

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

Fajar Widiyanto, Agus Supardi, Aris Budiman
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yanitromol pos 1 pabelan kartasura surakarta
widiyantofajar@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.

Penelitian ini akan dilakukan analisis arus hubung singkat tiga fase pada sistem distribusi standar 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 berbedayaitu 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, melokalisir 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 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.

2.2 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 setiap jaringan.

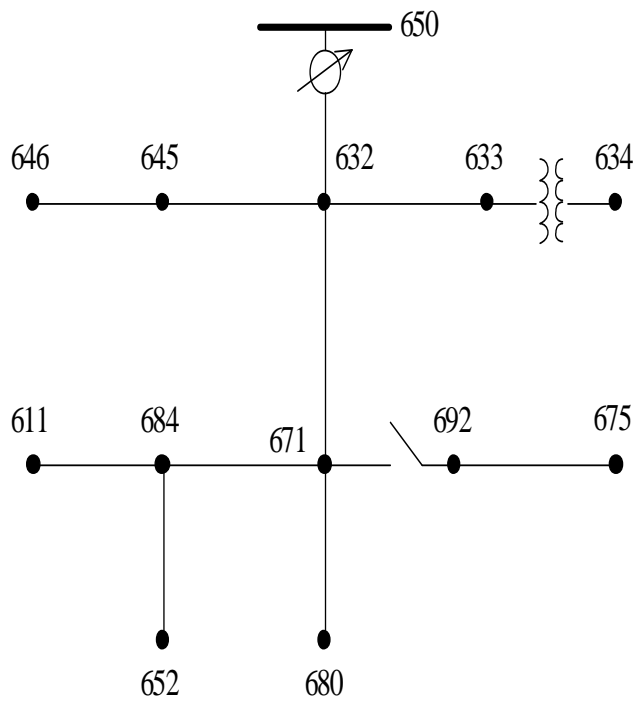
2.3 Peralatan yang dipakai

2.3.1 Komputer dan Perangkat Lunak

Bahan penelitian ini adalah perangkat keras laptop untuk menjalankan *ETAP Power Station 7.0, software ETAP power station 7.0,*

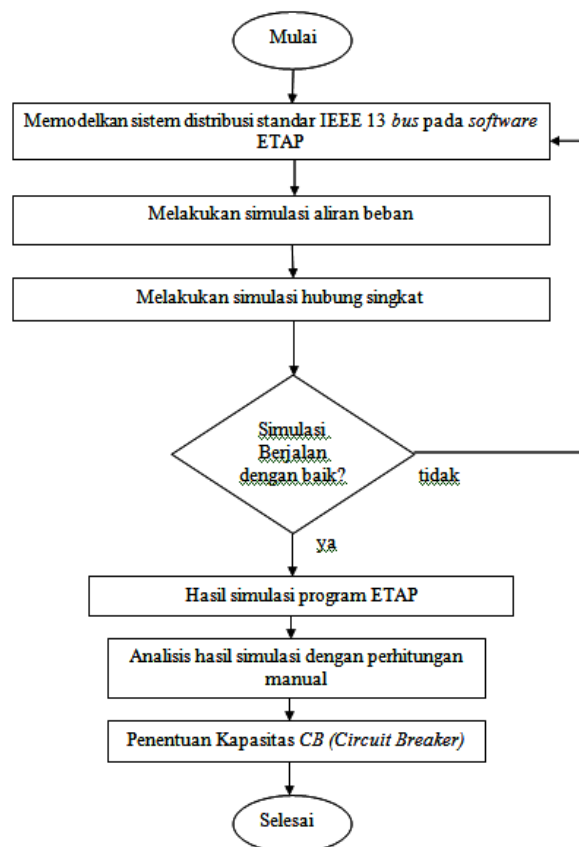
2.3.2 Gambaran Sistem Distribusi Standar IEEE 13Bus

Penelitian ini menggunakan sistem distribusi standar IEEE 13bus dengan terpasang 2 kapasitor pada bus611, dan bus675 seperti ditunjukkan pada gambar 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.



Gambar1. menunjukkan sistem distribusi standar IEEE 13bus.

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart peneliti

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

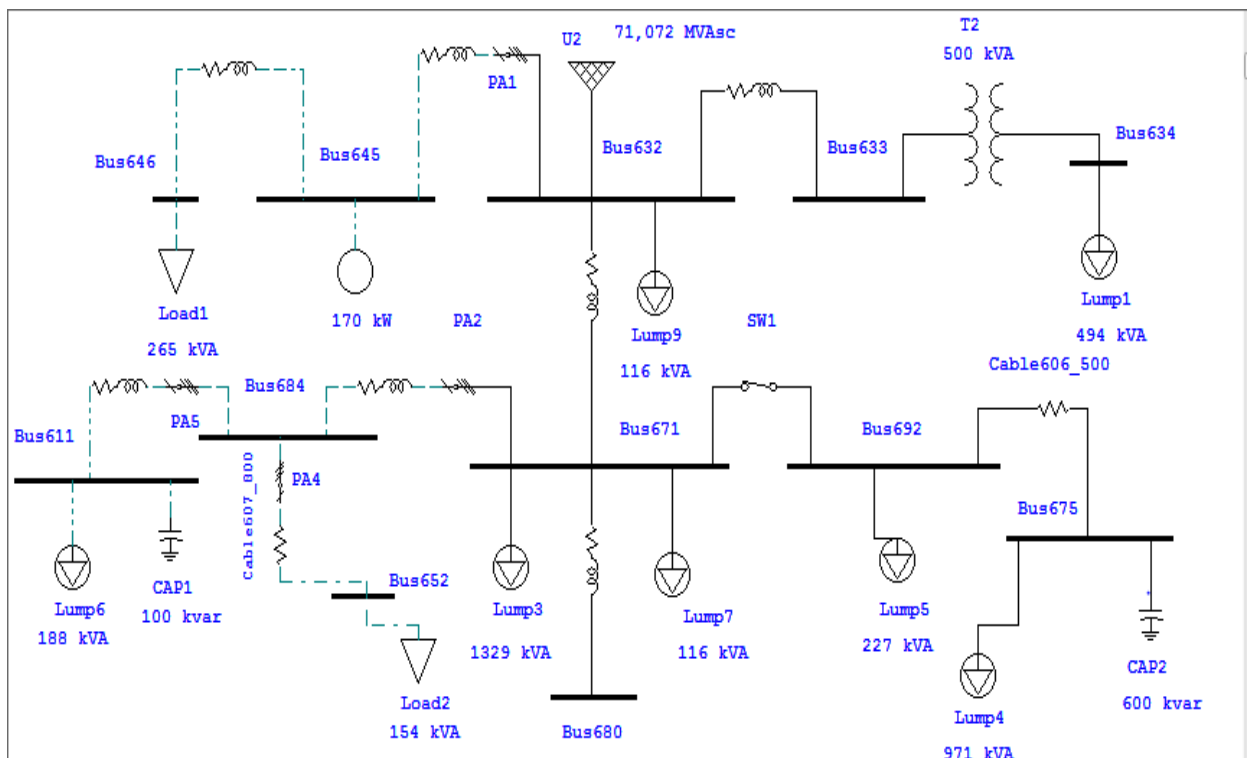
Program analisis hubung singkat dalam ETAP Power Station 7.0 dapat menganalisis hubung singkat tiga fase, hubung singkat saluran ke tanah, hubung singkat saluran ke saluran, dan hubung singkat saluran ganda ke tanah pada sistem distribusi. Program akan menghitung arus hubung singkat berdasarkan kontribusi dari motor, generator dan sistem *utility*. Analisis hubung singkat yang dilakukan pada penelitian ini adalah gangguan hubung singkat tiga fase. Arus hubung singkat pada bus yang terganggu dihitung setelah 30 siklus (kondisi *steady state*). Besarnya impedansi saluran antar bus pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus berbeda-beda nilainya. Impedansi totalnya akan semakin besar bila jaraknya semakin jauh dari *power grid*. Adanya gangguan hubung singkat tiga fase pada salah satu bus akan mengakibatkan terjadinya perubahan aliran daya. Arus yang semula mengalir menuju masing-masing bus, berubah arah dan magnitudenya menuju ke bus yang

terganggu. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fase, maka juga diikuti dengan perubahan tegangan sistem.

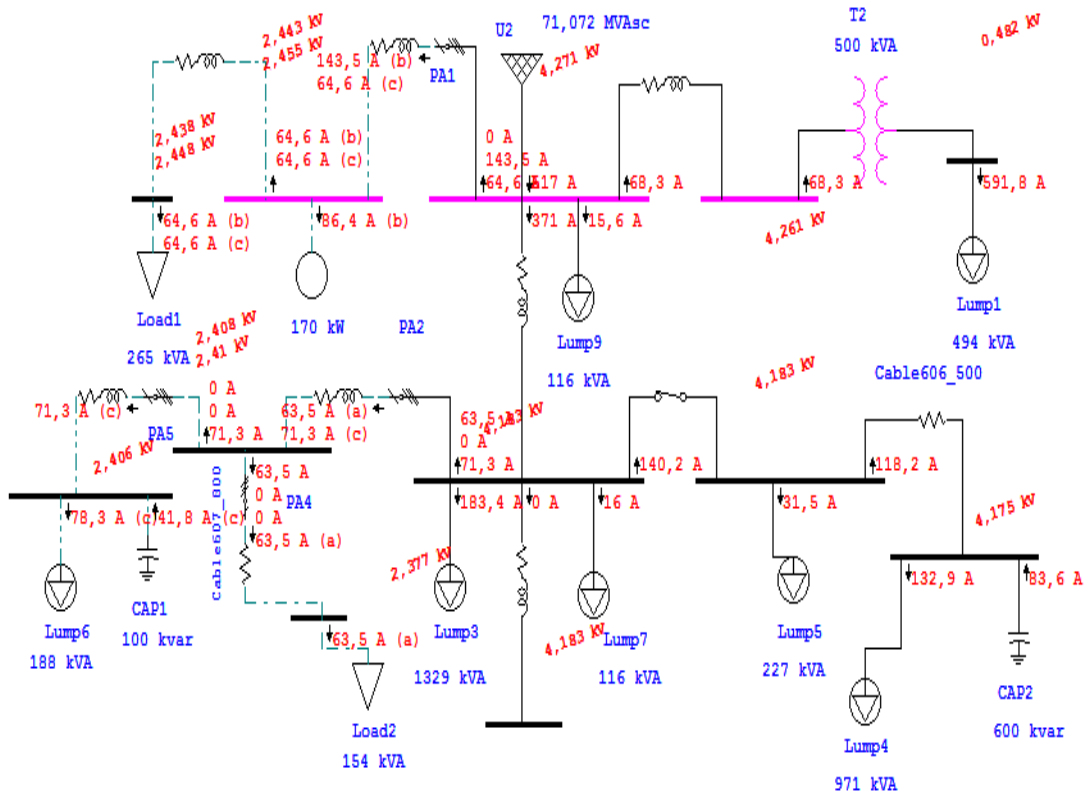
Arus hubung singkat tiga fase yang terjadi hanya merupakan kontribusi dari *power grid* dan beban. Magnitude arus hubung singkatnya ditentukan oleh impedansi total antara *power grid* dengan lokasi gangguan dan beban yang terpasang pada lokasi gangguan. Impedansi ini meliputi impedansi urutan positif dari *power grid*.

Hasil Simulasi Analisis Aliran Beban

Simulasi aliran beban pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus dilakukan saat sistem dalam kondisi normal, sehingga dapat diketahui nilai tegangan, arus, dan arah aliran daya yang mengalir pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui aliran daya dan nilai arus normal yang terjadi saat sistem sebagai acuan untuk menentukan kapasitas *circuit breaker*.



Gambar 3. One line diagram sistem distribusi 13 bus dengan ETAP Power Station 7.0



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 ID	Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR		
	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

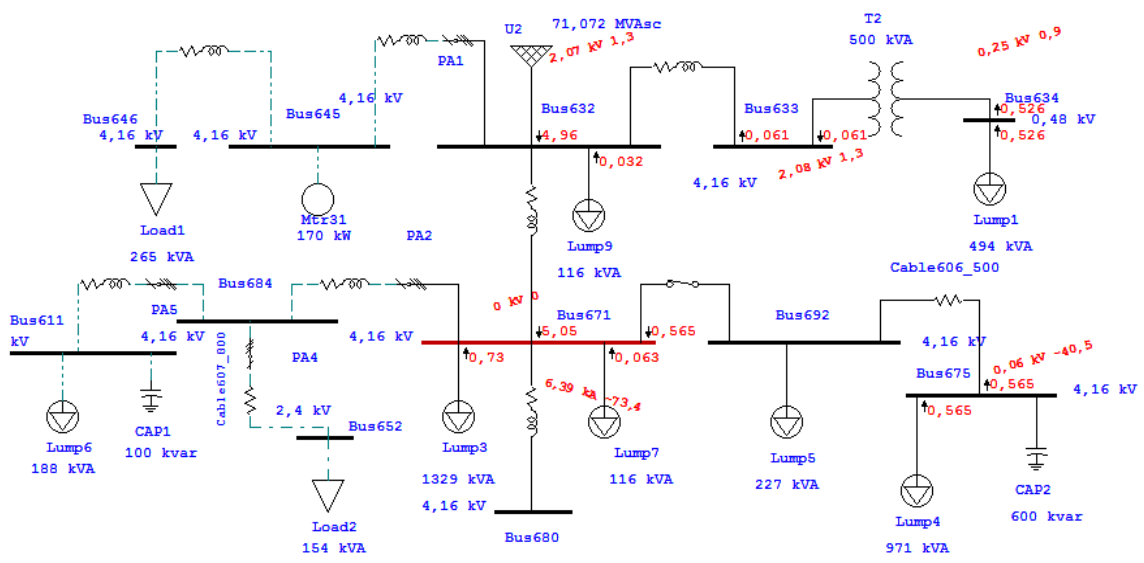
Berdasarkan *text report* hasil simulasi analisis aliran beban pada sistem distribusi standar IEEE 13 bus dengan menggunakan *software ETAP power station 7.0* tersebut diketahui bahwa pada bus 632, bus 633, bus 671, bus 675, bus 80, bus 692 berada pada tegangan 4.16 kV dan bus 634 berada pada tegangan 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%.

3.2 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.

3.3 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	% Impedance on 100 MVA base R1	X1	R0	X0
Bus671	Total	0.00	6.390	0.00	116.55	118.40	4.514	4.514	6.19E+001	2.08E+002	1.55E+002	4.63E+002
Bus632	Bus671	49.79	5.048	55.85	102.84	106.43	3.395	3.053	8.79E+001	2.61E+002	2.73E+002	6.68E+002
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+002	1.88E+003		
Lump7	Bus671	100.00	0.063	100.00	100.00	100.00	0.080	0.151	3.24E+003	2.16E+004	2.16E+003	1.44E+004
Bus675	Bus692	1.45	0.565	3.28	117.43	116.18	0.709	1.329	3.87E+002	2.42E+003	3.18E+002	1.63E+003
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

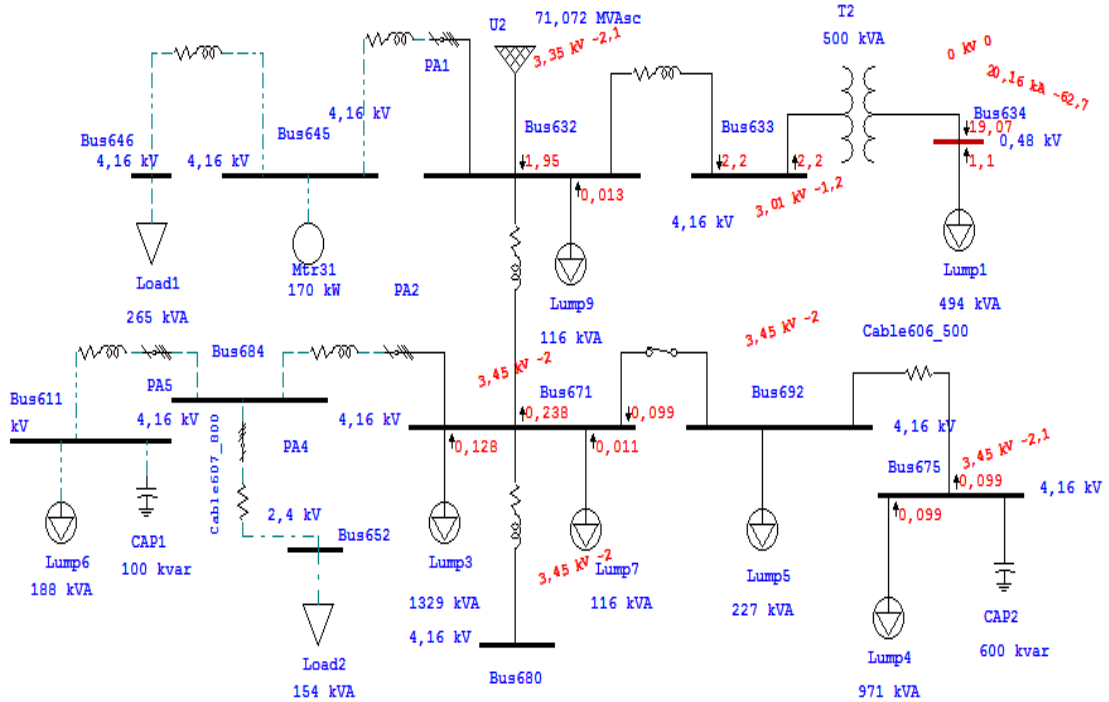
* Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Gambar 7. Short circuit report yang terjadi pada bus 671

3.4 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)

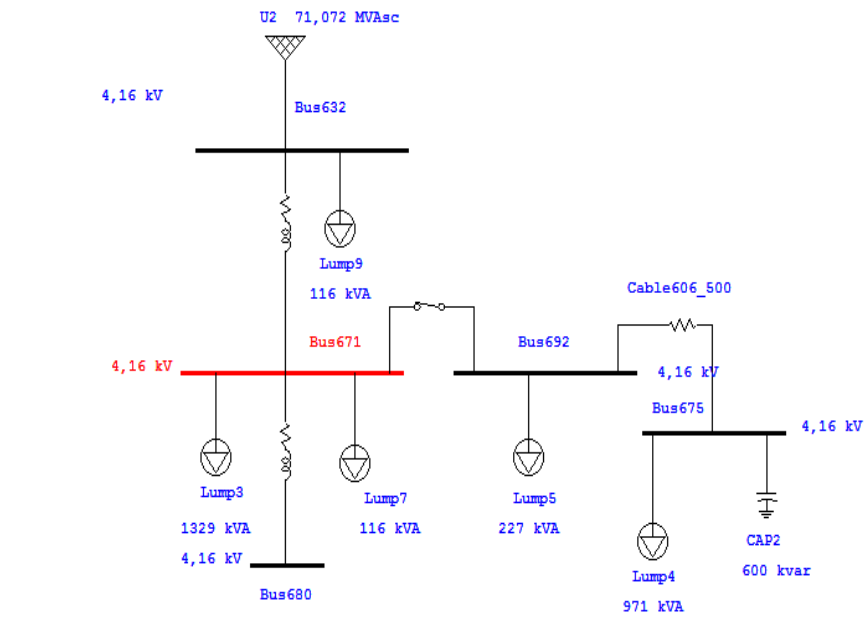
Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
Bus634	Total	0.00	20.157	0.00	103.28	102.75	18.991	18.991	2.74E+02	5.30E+02	3.19E+02	6.31E+02
Bus633	Bus634	72.28	19.066	65.55	104.48	104.36	17.289	15.944	2.92E+02	5.59E+02	3.90E+02	7.46E+02
Lump1	Bus634	100.00	1.095	100.00	100.00	100.00	1.706	3.056	4.25E+03	1.01E+04	1.70E+03	4.05E+03
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 (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Gambar 9. Short circuit report yang terjadi pada bus 634

3.5 Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fase dengan Metode Thevenin

1. Perhitungan Hubung Singkat 3 Fase pada Bus 671



Gambar 10. Rangkaian sederhana hubung singkat pada bus 671 sistem distribusi standard IEEE 13 bus dalam ETAP Power Station 7.0

Gambar 10 dengan lokasi gangguan pada bus 671 dapat diselesaikan dengan metode thevenin sebagai berikut:

Power grid: 71.02 MVA, 4.16 kV, $X'' = 140.7\%$

Lump 3 : 1.329 MVA, 4.16 kV, $X'' = 16.67\%$

Lump 7 : 0.116 MVA, 4.16 kV, $X'' = 16.67\%$

Lump 4: 0.971 MVA, 4.16 kV, $X'' = 15.38\%$

Impedansi saluran distribusi

bus 632 – bus 671 : 136.88 %

Impedansi saluran distribusi

bus 692 – bus 675 : 35.57 %

Impedansi saluran distribusi

bus 671 – bus 680 : 68.62 %

Basis perhitungan adalah 4.16 kV, 100 MVA pada jaringan distribusi.

Penyelesaian :

1. Menentukan tegangan sisi yang lain.

Tegangan sisi distribusi = 4.16 kV

Tegangan sisi power grid

$$4.16 \times \frac{4.16}{4.16} = 4.16 \text{ kV}$$

2. Menghitung impedansi tiap-tiap peralatan dalam bentuk perunit

Power grid

$$X_{1d}'' = 1.407 \times ((100 \text{ MVA})/(72.02 \text{ MVA})) \times ((4.16 \text{ kV})/(4.16 \text{ kV}))^2 = 1.97 \text{ pu}$$

Lump 3

$$X_{1t}'' = 0.1667 \times ((100 \text{ MVA})/(1.329 \text{ MVA})) \times ((4.16 \text{ kV})/(4.16 \text{ kV}))^2 = 12.54 \text{ pu}$$

Lump 7

$$X_{1t}'' = 0.1667 \times ((100 \text{ MVA})/(0.116 \text{ MVA})) \times ((4.16 \text{ kV})/(4.16 \text{ kV}))^2 = 143.7 \text{ pu}$$

Lump 4

$$X_{1t}^* = 0.1538 \times ((100 \text{ MVA})/(0.971 \text{ MVA})) \times ((4.16 \text{ kV})/(4.16 \text{ kV}))^2 = 15.83 \text{ pu}$$

Transmisi bus 632 - bus 671

$$X_{1t}^* = 1.36 \text{ pu}$$

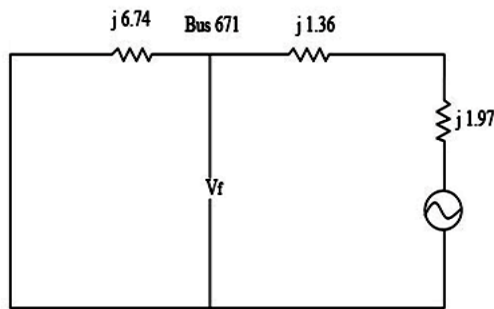
Transmisi bus 692 - bus 675

$$X_{1t}^* = 0.35 \text{ pu}$$

Transmisi bus 671 - bus 680

$$X_{1t}^* = 0.68 \text{ pu}$$

Bus 634	20157
Bus 692	6390
Bus 675	5722



Gambar 11. Rangkaian ekuivalen

Tegangan gangguan:

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

Impedansi Thevenin:

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

Arus gangguan total :

$$I_{f1}^* = V_f / Z_{th}$$

$$I_{f1}^* = (1.0 + j0) / j2.2 = -j0.45 \text{ pu}$$

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 Fase (A)
Perhitungan Manual	6284,56
Menggunakan Program ETAP	6390

3.6 Hasil Analisis Hubung Singkat Tigafase

Tabel 2. Hasil hubung singkat tiga fase

Lokasi Gangguan Sistem 3 Fase	Arus Hubung Singkat (A)
Bus 671	6390
Bus 632	11229
Bus 680	4856
Bus 633	8041

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.

3.7 Menentukan Kapasitas CB

Penentuan 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 persamaan 1.

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

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 setiap jaringan

Jaringan Transmisi antara		Arus Normal Berdasar ETAP (A)
Power Grid	Bus 632	517
Bus 632	Bus 671	371
Bus 632	Lump 9	15.6
Bus 633	Bus 633	68.3
Bus 634	Lump 1	591.8
Bus 671	Lump 3	183.4
Bus 671	Lump 7	16
Bus 671	Bus 692	140.2
Bus 692	Lump 5	31.5
Bus 692	Bus 675	118.2
Bus 675	Lump 4	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
 $I_{CB} = \text{Arus pada jaringan} \times 1.25$

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 antara		Batas Arus Kapasitas CB
Power Grid	Bus 632	646.25
Bus 632	Bus 671	463.75
Bus 632	Lump 9	19.5
Bus 633	Bus 633	85.37

Bus 634	Lump 1	739.75
Bus 671	Lump 3	229.25
Bus 671	Lump 7	20
Bus 671	Bus 692	175.25
Bus 692	Lump 5	39.37
Bus 692	Bus 675	147.75
Bus 675	Lump 4	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 13bus 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, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- William D. Stevenson. Jr, Kamal Idris. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.