

**EVALUASI KAPASITAS PEMUTUS TENAGA
TRANSFORMATOR 30 MVA GARDU INDUK SEDUDUK PUTEH**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

YOGA AMARTEA

03091494061

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2014

S
621.314 07

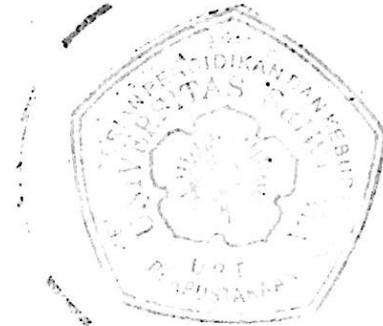
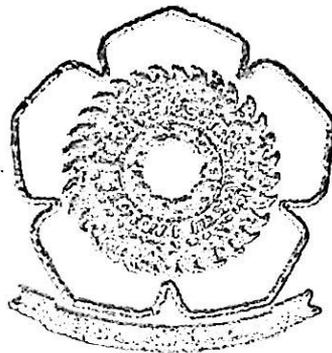
R 5407/5529

Yog

2

2014

**EVALUASI KAPASITAS PEMUTUS TENAGA
TRANSFORMATOR 30 MVA GARDU INDUK SEDUDUK PUTIH**



SARIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

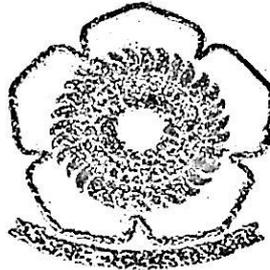
YOGA AMARTHA

03091404041

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2014

LEMBAR PENGESAHAN
EVALUASI KAPASITAS PEMUTUS TENAGA
TRANSFORMATOR 30 MVA GARDU INDUK SEDUDUK PUTIH



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

YOGA AMARTHA
03091404041

Palembang, Juli 2014

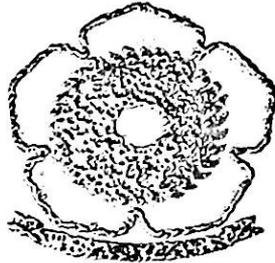
Mengetahui,
Ketua Jurusan

Ir. Sariman, MS
NIP. 195807071987031004

Pembimbing Utama

Ir. H. Edy Lazuardi, MT
NIP. 195806021982031003

LEMBAR PERSETUJUAN
EVALUASI KAPASITAS PEMUTUS TENAGA
TRANSFORMATOR 30 MVA GARDU INDUK SEDUDUK PUTIH



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

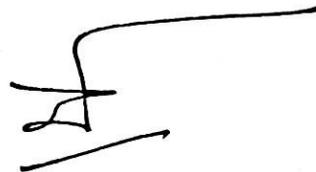
Oleh :

YOGA AMARTHA

63091404041

Palembang, Juli 2014

Pembimbing Utama



Ir. H. Edy Lazuardi, MT
NIP. 195806021982031003

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan jaringan mengharuskan adanya evaluasi peralatan sistem tenaga listrik, salah satu komponen penting yang harus kita perhatikan adalah pemutus tenaga. Suatu persyaratan mutlak dalam pemilihan pemutus tenaga yang akan kita gunakan pada sistem tenaga listrik adalah pemutus tenaga harus mampu dialiri arus paling besar yang mungkin mengalir suatu pemutus tenaga. Hal ini dikarenakan adanya peluang terjadi gangguan pada suatu sistem tenaga yang akan menimbulkan arus yang sangat besar yang akan melalui dan harus diputuskan oleh pemutus tenaga. Penentuan rating pemutus tenaga yang benar akan menyelamatkan pemutus tenaga itu sendiri dari kerusakan oleh arus gangguan yang pada akhirnya akan membuat sistem bekerja dengan baik. Perhitungan arus gangguan yang dilakukan adalah gangguan di penyulang dengan asumsi 10% dari panjang penyulang, gangguan di bus 20 kV dan gangguan dalam trafo dengan asumsi 10% dari impedansi total trafo. Dari perhitungan didapatkan bahwa nilai kapasitas hubung singkat terbesar di trafo adalah 828,729 MVA sedangkan kapasitas pemutus tenaga di sisi primer trafo 30 MVA adalah 1516 MVA, untuk di bus 20 kV kapasitas hubung singkat terbesar adalah 298,6933 MVA sedangkan kapasitas pemutus tenaga di sisi sekunder trafo 30 MVA adalah 520 MVA. Untuk penyulang kapasitas pemutus tenaganya adalah 520 MVA kecuali penyulang Kutilang yaitu 300 MVA, sedangkan kapasitas hubung singkat terbesar untuk masing – masing penyulang adalah 288,16691 MVA untuk penyulang Merpati, 279,88307 MVA untuk penyulang Murai, 282,05411 MVA untuk penyulang Walet, dan 284,88323 MVA untuk penyulang Kutilang. Dapat dilihat bahwa semua pemutus tenaga masih mampu menahan daya hubung singkat terbesar yang mungkin melaluinya, hanya saja pada penyulang Kutilang sudah hampir tidak memadai dengan persentase kapasitas hubung singkat dibanding kapasitas pemutus tenaga sebesar 94,96 %.

Kata kunci: Sistem Proteksi, Pemutus Tenaga, Breaking Capacity, Hubung Singkat.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya. Adapun Tugas Akhir ini berjudul : **“Evaluasi Kapasitas Pemutus Tenaga Transformator 30 MVA Gardu Induk Seduduk Putih“**

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, perkenankanlah penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada :

Bapak Ir. H. Edy Lazuardi, MT

selaku pembimbing tugas akhir ini yang telah banyak memberikan petunjuk dan bimbingan selama ini. Disamping itu, penulis juga menyampaikan rasa terima kasih atas saran – saran dan bantuan yang diberikan terutama kepada :

1. Kedua orang tua, kakak dan adik serta seluruh keluarga tercinta yang terus memberikan dukungan dan doa.
2. Bapak Ir. Sariman, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Ibu Ir. Sri Agustina, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Ahmad Faisal, ST selaku Pembimbing Akademik penulis
5. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar beserta staf Administrasi Jurusan Teknik Elektro
6. Seluruh staf di PT. PLN (PERSERO) P3B Sumatera UPT Palembang.

7. Teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2009, Aris, Cuke (Mahyudi), Devid, Arwan, Andal, Gebot, Phica, Doni, Harlan, Zawil dkk yang telah banyak membantu memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Palembang, Juli 2014

Penulis



**UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**
NO. DAFTAR 0000143430
TANGGAL : 16 OCT 2014

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Tujuan	I-2
1.3 Perumusan Masalah	I-3
1.4 Pembatasan Masalah	I-3
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	II-1
2.2 Pemutus Tenaga	II-2

2.2.1	Klasifikasi Pemutus Tenaga.....	II-3
2.2.2	Karakteristik Pemutus Tenaga.....	II-6
2.2.3	Parameter – Parameter Pemutus Tenaga	II-7
2.3	Analisa Hubung Singkat	II-9
2.3.1	Diagram Satu Garis.....	II-10
2.3.2	Diagram Impedansi (Pengganti)	II-11
2.3.3	Sistem Satuan / Per Unit (pu).....	II-12
2.3.4	Impedansi Sistem	II-14
2.3.5	Komponen – Komponen Simetris.....	II-15
2.3.6	Operator a.....	II-18
2.3.7	Analisa Fasor Tak Simetris	II-20
2.3.8	Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Saluran.....	II-23
2.3.9	Peralihan pada Saluran Transmisi	II-34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Lokasi Objek Penelitian	III-1
3.2	Objek Penelitian	III-1
3.3	Metodologi Penelitian	III-1
3.3.1	Pendahuluan.....	III-2
3.3.2	Diagram Alir Penelitian.....	III-2
3.3.3	Observasi, Pengambilan Data dan Analisa Data	III-4

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum.....	IV-1
4.2 Data	IV-3
4.2.1 Data Trafo Daya 30 MVA	IV-3
4.2.2 Data Pemutus Tenaga	IV-4
4.2.3 Data Teknis.....	IV-10
4.3 Base yang Digunakan.....	IV-11
4.3.1 Sisi 20 kV	IV-11
4.3.2 Sisi 70 kV	IV-11
4.4 Impedansi Sistem	IV-12
4.4.1 Impedansi Trafo.....	IV-12
4.4.2 Impedansi Sisi Tegangan Tinggi 70 kV	IV-12
4.4.3 Impedansi Penyulang.....	IV-12
4.5 Analisa Hubung Singkat	IV-17
4.5.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Terbesar pada penyulang Gangguan di 10% Panjang Penyulang	IV-17
4.5.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan di Bus 20 kV	IV-21
4.5.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan Dalam Trafo 10% dari Impedansi Trafo	IV-23

4.6 Perhitungan Kapasitas Hubung Singkat Maksimum

untuk Mengevaluasi Kapasitas Pemutus TenagaIV-25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan V-1

5.2 Saran..... V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram satu garis suatu sistem tenaga	II-11
Gambar 2.2 Penyederhanaan gambar 2.1	II-12
Gambar 2.3 Komponen - komponen simetris dari tegangan sistem tiga fasa	II-17
Gambar 2.4 Penjumlahan komponen – komponen simetris tegangan	II-18
Gambar 2.5 Diagram fasor operator a	II-19
Gambar 2.6 Hubungan antar vektor dari ketiga fasa dengan menggunakan komponen simetris	II-20
Gambar 2.7 Ilustrasi gangguan satu fasa	II-24
Gambar 2.8 Jala – jala urutan ketika terjadi hubung singkat satu fasa.....	II-25
Gambar 2.9 Ilustrasi gangguan dua fasa	II-26
Gambar 2.10 Jala – jala urutan ketika terjadi hubung singkat dua fasa	II-28
Gambar 2.11 Ilustrasi gangguan dua fasa ke tanah	II-29
Gambar 2.12 Jala – jala urutan ketika terjadi hubung singkat dua fasa ke tanah.....	II-31
Gambar 2.13 Ilustrasi gangguan tiga fasa	II-32
Gambar 2.14 Jala – jala urutan ketika terjadi hubung singkat tiga fasa	II-34

Gambar 2.15 Rangkaian ekivalen saluran transmisi	II-34
Gambar 2.16 Gelombang arus hubung singkat	II-37
Gambar 3.1 Diagram Alir (<i>flowchart</i>) Penelitian	III-3
Gambar 4.1 Diagram satu garis Gardu Induk Seduduk Putih Trafo 30 MVA	IV-2
Gambar 4.2 Trafo Daya 30 MVA Gardu Induk Seduduk Putih	IV-3
Gambar 4.3 PMT Trafo 30 MVA 70 kV	IV-4
Gambar 4.4 Kubikel <i>incoming feeder</i> 20 kV	IV-5
Gambar 4.5 Kubikel Penyulang Merpati	IV-6
Gambar 4.6 Kubikel Penyulang Murai	IV-7
Gambar 4.7 Kubikel Penyulang Walet.....	IV-8
Gambar 4.8 Kubikel Penyulang Kutilang	IV-9
Gambar 4.9 Gangguan di 10% panjang penyulang	IV-17
Gambar 4.10 Rangkaian ekivalen hubung singkat tiga fasa gangguan di 10% panjang penyulang	IV-17
Gambar 4.11 Gangguan di bus 20 kV	IV-21
Gambar 4.12 Rangkaian ekivalen hubung singkat tiga fasa gangguan di bus 20 kV	IV-21
Gambar 4.13 Gangguan di dalam trafo	IV-23
Gambar 4.14 Rangkaian ekivalen hubung singkat tiga fasa Gangguan di dalam trafo	IV-23

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Faktor pengali pemutus tenaga	II-9
Tabel 2.2 Beberapa fungsi operator a	II-19
Tabel 4.1 Impedansi urutan positif 10% panjang penyulang Merpati	IV-13
Tabel 4.2 Impedansi urutan positif 10% panjang penyulang Murai	IV-14
Tabel 4.3 Impedansi urutan positif 10% panjang penyulang Walet	IV-15
Tabel 4.4 Impedansi urutan positif 10% panjang penyulang Kutilang.....	IV-16
Tabel 4.5 Arus hubung singkat terbesar dan arus hubung singkat asimetris di setiap lokasi.....	IV-25
Tabel 4.6 Perbandingan kapasitas hubung singkat yang mungkin terjadi dengan kapasitas pemutus tenaga yang terpasang.....	IV-26

DAFTAR LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	JUDUL	Halaman
1	Diagram satu garis Gardu Induk Seduduk Putih.....	L-1
2	Diagram satu garis penyulang Merpati	L-2
3	Diagram satu garis penyulang Murai	L-3
4	Diagram satu garis penyulang Walet	L-4
5	Diagram satu garis penyulang Kutilang.....	L-9
6	Tabel Impedansi beberapa jenis kabel tegangan menengah 20 kV (dikutip dari SPLN 64:1985)	L-13



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan suatu kesatuan dari semua peralatan listrik yang digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan daya listrik dan melindungi sistem tenaga itu sendiri. Salah satu bagian dari sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi, sistem proteksi ini bertugas untuk meminimalisir kerusakan dan atau kerugian yang diakibatkan oleh gangguan pada sistem. Gangguan dapat berupa gangguan dari dalam ataupun dari luar sistem. Contoh gangguan dari dalam sistem adalah beban lebih, adanya kegagalan peralatan, dan lain – lain. Sedangkan gangguan dari luar contohnya adalah petir, angin, pohon, hewan dan lain – lain. Pada umumnya gangguan ini berupa hubung singkat, ada beberapa macam hubung singkat yang mungkin terjadi dari sistem tiga fasa yaitu hubung singkat satu fasa ke tanah, hubung singkat dua fasa, hubung singkat dua fasa ke tanah, dan hubung singkat tiga fasa.

Suatu sistem proteksi yang baik harus juga didukung oleh pemilihan pemutus tenaga yang tepat. Pemutus tenaga merupakan suatu peralatan berupa saklar yang bertugas untuk memutuskan atau menyambungkan jaringan hulu dan jaringan hilir dari suatu sistem tenaga listrik. Suatu pemutus tenaga diharapkan dapat beroperasi dengan baik ketika keadaan normal maupun ketika sistem sedang mengalami gangguan. Saat terjadi gangguan, pemutus tenaga bekerja berdasarkan perintah dari rele. Rele terbagi menjadi beberapa jenis sesuai dengan parameter kerjanya. Ketika



rele merasakan adanya gangguan, rele akan memerintahkan pemutus tenaga untuk membuka jaringan. Sebelum pemutus tenaga terbuka arus gangguan yang sangat besar sempat mengalir melewati pemutus tenaga walaupun waktunya hanya sebentar. Untuk itu di perlukan perhitungan arus gangguan terbesar yang mungkin melewati pemutus tenaga. Faktor lain yang perlu diperhatikan dalam memilih pemutus tenaga adalah faktor ekonomi, harga suatu pemutus tenaga akan semakin tinggi seiring dengan tingginya nilai rating pemutus tenaga. Dua faktor inilah yang digunakan dalam merencanakan pemasangan pemutus tenaga dan mengevaluasi kapasitas pemutus tenaga yang terpasang pada sistem tenaga.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui metode sistem per unit
2. Mengetahui metode komponen simetris
3. Mengetahui arus hubung singkat pada sistem tenaga
4. Mengetahui apakah kapasitas pemutus tenaga transformator 30 MVA Gardu Induk Seduduk Putih masih sesuai dengan perhitungan, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dan masukan bagi pihak perusahaan.



1.3 Perumusan Masalah

Pembahasan tugas akhir ini dilakukan dengan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Mengetahui berapa besar arus hubung singkat tiga fasa di 10% dari panjang penyulang, di bus 20 kV dan gangguan dalam trafo di 10% dari impedansi total trafo, trafo 30 MVA di Gardu Induk Seduduk Putih.
2. Mengetahui apakah kapasitas pemutus tenaga trafo 30 MVA, dan pemutus tenaga penyulang Merpati, Murai, Walet dan Kutilang di Gardu Induk Seduduk Putih masih memenuhi kapasitas hubung singkat terbesar yang mungkin melaluinya.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pembahasan adapun pembatasan masalah pada tugas akhir ini difokuskan pada :

1. Menghitung arus gangguan disekitar trafo 30 MVA terutama arus gangguan hubung singkat tiga fasa di 10% dari panjang penyulang, di bus 20 kV dan gangguan dalam trafo di 10% dari impedansi total trafo. Perhitungan dilakukan dengan mengabaikan impedansi penyebab gangguan (Z_f).
2. Evaluasi kapasitas pemutus tenaga menggunakan arus hubung singkat maksimum yaitu arus gangguan hubung singkat tiga fasa.
3. Perhitungan hubung singkat dilakukan dengan metode sistem per unit dan menggunakan metode komponen simetris dari C.L. Fortesque.



4. Untuk mempermudah perhitungan, beban diabaikan dan nilai impedansi kabel didapat dari SPLN 64: 1985.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dipakai untuk menguraikan pokok – pokok permasalahan yang ada akan diuraikan pada masing – masing bab. Adapun masing – masing bab tersebut adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis akan membahas tentang teori dasar yang menunjang seperti : pemutus tenaga secara umum, cara menentukan kapasitas pemutus tenaga, representasi sistem tenaga, komponen simetris, dan analisa hubung singkat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan metode – metode yang digunakan dalam menentukan objek – objek penelitian, pengambilan data dan menganalisa data objek penelitian.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan perhitungan nilai arus gangguan hubung singkat dan perhitungan kapasitas hubung singkat yang akan digunakan sebagai acuan mengevaluasi pemutus tenaga trafo 30 MVA Gardu Induk Seduduk Putih.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dikemukakan beberapa kesimpulan yang didapat oleh penulis dan juga saran – saran yang bersifat membangun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Stevenson, W.D. Jr., 1994. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga. Cetakan keempat.
2. Hamdadi, Antonius. 1999. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Diktat Kuliah. Universitas Sriwijaya: Palembang.
3. Setioko, Heru. 1990. *Studi Hubung Singkat 3 Fasa Sebagai Dasar Penentuan Circuit Breaker*. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Elektro. Universitas Sriwijaya: Palembang.
4. Cornelis, Happy. 1990. *Analisa Pemilihan Circuit Breaker untuk Pemakaian pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Gardu Induk Simpang Tiga*. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Elektro. Universitas Sriwijaya: Palembang.
5. Isman, Aidil. 2008. *Evaluasi Kapasitas Pemutus Tenaga pada Sisi 20 kV Gardu Induk Talang Kelapa Palembang*. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Elektro. Universitas Sriwijaya: Palembang.
6. Arismunandar, Artono. 1993. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II: Saluran Transmisi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. Cetakan keenam.
7. Arismunandar, Artono. 1997. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III: Gardu Induk*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. Cetakan keenam.