

Pengaruh Masuknya Penambahan Pembangkit Baru kedalam Jaringan 150 kV pada Kapasitas *Circuit Breaker*

Emelia, Dian Yayan Sukma

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: emelia.tumorang@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to obtain the appropriate capacity circuit breaker on the electric power system of Riau using bus impedance matrix method in determining the flow of short circuit in the electric power system of Riau. This research was conducted in two conditions, namely the current state (existing) and the conditions at the time of entry of a new generation into the electricity system interconnection network Riau region in this regard Tenayan power plant with a capacity of 2x110 MW.

The results showed that the capacity of the circuit breaker that is currently installed on the electrical system Riau region is still larger than the three-phase short-circuit current simteris that may occur at this time of 12,375kA and at the time of entry of a new generation of 13,215kA so it can be said that the electrical system Riau region still able to withstand short circuit currents that may occur at the time of entry of the power supply from new power plants that have been planned.

Keywords: *capacity circuit breaker, circuit breaker, short circuit*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi masyarakat Riau, telah mendorong peningkatan yang signifikan dalam penggunaan energi listrik di 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.

Salah satu program pemerintah tentang pembangunan pembangkit kapasitas 35.000 MW, dimana salah satunya adalah proyek pengoperasian PLTU yang dilaksanakan di Provinsi Riau dengan kapasitas 2x110 MW. Dengan adanya penambahan unit

pembangkit baru di wilayah Riau, menyebabkan terjadi perubahan pada *setting* atau kapasitas infrastruktur pada jaringan transmisi termasuk sistem proteksi.

Salah satu komponen sistem proteksi adalah pemutus daya (*circuit breaker*). Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut, maka pada sistem wilayah Riau perlu dilakukan kajian atau studi hubung singkat untuk menentukan kemampuan sistem proteksi yang terpasang dalam hal ini kapasitas *circuit breaker*. Penentuan kapasitas CB (*Circuit Breaker*) dapat ditentukan berdasarkan nilai maksimum dari arus hubung singkat.

2. DASAR TEORI

2.1 Sistem Interkoneksi

Tujuan utama dari sistem saluran interkoneksi adalah untuk menjaga kontinuitas dan ketersediaan tenaga listrik terhadap kebutuhan beban yang terus meningkat. Sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran transmisi. Hal ini terjadi pada stasiun pembantu (*substation*) dimana juga dilaksanakan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan dan penghubung beban (*switching*).

2.2 Sistem Proteksi

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.

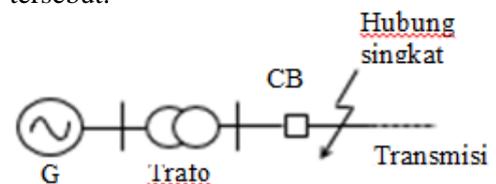
Sistem proteksi harus sanggup menghentikan arus gangguan sbelum arus tersebut naik mencapai harga yang berbahaya. Proteksi dapat dilakukan dengan sekering atau *circuit breaker*. Untuk itu pemilihan sistem proteksi harus sesuai dengan kapasitas arus hubung singkat *breaking capacity*.

2.3 Pemutus Daya (*Circuit Breaker*)

Circuit Breaker (CB) adalah salah satu peralatan pemutus daya yang berguna untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik dalam kondisi terhubung ke beban secara langsung dan aman, baik pada kondisi normal maupun saat terdapat gangguan.

2.3.1 Kapasitas Pemutus Daya

Pada keadaan normal suatu pemutus daya dialiri arus yang sama dengan arus beban. Jika terjadi hubung singkat tiga fasa setimbang pada sistem, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3, arus hubung singkat (I'') mengalir pada pemutus daya CB. Oleh karena itu, kapasitas suatu pemutus daya bergantung kepada besarnya arus hubung singkat yang diperkirakan akan mengalir pada pemutus daya tersebut.



Gambar 2.3 Peristiwa hubung singkat pada suatu sistem

2.3.2 Kapasitas Arus Sesaat (*Momentary Duty*)

1. Arus Hubung Singkat 3 Fasa Simetris Awal (I_k'')

Arus hubung singkat 3 fasa simetris awal (I_k'') adalah nilai efektif pada komponen simetris AC dari calon arus hubung singkat 3 fasa yang berlaku pada saat gangguan hubung singkat. Untuk menghitung I_k'' , dapat digunakan rumus:

$$I'' = \frac{E}{\sqrt{R_e^2 + X_e^2}} = \frac{cV_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_k^2 + X_k^2}} \quad (2.1)$$

(2.1)

Dimana:

V_n = Tegangan nominal generator

c = Faktor Tegangan (dapat dilihat pada tabel 2.1)

R_e = Resistansi ekuivalen semua R dilalui arus hubung singkat.

X_e = Reaktansi ekuivalen X yang dilalui arus hubung singkat.

Tabel 2.1 Faktor Tegangan

Nominal Voltage Un	Voltage factor c for the calculation of	
	maximum S-C Current	minimum S-C Current
Low Voltage 100 V to 1000 V Medium Voltage >1kV to 35 kV	1.05	0.95
High Voltage > 35 kV	1.1	1

2. Arus Puncak Hubung Singkat (Ip)

Arus puncak hubung singkat (Ip) adalah arus hubung singkat subtransien tertinggi pada setengah periode pertama. Untuk menghitung arus Ip dapat digunakan persamaan:

$$I_p = k_s \times \sqrt{2} I_k'' \quad (2.2)$$

$$k_s = 1,02 \times 0,98 e^{-\frac{3R_e}{X_e}} \quad (2.3)$$

2.4 Analisis Hubung Singkat

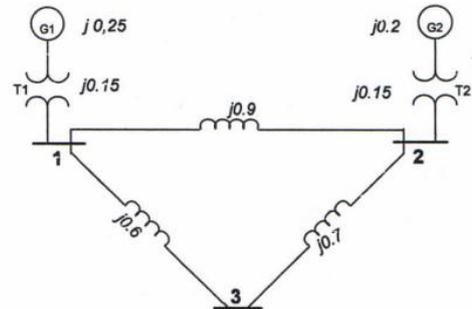
Tujuan dari analisis hubung singkat adalah untuk untuk menentukan arus gangguan maksimum pada bagian-bagian atau titik-titik tertentu dari suatu sistem tenaga listrik untuk jenis gangguan yang terjadi, sehingga dapat ditentukan peralatan pengaman yang digunakan untuk mengamankan sistem ketika gangguan tersebut terjadi.

Untuk menentukan kapasitas *circuit 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.

2.4.1 Matriks Admintasi Bus dan Impedansi Bus

Analisis gangguan hubung singkat pada jaringan yang kompleks dengan banyak bus lebih

mudah dilakukan dengan menggunakan metode matriks impedansi bus dibandingkan metode Thevenin.



Gambar 2.5 Diagram impedansi sebuah sistem tenaga listrik sederhana

Persamaan arusnya bila diaplikasikan pada rangkaian Thevenin adalah sebagai berikut:

$$I_{bus}(F) = Y_{bus} \Delta V_{bus} \quad (2.4)$$

Pemecahan untuk ΔV_{bus} di dapatkan:

$$\Delta V_{bus} = Z_{bus} I_{bus}(F) \quad (2.5)$$

Dengan $Z_{bus} = Y_{bus}^{-1}$ diketahui sebagai matriks impedansi bus.

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -y_{ij} \quad (2.6)$$

Untuk mendapatkan satu elemen tunggal tidak nol di dalam vektor arus, persamaan ke k dalam persamaan (12) menjadi:

$$V_k(F) = V_k(0) - Z_{kk} I_k(F) \quad (2.18)$$

$$I_k(F) = \frac{V_k(0)}{Z_{kk} + Z_f} \quad (2.7)$$

Arus hubung singkat pada saluran ini (ditetapkan positif dalam arah $(i-j)$) adalah sebagai berikut:

$$I_{ij} = \frac{V_i(F) - V_j(F)}{Z_{ij}} \quad (2.8)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

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

3.2 Rencana, dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada jaringan transmisi 150 kV di Provinsi Riau pada lingkungan PT.PLN wilayah Riau khususnya pada unit P3B Sumatera.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah *software* Matlab R2008b yang akan digunakan untuk membantu pengolahan data jaringan untuk menentukan besarnya kapasitas *circuit breaker* pada subsistem tenaga listrik Riau.

3.4 Langkah-langkah Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan teori atau landasan yang relevan terhadap objek yang akan diteliti dalam tugas akhir ini. Sumber yang digunakan dalam studi literatur diperoleh dari *e-book*, buku teks, skripsi dan jurnal-jurnal ilmiah terkait.

2. Survei Lapangan

Survei lapangan bertujuan untuk meninjau dan mengumpulkan variable-variabel-variabel objek yang akan diteliti, yaitu penentuan kapasitas *circuit breaker* yang sesuai untuk jaringan 150 kV wilayah Riau ketika masuknya pembangkit baru kedalam sistem serta mengumpulkan

data-data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini.

3. Analisa Data

Analisa data bertujuan untuk mendapatkan besarnya arus gangguan ketika terjadi hubung singkat 3 fasa simetris kemudian menentukan kapasitas *circuit breaker* yang sesuai saat masuknya pembangkit baru ke dalam jaringan interkoneksi 150 kV Wilayah Riau.

4. Interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan

5. Memberikan saran atau rekomendasi kepada pihak-pihak terkait, utamanya ke pihak PT.PLN (Persero) Provinsi Riau.

3.5 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 MATLAB menggunakan persamaan 2.4 hingga persamaan 2.8.

Dalam penentuan kapasitas arus puncak hubung singkat CB menggunakan persamaan 2.2 dimana nilai k dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3.

3.6 Objek penelitian

Objek yang dijadikan bahan penelitian untuk tugas akhir ini adalah pemutus tenaga (*circuit breaker*) yang sesuai untuk digunakan saat masuknya pembangkit baru 2x110 MW ke dalam jaringan interkoneksi 150 kV Wilayah Riau.

3.6.1 Data Peralatan Listrik Jaringan Interkoneksi 150 kV Wilayah Riau

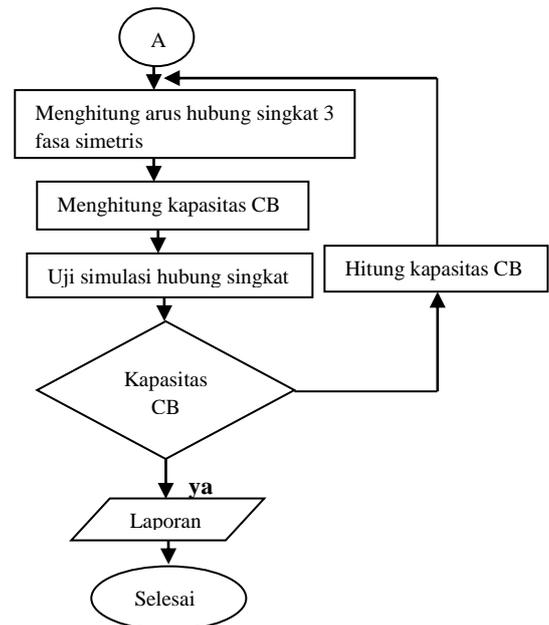
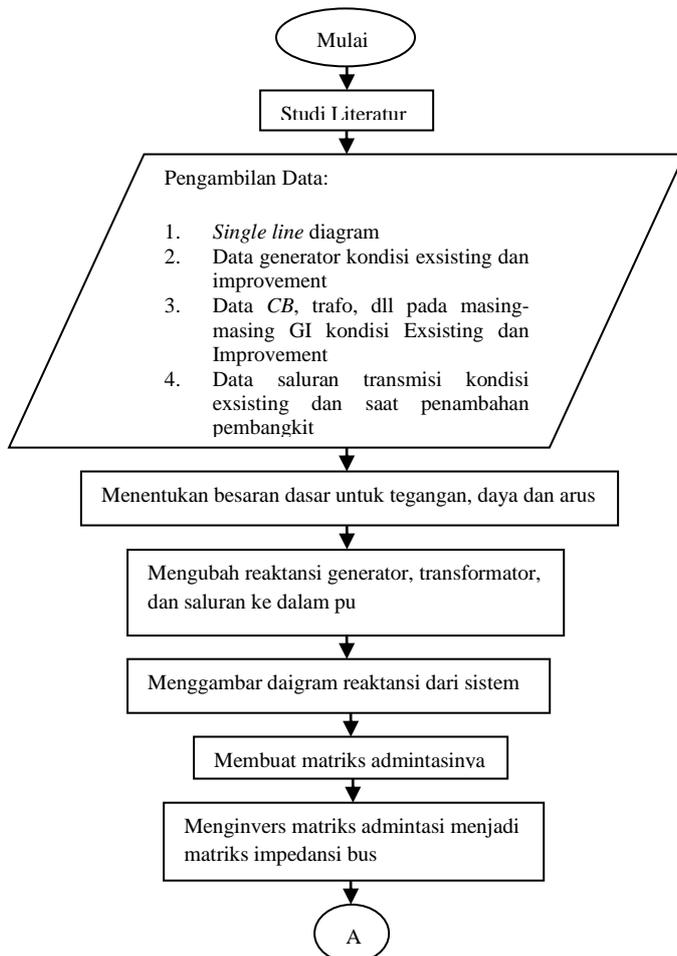
Data-data yang diperoleh Dari hasil observasi dan penelitian di lapangan adalah sebagai berikut:

- Diagram satu garis dari subsistem Riau
- Data generator
- Data transformator
- Data saluran transmisi
- Data gardu induk
- Data *circuit breaker*

3.7 Diagram Alur (Flow chart) Penelitian

Keterangan:

- Kondisi I → kondisi Existing
- Kondisi II → kondisi perencanaan penambahan pembangkit 2x110 MW



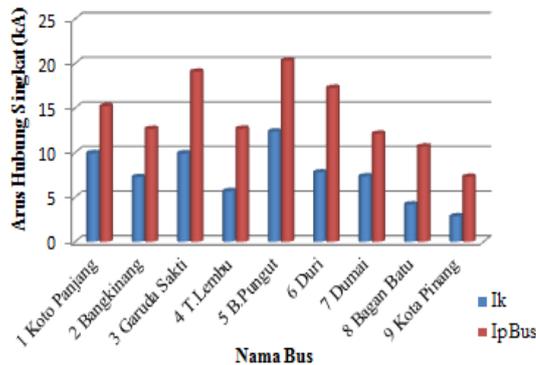
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian kondisi I dan II

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Existing

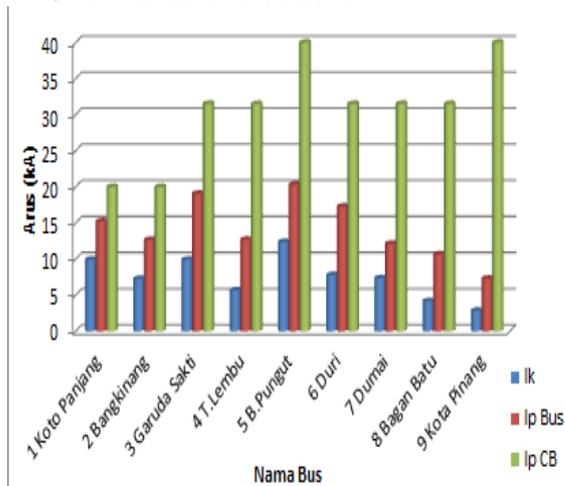
1. Arus Puncak Hubung Singkat (Ip) Kondisi I

Hasil perhitungan arus puncak hubung singkat pada setiap bus kondisi saat ini (kondisi 1) menggunakan standar IEC 60909 melalui bantuan *software* Matlab dan perbandingannya dengan kapasitas *circuit breaker* sistem tenaga listrik yang terpasang saat ini, ditunjukkan pada tabel berikut.



Gambar 4.1 arus hubung singkat pada masing-masing Bus sistem wilayah Riau kondisi 1

2. Perbandingan Arus Puncak Hubung Singkat pada Bus dan Kapasitas *Circuit Breaker* Kondisi I



Gambar 4.2 Perbandingan besar arus pada masing-masing bus kondisi 1

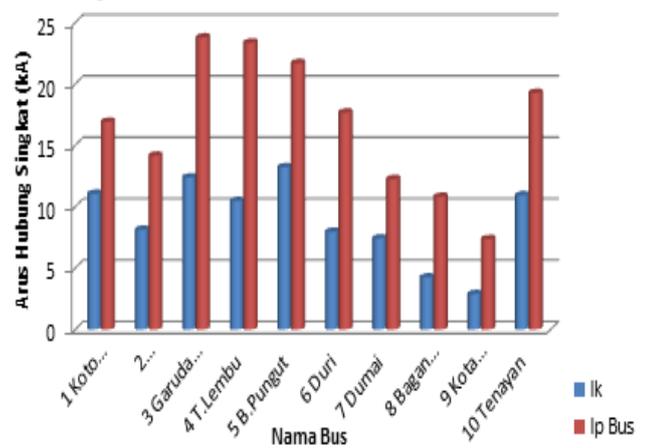
Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2, diperoleh informasi bahwa kemampuan capacity circuit breaker pada bus sistem wilayah Riau kondisi saat ini (kondisi 1) masih mempunyai kemampuan untuk menahan arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi, dimana arus hubung singkat paling besar terjadi bus Balai Pungut

dengan Ik sebesar 12,375 kA dan arus puncak hubung singkat (I_p) sebesar 20,315 kA. dan nilai ini masih lebih rendah dari kemampuan breaking capacity circuit breaker yang terpasang.

4.2 Kondisi Penambahan Pembangkit

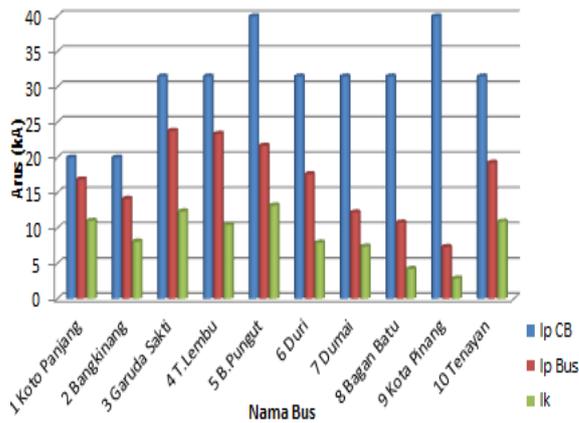
Sistem tenaga listrik Wilayah Riau direncanakan akan mendapat pasokan daya dari pembangkit baru yang direncanakan akan dibangun PLTU Riau dengan kapasitas 2x110 MW di kawasan industri Tenayan-Kota Pekanbaru. Pembangkit tersebut akan terhubung melalui jaringan interkoneksi pada sistem tenaga listrik wilayah Riau melalui saluran transmisi 150 kV.

1. Arus Puncak Hubung Singkat (I_p) Kondisi II



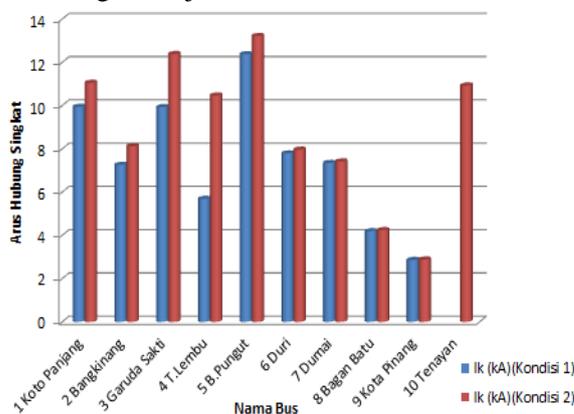
Gambar 4.3 Arus hubung singkat pada masing-masing Bus sistem wilayah Riau kondisi II

2. Perbandingan Arus Puncak Hubung Singkat pada Bus dan Kapasitas *Circuit Breaker* Kondisi II

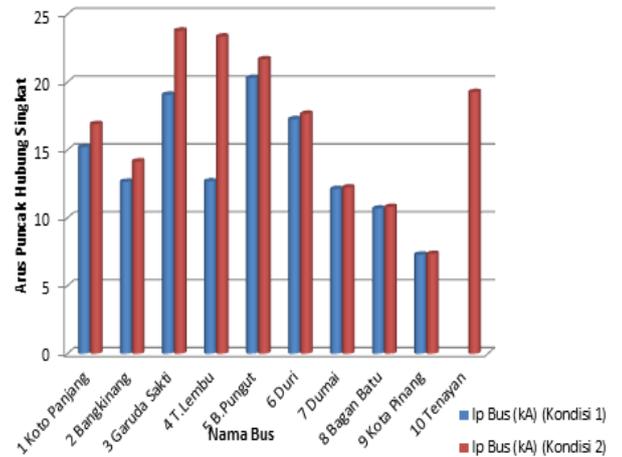


Gambar 4.4 Perbandingan besar arus pada masing-masing bus kondisi 2

Berdasarkan gambar 4.3 dan 4.4 arus hubung singkat terbesar terjadi pada bus Garuda Sakti dengan I_c sebesar 12,384 kA dan arus puncak hubung singkat (I_p) sebesar 23,793 kA. Hingga capacity circuit breaker pada bus sistem wilayah Riau kondisi saat ini (kondisi 1) masih mempunyai kemampuan untuk menahan arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi



Gambar 4.5 Perbandingan arus hubung singkat pada bus subsistem Riau kondisi I dan kondisi II



Gambar 4.6 Perbandingan arus puncak hubung singkat pada bus subsistem Riau kondisi I dan kondisi II

Berdasarkan perbandingan hasil studi hubung singkat yang ditunjukkan pada tabel 4.5 dan gambar 4.6, arus puncak hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi sebesar 23,793 kA pada bus Garuda Sakti. Namun nilai ini masih lebih rendah dari kemampuan peralatan yang terpasang saat ini. Jadi dapat dikatakan bahwa sistem kelistrikan wilayah Riau masih mampu untuk menahan arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi pada saat masuknya pasokan daya dari pembangkit baru yang telah direncanakan.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

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

1. *Kapasitas circuit breaker* yang terpasang pada saat ini, masih mampu mengatasi arus gangguan hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi

pada bus sistem tenaga listrik wilayah Riau pada saat ini, yaitu sebesar 12,375 kA dan arus puncak hubung singkat sebesar 20,315 kA yang terjadi pada bus Balai Pungut.

2. *Kapasitas circuit breaker* yang terpasang pada saat ini, masih mampu mengatasi arus gangguan hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi pada bus sistem tenaga listrik wilayah Riau pada saat masuknya pasokan daya dari PLTU Tenayan dengan kapasitas 2x110 MW, yaitu sebesar 13,215 kA yang terjadi pada bus Balai Pungut, dan arus puncak terbesar yaitu 23,793 kA yang terjadi pada bus Garuda Sakti.

5.2 Saran

1. 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.
2. Kapasita *circuit breaker* perlu diperhatikan pada sistem kelistrikan yang mengalami perubahan seperti penambahan jaringan transmisi maupun unit-unit pembangkit berdasarkan besarnya arus hubung singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Cekdin, Cekmas. 2007. *Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Tobing, Bonggas L. *Peralatan Tegangan Tinggi*, Edisi kedua, Erlangga: Jakarta, 2012
- Marhatang. 2013. *Penentuan Breaking Capacity Circuit Breaker Pada Bus Sistem Sulselrabar*
- Pembangkitan energy listrik, Djiteng Marsudi, 2005, Jakarta
- Shalih, khairus. 2015. *Analisis Penggunaan Reaktor Pembatas Arus Sebagai Pembatas Arus Hubung Singkat Di PT. Pulp And Paper*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau.