \text{ Ampere}$
7. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 671 – lump 3*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 183.4 \times 1.25$
 $= 229.25 \text{ Ampere}$
8. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 671 – lump 7*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 16 \times 1.25$
 $= 20.00 \text{ Ampere}$
9. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 671 - bus 692*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 140.2 \times 1.25$
 $= 175.25 \text{ Ampere}$
10. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 692 – lump 5*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 31.5 \times 1.25$
 $= 39.37 \text{ Ampere}$
11. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 692 – bus 675*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 118.2 \times 1.25$
 $= 147.75 \text{ Ampere}$
12. Penentuan kapasitas *circuit breaker* pada jaringan *bus 675 – lump 4*
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$
 $= 132.9 \times 1.25$
 $= 166.12 \text{ Ampere}$

Tabel 4. Hasil penentuan kapasitas *circuit breaker*

Jaringan transmisi		Batas Arus Kapasitas <i>Circuit Breaker</i>
<i>Power grid</i>	<i>Bus 632</i>	646.25
<i>Bus 632</i>	<i>Bus 671</i>	463.75
<i>Bus 632</i>	<i>Lump 9</i>	19.50
<i>Bus 632</i>	<i>Bus 633</i>	85.37
<i>Bus 633</i>	<i>Bus 634</i>	85.37
<i>Bus 634</i>	<i>Lump 1</i>	739.75
<i>Bus 671</i>	<i>Lump 3</i>	229.25
<i>Bus 671</i>	<i>Lump 7</i>	20.00
<i>Bus 671</i>	<i>Bus 692</i>	175.25
<i>Bus 692</i>	<i>Lump 5</i>	39.37
<i>Bus 692</i>	<i>Bus 675</i>	147.75
<i>Bus 675</i>	<i>Lump 4</i>	166.12

Didapat nilai batas arus yang nantinya digunakan untuk menentukan kapasitas CB pada masing – masing saluran antar jaringan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hubung singkat tiga fase pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus dengan penentuan kapasitas *circuit breaker* pada masing – masing saluran menggunakan program *ETAP Power Station 7.0* dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Sistem distribusi standar IEEE 13 bus ketika terjadi hubung singkat pada sistem 3 fase maka yang berpengaruh hanya pada sistem 3 fase saja, antara lain pada bus 632, bus 633, bus 634, bus 671, bus 692, bus 675 Semakin jauh bus tersebut dari *power grid*, maka impedansi salurannya akan semakin besar. Semakin besar impedansi salurannya maka arus hubung singkat tiga fase akan semakin kecil.

2. Arus gangguan terbesar terjadi pada bus 634 dengan nilai gangguan 20157.00 ampere karena berada pada tegangan 0.48 kV dari trafo gardu induk yang di suplai dari bus 633 berbeda dari tegangan dasar sebesar 4.16 kV.
3. Penentuan kapasitas *circuit breaker* sebagai pengaman pada saluran transmisi maupun saluran ke beban dapat dengan mudah dilakukan dengan terlebih dahulu mencari nilai arus normalnya, yang dapat di lihat dengan program *ETAP Power Station 7.0*. dikalikan dengan 1.25.

DAFTAR PUSTAKA

- Glover D J., Sarma S. M., Overbye J. T., 2008, *Power System Analysis and Design 4th*, Thomson Corp.
- Grainger J J., Stevenson. William D, JR., 1994, *Power System Analysis*, New York, McGraw-Hill Book Company
- H Saadat, 2002, *Power System Analysis*, New Delhi, McGraw-Hill Book Company.
- Hidayatulloh,Rachmad.2012.*Analisa gangguan hubung singkat pada jaringan SUTT 150 Kv jalur Kebasen – Balapulang – Bumiayu menggunakan program ETAP*,Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Rahim, Aulia. 2011.*Studi hubung singkat untuk gangguan simetris dan tidak simetris pada sistem tenaga listrik PT. PLN P3B Sumatera*, Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Wahyu, Tulus D.A.P., 2013, *analisis hubung singkat tiga phase pada sistem distribusi standar ieee 18 bus dengan adanya pemasangan distributed generation (dg) Menggunakan program etap power station 4.0*, Fakultas Teknik, JurusanTeknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- William D. Stevenson. Jr, Kamal Idris. 1994.*Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat.Jakarta: Erlangga.