

PENENTUAN *BREAKING CAPACITY CIRCUIT BREAKER* PADA *BUS* SISTEM SULSELRABAR

Marhatang¹⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menerapkan metode matriks impedansi bus dalam penentuan *breaking capacity circuit breaker* pada bus system tenaga listrik Sulselrabar. Penelitian dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi saat ini (*existing*) dan kondisi pada saat PLTU Barru, PLTU Takalar dan PLTU Jeneponto masuk ke dalam jaringan interkoneksi Sulselrabar. Dalam penelitian ini dilakukan studi hubung singkat untuk melihat besarnya arus yang mengalir dalam system ketika terjadi gangguan. Arus gangguan tersebut kemudian dibandingkan dengan *breaking capacity circuit breaker* yang terpasang untuk menentukan kondisi sistem. Hasil studi menunjukkan bahwa *breaking capacity circuit breaker* yang terpasang saat ini pada bus system Sulselrabar sebesar 31.5 kA, masih lebih besar dibandingkan dengan arus singkat terbesar yang mungkin terjadi saat ini sebesar 6.9909 kA dan pada saat masuknya pembangkit baru sebesar 9.16 kA.

Kata kunci: *Breaking Capacity, Circuit Breaker, Arus Hubung Singkat.*

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi yang dicapai masyarakat Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat dalam beberapa tahun terakhir ini, telah mendorong peningkatan penggunaan energi listrik dalam kehidupan masyarakat. Akibatnya sistem kelistrikan di wilayah ini mengalami masalah dalam menyediakan energi listrik, sehingga sering terjadi pemutusan suplai daya listrik ke beberapa wilayah pelayanan secara bergantian. Hal ini akan menurunkan kualitas pelayanan kepada pelanggan, di sisi lain kondisi seperti itu dapat menimbulkan kerugian bagi pelanggan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Gangguan yang sering terjadi pada saluran transmisi antara lain : terputusnya kawat penghantar, pecahnya isolator, sambaran petir dan gangguan hubung singkat. Gangguan yang terjadi harus segera dideteksi, dilokalisir, dan diatasi pada waktu yang tepat. Peralatan yang melakukan pekerjaan ini secara kolektif dikenal sebagai sistem proteksi.

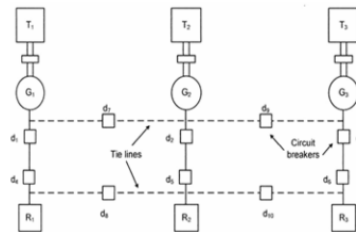
Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut di atas, maka pada sistem Sulselrabar perlu dilakukan kajian-kajian/studi hubung-singkat untuk menentukan kemampuan sistem proteksi yang terpasang, khususnya *breaking capacity circuit breaker*.

A. Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi

Saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat pembangkit dan sistem distribusi dan melalui hubungan-hubungan antar sistem dapat pula menuju ke

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

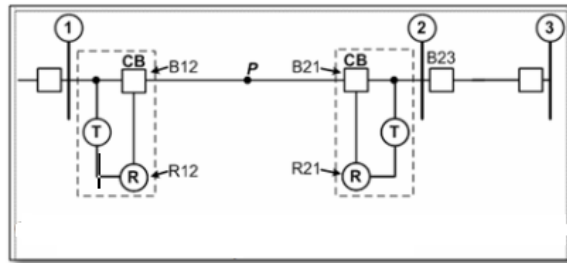
sistem-sistem tenaga yang lain (sistem interkoneksi). Tujuan utama dari sistem saluran interkoneksi adalah untuk menjaga kontinuitas dan ketersediaan tenaga listrik terhadap kebutuhan beban yang terus meningkat.



Gambar 1. Sistem tenaga listrik interkoneksi

B. Sistem Proteksi

Dari hasil analisa gangguan, dapat ditentukan sistem proteksi yang akan digunakan, seperti: spesifikasi switchgear, rating circuit breaker (CB) serta penetapan besaran-besaran yang menentukan bekerjanya suatu relay (setting relay) untuk keperluan proteksi.



Gambar 2. Diagram satu garis yang menunjukkan dua saluran transmisi dan unsur-unsur sistem proteksi untuk saluran 1-2

Jadi pada prinsipnya sistem proteksi berfungsi untuk mengisolir peralatan yang terganggu, agar bagian-bagian yang lainnya tetap beroperasi seperti biasa dan membatasi kerusakan yang mungkin timbul pada peralatan akibat terjadinya gangguan, seperti panas yang berlebihan (over heating), pengaruh gaya-gaya mekanik dan lain sebagainya.

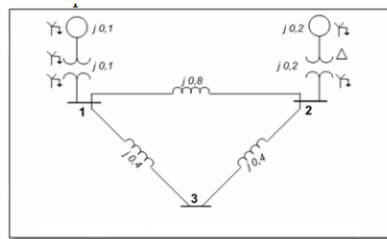
C. Analisis Gangguan

Gangguan yang sering terjadi antara lain : terputusnya kawat penghantar, pecahnya isolator, sambaran petir dan gangguan hubung singkat.

Untuk menentukan kapasitas cicuit breaker, maka perhitungan dilakukan pada arus hubung singkat 3 fasa simetris, dengan anggapan bahwa arus hubung singkat inilah yang paling besar diantara gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi.

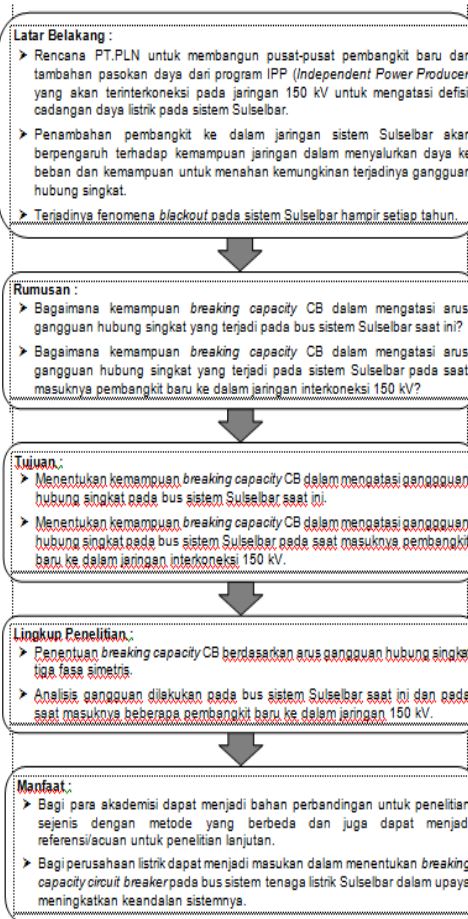
Asumsi-asumsi yang digunakan :

- Kapasitansi shunt diabaikan dan sistem dianggap tidak berbeban.
- Kedua generator beroperasi pada rating tegangan dan frekuensi yang sama pada setiap fasa.



Gambar 3. Diagram impedansi sebuah sistem tenaga listrik

D. Kerangka Pikir



II. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan studi kasus dan bersifat *non-ekperimental* yang dimulai dengan pengkajian masalah, studi pustaka, pengumpulan data, membuat simulasi pada program yang digunakan, interpretasi hasil, dan penarikan kesimpulan.

B. Rencana, Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di kota Makassar Propinsi Sulawesi Selatan pada Lingkungan PT. PLN (Persero) Wilayah Sulselrabar khususnya pada Unit AP2B Sistem Sulselbar. Penelitian ini direncanakan berlangsung selama dua bulan.

C. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* Matlab 7.0 yang akan digunakan untuk membantu pengolahan data jaringan untuk menentukan besarnya *breaking capacity circuit breaker* pada bus sistem tenaga listrik Sulselrabar.

D. Pengumpulan Data

Survei dan investigasi di lapangan, dilanjutkan dengan pengambilan data yang meliputi;

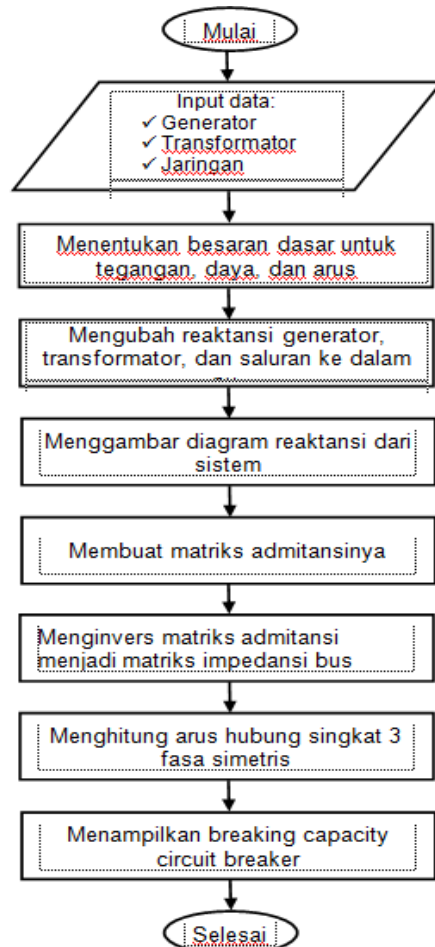
1. Diagram satu garis dari sistem Sulselbar.
2. Data generator : nama, jenis, MW, MVA, kV, $\cos \phi$, R, X, X', X''
3. Data transformator : nama, MVA, transformasi kV, %Z, X/R..
4. Data saluran transmisi : jumlah dan jenis penghantar, panjang, resistansi dan reaktansi.
5. Data gardu induk, bus, dan circuit breaker: nominal rating, kA rating dan tegangan.
6. Substation dan CB meliputi : nominal rating, kA rating dan tegangan.

E. Metode Analisis

Analisis gangguan hubung singkat dilakukan dengan metode matriks impedansi bus untuk mendapatkan besarnya arus gangguan yang mengalir pada setiap bus didalam sistem ketika terjadi gangguan, yang secara keseluruhan dihitung dengan menggunakan perangkat lunak komputer Matlab.

F. Diagram Alur (*Flow Chart*)

Berikut ini diagram alur (*Flow Chart*) yang digunakan untuk menentukan *breaking capacity circuit breaker* pada setiap bus sistem tenaga listrik Sulselrabar dengan menggunakan perangkat lunak komputer Matlab.



G. Prosedur Penelitian

Untuk memperoleh hasil yang optimal, maka pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, antara lain :

1. Studi pustaka
2. Pengambilan data yang diperlukan pada unit AP2B sistem Sulselbar dan wawancara dengan tenaga teknis yang terkait untuk memperkaya khasana informasi dari data yang diperoleh.
3. Mengolah dan menganalisis data yang ada.
4. Membuat dan menjalankan simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa simetris pada sistem Sulselbar.
5. Interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan.
6. Memberikan saran atau rekomendasi kepada pihak-pihak terkait, utamanya ke pihak PT.PLN (Persero) Sulselbar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil simulasi gangguan hubung singkat pada kondisi 1

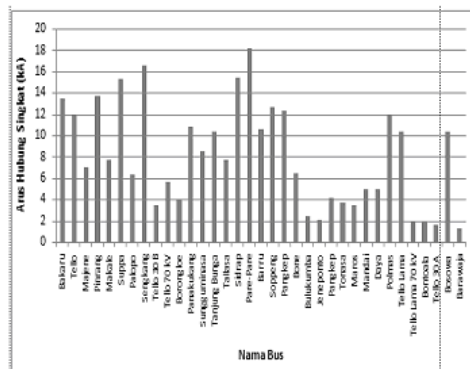
Simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa simetris dengan impedansi gangguan (Z_f) = 0, pada bus no.1 Bakaru, diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Arus yang mengalir setiap bus pada gangguan bus bakaru

Balanced three-phase fault at bus No 1			
Total fault current = 13 4235 per unit			
Line currents for fault at bus No. 1			
From Bus	To Bus	Current Magnitude	Angle degrees
1 Bakaru	F	13 4235	-79 8048
2 Tello	20 Pangkep	0 8828	-50 7051
2 Tello	34 Bosowa	0 7886	-47 5932
4 Pinrang	1 Bakaru	4 022	-75 1321
5 Makale	7 Palopo	0 425	69 2684
6 Suppa	17 Pare-Pare	1 0451	-71 6466
8 Sengkang	19 Soppeng	2 2745	-35 4643
10 Tello 70 kV	27 Mandai	0 0542	72 3072
10 Tello 70 kV	28 Daya	0 0897	53 77
10 Tello 70 kV	9 Tello 30 B	0 3305	81 0009
11 Borongloe	10 Tello 70 kV	0 3224	-69 1493
12 Panakukang	29 Polmas	0 0998	-35 7329
13 Sungguminasa	14 Tanjung Bunga	0 0441	-28 4948
14 Tanjung Bungan	29 Polmas	0 1603	-28 2832
15 Tallasa	14 Tanjung Bunga	0 0305	-36 8826
16 Sidrap	5 Makale	0 7859	79 1683
16 Sidrap	17 Pare-Pare	2 2287	-65 5705
17 Pare-Pare	4 Pinrang	2 8554	-68 4626
18 Barru	17 Pare-Pare	0 7031	-63 29
19 Soppeng	16 Sidrap	1 7982	-45 648
19 Soppeng	21 Bone	0 2669	-3 0526
20 Pangkep	17 Pare-Pare	0 7095	-61 1612
20 Pangkep	18 Barru	0 7087	-60 3667
20 Pangkep	24 Pangkep 70 kV	0 1455	-17 4017
21 Bone	22 Bulukumba	0 1592	1 3399
22 Bulukumba	23 Jeneponto	0 0621	-9 278
24 Pangkep 70 kV	25 Tonasa	0 0756	-20 5413
24 Pangkep 70 kV	26 Maros	0 0378	-4 3052
24 Pangkep 70 kV	27 Mandai	0 0298	-3 4451
26 Maros	27 Mandai	0 0167	-2 3199
27 Mandai	28 Daya	0 0383	-75 2841
29 Polmas	1 Bakaru	3 8252	-74 6836
29 Polmas	3 Majene	1 0515	85 4596
29 Polmas	10 Tello 70 kV	0 7839	86 1606
30 Tello Lama 30	29 Polmas	0 1607	-20 7808
31 Tello Lama 70 kV	30 Tello Lama 30 A	0 0956	-50 0264
32 Bontolala	31 Tello Lama 70 kV	0 1144	-67 7413
33 Tello 30 A	29 Polmas	0	45 1846
34 Bosowa	20 Pangkep	0 7086	-56 6377
35 Barawaja	33 Tello 30 A	0 0177	-55 3636

Tabel 2. Arus gangguan hubung singkat kondisi 1

No. Bus	Nama Bus	Total Arus Hubung Singkat 3 fasa (kA)	Breaking Capacity CB (kA)
1	Bakaru	13.4235	31.5
2	Tello	11.9221	31.5
3	Majene	7.0682	31.5
4	Pinrang	13.7051	31.5
5	Makale	7.7259	31.5
6	Suppa	15.3297	31.5
7	Pelopo	6.2899	31.5
8	Sengkang	16.5968	31.5
9	Tello 30 B	3.3916	31.5
10	Tello 70 kV	5.6894	31.5
11	Borongloe	3.9468	31.5
12	Panakukang	10.853	31.5
13	Sungguminasa	8.4921	31.5
14	Tanjung Bunga	10.3689	31.5
15	Talasa	7.7167	31.5
16	Sidrap	15.3865	31.5
17	Pare-Pare	18.1628	31.5
18	Barru	10.5432	31.5
19	Soppeng	12.6007	31.5
20	Pangkep	12.2908	31.5
21	Bone	6.3814	31.5
22	Bulukumba	2.4668	31.5
23	Jeneponto	2.0397	31.5
24	Pangkep	4.0997	31.5
25	Tonasa	3.6262	31.5
26	Maros	3.395	31.5
27	Mandal	4.908	31.5
28	Daya	4.9461	31.5
29	Palmas	11.9812	31.5
30	Tello Lama	10.3418	31.5
31	Tello Lama 70 kV	1.9853	31.5
32	Bontoala	1.8466	31.5
33	Tello 30 A	1.5827	31.5
34	Bosowa	10.3117	31.5
35	Barawaja	1.2336	31.5



Gambar 4. Arus hubung sistem Sulselbar pada kondisi 1

B. Hasil simulasi gangguan hubung singkat pada kondisi 2

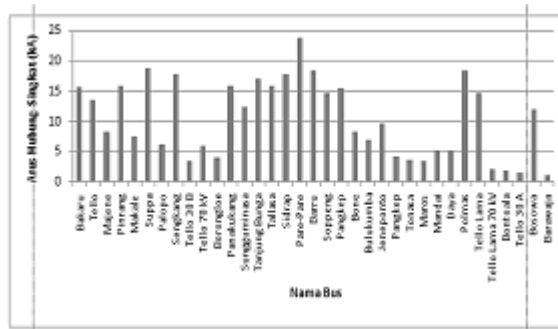
Simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa simetris dengan impedansi gangguan (Z_f) = 0, pada bus no.1 Bakaru, diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 3. Arus yang mengalir setiap bus pada gangguan bus Bakar

Balanced three-phase fault at bus No. 1				
Total fault current = 15.7159 per unit				
Line currents for fault at bus No. 1				
	From Bus	To Bus	Current Magnitude	Angle degrees
1	Bakar	F	15.7159	-80.0584
2	Tello	20 Pangkep	0.6743	-51.5699
2	Tello	34 Bosowa	0.6201	-48.947
4	Pinrang	1 Bakar	4.5468	-76.6054
5	Makale	7 Paloo	0.3277	33.9448
6	Suppa	17 Pare-Pare	0.8899	-75.2105
8	Sengkang	19 Soppeng	1.8318	-44.8982
10	Tello 70 kV	27 Mandai	0.0938	55.6966
10	Tello 70 kV	28 Daya	0.1464	42.775
10	Tello 70 kV	9 Tello 30_B	0.2517	80.5288
11	Borongloe	10 Tello 70 kV	0.2604	-60.1824
14	Tanjung Bunga	29 Polmas	2.7181	-85.4156
14	Tanjung Bunga	13 Sungguminasa	0.0427	-6.8624
15	Talasa	14 Tanjung Bunga	2.7935	-81.2383
16	Sidrap	5 Makale	0.5578	56.942
16	Sidrap	17 Pare-Pare	1.7669	-62.396
17	Pare-Pare	29 Polmas	1.2592	-64.95
17	Pare-Pare	4 Pinrang	3.4757	-74.2741
18	Baru	17 Pare-Pare	1.3999	-69.8518
19	Soppeng	16 Sidrap	1.7183	-40.4936
20	Pangkep	17 Pare-Pare	0.7678	-69.1317
20	Pangkep	18 Baru	0.1565	-69.3058
20	Pangkep	24 Pangkep 70 kV	0.2034	-28.6348
21	Bone	19 Soppeng	0.3838	22.4515
22	Bulukumba	21 Bone	0.7371	15.4489
23	Jenepondo	22 Bulukumba	0.915	18.0434
24	Pangkep 70 kV	25 Tonasa	0.1004	-28.2928
24	Pangkep 70 kV	26 Maros	0.0385	-28.0284
24	Pangkep 70 kV	27 Mandai	0.0253	-41.5576
26	Maros	27 Mandai	0.0124	-68.1532
28	Daya	27 Mandai	0.0636	77.114
29	Polmas	1 Bakar	5.4317	-79.4811
29	Polmas	9 Majene	0.7718	55.6614
29	Polmas	30 Tello Lama	0.0752	-8.1687
29	Polmas	12 Panakukang	0.0475	-11.0815
29	Polmas	10 Tello 70 kV	0.6052	83.7392
29	Polmas	33 Tello Lama 30 A	0	81.2935
30	Tello Lama 30 kV	31 Tello Lama 70 kV	0.1197	23.791
31	Tello Lama 70 kV	32 Bontolala	0.2078	33.3227
34	Bosowa	20 Pangkep	0.5178	-60.9426
35	Barawaja	33 Tello 30 A	0.0201	-59.9836

Tabel 4. Arus gangguan hubung singkat pada kondisi 2

No	Bus	Nama Bus	Total Arus Hubung Singkat 3 fasa (kA)	Breaking Capacity Existing
1	Bakar		15.7159	31.5
2	Tello		13.544	31.5
3	Majene		8.2521	31.5
4	Pinrang		15.8897	31.5
5	Makale		7.8443	31.5
6	Suppa		18.8878	31.5
7	Paloo		6.1095	31.5
8	Sengkang		17.7968	31.5
9	Tello 30B		3.4545	31.5
10	Tello 70kV		5.9201	31.5
11	Borongloe		4.1003	31.5
12	Panakukang		15.8507	31.5
13	Sungguminasa		12.4729	31.5
14	Tanjung Bunga		17.0925	31.5
15	Talasa		15.8097	31.5
16	Sidrap		17.7834	31.5
17	Pare-Pare		23.7986	31.5
18	Baru		18.3569	31.5
19	Soppeng		14.6415	31.5
20	Pangkep		15.4352	31.5
21	Bone		8.4113	31.5
22	Bulukumba		6.9794	31.5
23	Jenepondo		9.765	31.5
24	Pangkep		4.2372	31.5
25	Tonasa		3.7282	31.5
26	Maros		3.4795	31.5
27	Mandai		5.0888	31.5
28	Daya		5.1264	31.5
29	Polmas		18.4125	31.5
30	Tello Lama		14.7762	31.5
31	Tello Lama 70kV		2.0847	31.5
32	Bontolala		1.9319	31.5
33	Tello 30 A		1.6312	31.5
34	Bosowa		12.0360	31.5
35	Barawaja		1.2593	31.5

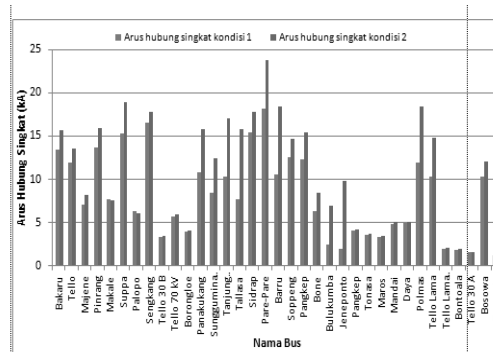


Gambar 5. Arus hubung sistem Sulselbar pada kondisi 2

C. Perbandingan Kondisi 1 dan Kondisi 2

Tabel 5. Arus gangguan hubung singkat

No. Bus	Nama Bus	Total Arus Hubung Singkat 3 fasa (kA) (Kondisi 1)	Total Arus Hubung Singkat 3 fasa (kA) (Kondisi 2)	Breaking Capacity CB (kA)
1	Bakaru	13.4235	15.7159	31.5
2	Tello	11.9221	13.544	31.5
3	Majene	7.0682	8.2521	31.5
4	Pinrang	13.7051	15.8897	31.5
5	Makale	7.7159	7.6443	31.5
6	Suppa	15.3297	18.8878	31.5
7	Palopo	6.2899	6.1095	31.5
8	Sengiang	16.5968	17.7968	31.5
9	Tello 30 B	3.3916	3.4545	31.5
10	Tello 70 KV	5.6894	5.9201	31.5
11	Borongloe	3.9468	4.1023	31.5
12	Panakukang	10.653	15.8507	31.5
13	Sungguminasa	8.4921	12.4729	31.5
14	Tanjung Bunga	10.3689	17.0925	31.5
15	Tallasa	7.7167	15.8097	31.5
16	Sidrap	15.3885	17.7834	31.5
17	Pare-Pare	18.1628	23.7986	31.5
18	Barre	10.5432	18.3569	31.5
19	Soppeng	12.6007	14.6415	31.5
20	Pangkep	12.2908	15.4352	31.5
21	Bone	6.3814	8.4113	31.5
22	Bulukumba	2.4668	6.9794	31.5
23	Jeneponto	2.0397	9.785	31.5
24	Pangkep	4.0997	4.2372	31.5
25	Tonasa	3.6262	3.7282	31.5
26	Maros	3.395	3.4795	31.5
27	Mandai	4.908	5.0888	31.5



Gambar. 4.3 Arus hubung singkat pada bus sistem Sulselrabar

Gambar 6. Arus hubung singkat pada bus sistem Sulselrabar

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil studi hubung singkat yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal antara lain :

- *Breaking capacity circuit breaker* yang terpasang pada saat ini sebesar 31.5 kA, masih mampu mengatasi arus gangguan hubung terbesar yang mungkin terjadi pada bus sistem tenaga listrik Sulselrabar pada saat ini, sebesar 6.9909 kA yang terjadi pada bus Pare-Pare.
- *Breaking capacity circuit breaker* yang terpasang pada saat ini sebesar 31.5 kA, masih mampu mengatasi arus gangguan hubung terbesar yang mungkin terjadi pada bus sistem tenaga listrik Sulselrabar pada saat masuknya pasokan daya dari PLTU Barru, PLTU Takalar dan PLTU Jeneponto, yaitu sebesar 9.16 kA yang terjadi pada bus Pare-Pare.

B. Saran

Studi hubung singkat perlu dilakukan pada sistem kelistrikan yang mengalami perubahan seperti penambahan jaringan transmisi maupun unit-unit pembangkit, karena perubahan-perubahan tersebut mempengaruhi besarnya arus hubung singkat pada setiap bus jika terjadi gangguan.

V. DAFTAR PUSTAKA

Allen-Bradley, 2002. *Basic of Circuit Breaker*. Publication 140M-WP001A-EN-P, Rockwell International Corporation, Milwaukee.

AntaraKurniawan, I G.W. *StudiHubungSingkatuntukMengevaluasiKemampuanCircuit Breaker*. Proceedings SNTK 2007 Universitas Hasanuddin Makassar, 17 18 Juli 2007

- Das, J. C. 2002. *Power System Analysis (Short-Circuit Load Flow and Harmonics)*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Garzon, Ruben D. 2004. 2002. *High Voltage Circuit Breaker (Design and Application)*. Second Edition Marcel Dekker, Inc. New York.
- Hewitson, L.G. 2004. *Practical Power System Protection*. IDC Technologies. Burlington.
- IEEE Std. 551.2006. *IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems*
- IEEE Transaction Standard 320-1972. *Application Guide for AC High Voltage Circuit Breaker Rated on Symmetrical Current Basis*.
- Kantor Berita Antara. *Pertumbuhan Ekonomi Sulsel Capai 8% (online)*. www.antarasulawesiselatan.com. diakses pada tanggal 11 Nopember 2009).
- Lester, G.N. *HV CB Standard in the USA: Past, Present, and Future*. IEEE Trans. On Power Apparatus and Systems, Vol. 93, 1974, pp 590-600.
- Najamuddin, Harun. 2005. *Sistem Tenaga Listrik*. Bahan Ajar Program S2 Teknik Elektro Unhas. Makassar.
- Palaloi, Sudirman. *Analisis Kemampuan Substation dan Saluran Transmisi 500 kV Jawa-Bali pada Tahun 2010*. Proceedings SNTK 2007 Universitas Hasanuddin Makassar, 17-18 Juli 2007.
- PT. PLN (Persero). *Neraca Daya Sistem Sulsel (online)*. <http://www.plssulselra.co.id>. diakses 18 Nopember 2009.
- PT. PLN (Persero) Pusat. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL 2006-2015)*. Jakarta.
- Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. McGraw-Hill. New York.
- Stevenson Jr, William D. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Edisi IV PT Erlangga. Jakarta.
- Wildi, Theodore. 1981. *Electrical Power Technology*. Sperika Enterprises Ltd. Canada.