

**PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT
LIMITER (SFCL)UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA
PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE – FLORES**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

YOHANES MARTHO DINYO

NIM. 1112001

**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

1954

RECEIVED TELETYPE UNIT
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D. C.
MAY 10 1954

NEW YORK

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

MAY 10 1954

114-107-100
MAY 10 1954
MAY 10 1954

SPECIAL

RECEIVED TELETYPE UNIT
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D. C.
MAY 10 1954

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL)
UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL
DI MAUMERE - FLORES**

SKRIPSI

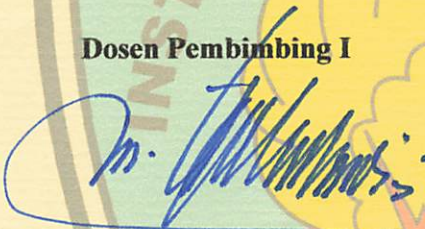
*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :
YOHANES MARTHO DINYO
NIM : 11.12.001

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

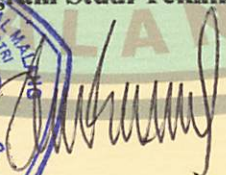

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209


Ir. Ni Putu Agustini, MT
NIP. Y. 1030100371

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1




M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

ABSTRAK

PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES

Yohanes Martho Dinyo, NIM 1112001

E-mail : yohanesdinyo@yahoo.com

**Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT dan
Ir. Ni Putu Agustini, MT**

Gangguan hubung singkat 3 fasa merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh suatu sistem pembangkit tenaga listrik. Akibat terjadinya gangguan hubung singkat 3 fasa dapat merusak peralatan pembangkit tenaga listrik yang memerlukan perbaikan yang mahal dan memakan waktu yang lama. Penelitian ini membahas tentang Superconducting Fault Current Limiters (SFCL), dimana SFCL tersebut untuk mengatasi permasalahan gangguan hubung singkat 3 fasa yang dihadapi oleh PLTD Maumere. Diharapkan SFCL tersebut mampu mereduksi gangguan hubung singkat. Pemodelan dan analisa gangguan hubung singkat dari sistem sebelum dan sesudah pemasangan Superconducting Fault Current Limiters (SFCL) dengan menggunakan software ETAP POWER STATION. Hasil pemodelan dan analisa yang telah dilakukan diperoleh nilai arus sebelum pemasangan SFCL sebesar 13.82 kA dan 15.77 kA pada bus 1 dan bus 2. Dengan pemasangan Superconducting Fault Current Limiters (SFCL) nilai arus gangguan hubung singkat yang didapat sesudah pemasangan Superconducting Fault Current Limiters (SFCL) pada bus 1 berkurang secara signifikan yaitu menjadi 6.44 kA atau direduksi sekitar 53.4 % dan nilai arus gangguan hubung singkat yang didapat sesudah pemasangan Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) pada bus 2 adalah 8.54 kA atau direduksi sekitar 45.8 % dari nilai arus gangguan hubung singkat sebelumnya.

Kata kunci : *Gangguan hubung singkat 3 fasa, Superconducting Fault Current Limiter, ETAP POWER STATION.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul **“PENGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES”**.

Penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka Skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ir. Ni Putu Agustini, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Kedua orang tua yang telah memberi doa, semangat dan materiil.
7. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu-persatu, kami mengucapkan banyak terima kasih atas bantuannya dalam proses pembuatan Skripsi yang telah saya kerjakan, begitu juga dengan penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Malang, Agustus 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sitematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Tenaga Listrik	5
2.2 Bagian-bagian Pembangkit Tenaga Listrik.....	6
2.3 Komponen – komponen Listrik pada Pembangkit Tenaga Listrik.....	6
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ^[3]	7
2.4.1 Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	8
2.5 Gangguan pada sistem tenaga listrik	10
2.5.1 Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem	10
2.5.2 Penyebab gangguan yang berasal dari luar sistem.....	10
2.5.3 Waktu gangguan	11
2.6 Sebab – Sebab Timbulnya Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik.....	11
2.6.1 Gangguan beban lebih (<i>overload</i>)	12
2.6.2 Gangguan hubung singkat	12
2.6.3 Gangguan tegangan lebih	12

2.7	Akibat-akibat yang ditimbulkan gangguan	13
2.8	Rel / Busbar	13
2.8.1	Jenis – jenis rel / busbar	13
2.9	<i>Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)</i> ^[6]	15
2.9.1	Cara kerja <i>Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)</i>	16
2.10	<i>Current Limiting Reactor / Reaktor Pembatas Arus</i> ^[7]	18
2.10.1	Fungsi utama <i>Current Limiting Reactor (CLR)</i>	18
2.10.2	Penempatan <i>Current Limiting Reactor</i>	19
2.11	Perhitungan nilai reaktansi <i>Current Limiting Reactor</i> pada <i>Superconducting Fault Current Limiter</i> ^[6]	21
2.12	Standart kemampuan parameter bus	22
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1	Gangguan hubung singkat	23
3.1.1	Gangguan hubung singkat simetri	23
3.1.2	Gangguan hubung singkat Tidak Simetri	24
3.2	Gangguan hubung singkat 3 fasa Simetri ^[8]	25
3.3	Sistem Tenaga Listrik Pembangkit Tenaga Diesel Maumere – Flores	27
3.4	Survey Pengumpulan Data	28
3.4.1	Data kuantitatif	28
3.4.2	Data Kualitatif	30
3.5	SOFTWARE ETAP POWER STATION	31
3.6	Perancangan Rangkaian Sistem dalam SOFTWARE ETAP	32
3.7	Pengolahan Data Hasil Survey	33
3.7.1	Input Data pada Software ETAP Power Station	33
3.8	Analisa profil arus gangguan hubung singkat sistem tenaga listrik PLTD Maumere	36
3.9	Analisa profil arus gangguan hubung singkat sistem tenaga listrik PLTD Maumere dalam Software ETAP	37
3.10	Algoritma penyelesaian masalah dengan software ETAP	38
3.11	<i>Flowchart</i> Penyelesaian masalah dengan Software ETAP	39

BAB IV ANALISA DAN HASIL ANALISA	40
4.1 Single line sistem tenaga listrik PLTD Maumere	40
4.2 Analisa hubung singkat atau <i>Short Circuit Analysis</i> dalam software ETAP	41
4.3 Solusi mereduksi arus gangguan hubung singkat	42
4.3.1 Hasil Perhitungan nilai reaktansi <i>Current Limiting Reactor</i> pada <i>Superconducting Fault Current Limiter</i>	42
4.3.2 Input data <i>Current Limiting Reactor</i> pada <i>Superconducting Fault Current Limiter</i>	44
4.3.3 Pemasangan <i>Superconducting Fault Current Limiter</i> pada simulasi software ETAP	45
4.4 Hasil analisa gangguan hubung singkat setelah pemasangan <i>Superconducting Fault Current Limiter</i>	45
4.5 Perbandingan arus gangguan hubung singkat 3 fasa sebelum dan sesudah pemasangan <i>Superconducting Fault Current Limiter</i>	47
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Tenaga Listrik	5
Gambar 2.2	Sistem PLTD dengan pendistribusian.....	7
Gambar 2.3	Bentuk visual <i>Superconducting Fault Current Limiter</i>	15
Gambar 2.4	Rangkaian <i>Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)</i>	16
Gambar 2.5	Rangkaian <i>Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)</i> Pada kondisi normal	16
Gambar 2.6	Rangkaian <i>Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)</i> Ketika terjadi gangguan	17
Gambar 2.7	Rangkaian <i>Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)</i> Setelah ciol aktif	18
Gambar 2.8	Reaktor Pembatas Arus Generator.....	19
Gambar 2.9	(a) Sistem <i>straight bus</i>	20
Gambar 2.9	(b) Sistem <i>ring bus</i>	20
Gambar 2.9	(c) Sistem <i>star bus</i>	20
Gambar 2.10	Reaktor pembatas arus <i>feeder</i>	21
Gambar 3.1	Rangkaian gangguan hubung singkat 3 fasa	24
Gambar 3.2	Rangkaian hubung singkat 1 fasa ketanah	24
Gambar 3.3	Rangkaian hubung singkat fasa ke fasa (2 fasa).....	25
Gambar 3.4	Rangkaian hubung singkat fasa ke fasa ke tanah (2 fasa ke tanah).....	25
Gambar 3.5	Rangkaian pada keadaan gangguan	26
Gambar 3.6	Sistem tenaga listrik Pembangkit Tenaga Diesel Maumere	27
Gambar 3.7	Single Line Diagram PLTD Maumere	30
Gambar 3.8	Tampilan ETAP Power Station	31
Gambar 3.9	Single Line Diagram PLTD Maumere pada Software ETAP	33
Gambar 3.10	Input data Generator.....	33
Gambar 3.11	Input data trafo step-up	34
Gambar 3.12	Input data bus.....	34
Gambar 3.13	Input data saluran.....	35

Gambar 3.14	Input data beban.....	35
Gambar 3.15	Flowchart penyelesaian masalah	39
Gambar 4.1	Single Line sistem tenaga listrik PLTD Maumere sebelum Pemasangan SFCL pada software ETAP	40
Gambar 4.2	<i>Running Short Circuit Analysis</i> pada software ETAP	41
Gambar 4.3	Pemodelan bentuk <i>Superconducting Fault Current Limiter</i> pada Softwear ETAP	42
Gambar 4.4	Input data Current Limiting Reactor pada Superconducting Fault Current Limiter untuk bus 1	44
Gambar 4.5	Input data Current Limiting Reactor pada Superconducting Fault Current Limiter untuk bus 2	44
Gambar 4.6	Single line diagram sistem tenaga listrik PLTD Maumere setelah Pemasangan SFCL	45
Gambar 4.7	<i>Running short circuit analysis</i> setelah pemasangan SFCL	46
Gambar 4.8	Grafik perbandingan arus gangguan hubung singkat sebelum dan Sesudah pemasangan Superconducting Fault Current Limiter.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data generator unit pembangkit PLTD	28
Tabel 3.2	Data generator unit pembangkit EPJ.....	28
Tabel 3.3	Data Trafo Step-up unit PLTD	29
Tabel 3.4	Data Trafo Step-up unit EPJ	29
Tabel 3.5	Data beban / penyulang Pembangkit Tenaga Diesel Maumere.....	30
Tabel 3.6	Data gangguan hubung singkat PLTD Maumere	36
Tabel 3.7	Data analisa arus gangguan hubung singkat 3 fasa simetri Pada simulasi ETAP.....	37
Tabel 4.1	Hasil analisa gangguan hubung singkat 3 fasa simetri.....	41
Tabel 4.2	Data hasil analisa hubung singkat 3 fasa simetri setelah Pemasangan Superconducting Fault Current Limiter	46
Tabel 4.3	Data perbandingan arus gangguan hubung singkat 3 fasa simetri Sebelum dan sesudah pemasangan SFCL	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk maka semakin meningkat pula kebutuhan energi listrik yang kontinuitas untuk memenuhi keperluan sehari-hari. Hampir setiap aktivitas manusia sangat terkait dengan energi listrik. Di Maumere – Flores memiliki satu pusat pembangkit listrik yang berada di kecamatan Wolomarang yang melayani kebutuhan listrik masyarakat di kota Maumere. Pada saat ini banyak sekali permasalahan yang terjadi di pusat pembangkit listrik tersebut dikarenakan bertambahnya beban serta kebutuhan daya listrik pada konsumen yang memaksa PLTD tersebut menambah kapasitas pembangkit, salah satunya penyebab masalah tersebut adalah meningkatnya arus gangguan hubung singkat. Dengan meningkatnya arus gangguan hubung singkat akan berdampak pada resiko kerusakan pada peralatan listrik yang berada disekitar titik gangguan serta mengakibatkan kegagalan sistem kelistrikan dalam penyaluran energi listrik. Arus gangguan hubung singkat yang lebih tinggi dapat menyebabkan masalah besar karena relay proteksi arus pemutus sirkuit dan aliran listrik antara utilitas listrik dan pelanggan terganggu. Arus gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan sistem tenaga listrik, yang memerlukan perbaikan yang mahal dan memakan waktu.^[1]

Dengan terjadinya arus gangguan hubung singkat maka diperlukan penggunaan peralatan proteksi untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat agar dapat mengurangi resiko kerusakan pada peralatan serta seluruh sistem dari pemadaman total. Peralatan proteksi tersebut yaitu berupa *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)*. *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)* kemudian akan di letakan diantara sumber dan titik gangguan yang tidak mampu menahan gangguan arus hubung singkat yang terjadi. Analisa arus gangguan hubung singkat 3 fasa dilakukan untuk mengetahui nilai arus gangguan yang mengalir pada sistem, untuk selanjutnya diletakan *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)* untuk mengurangi atau mereduksi arus gangguan tersebut.

Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) adalah peralatan yang digunakan untuk membatasi arus gangguan yang terjadi dalam sistem tenaga listrik. *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)* difungsikan sebagai media switch arus hubung singkat menuju *Current Limiting Reactor (CLR)* selanjutnya arus gangguan hubung singkat direduksi dengan memanfaatkan nilai reaktansi dari *current limiting reactor* pada *superconducting fault current limiter*. Penggunaan *Superconducting Fault Current Limiter* meningkat karena peningkatan jumlah arus gangguan hubung singkat yang terjadi yang bisa saja dapat merusak peralatan – peralatan yang ada pada pembangkit maka dari itu pada penulisan skripsi ini akan membahas mengenai Penggunaan *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)* untuk melindungi peralatan pada pembangkit tenaga diesel di Maumere – Flores.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah di kemukaan sebelumnya, maka penulis merumuskan masalah yang akan di bahas sebagai berikut :

1. Bagaimana keadaan arus gangguan hubung singkat pada saat sebelum dan sesudah pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter*.
2. Bagaimana men – *setting* dan meletakkan *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)*.

1.3 Tujuan

Adapun yang menjadi tujuan penulis dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Menganalisa arus gangguan hubung singkat pada saat sebelum dan sesudah memasang *Superconducting Fault Current Limiter*.
2. *Setting Superconducting Fault Current Limiter* dan memasang *Superconducting Fault Current Limiter* pada posisi yang tepat.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan permasalahan dalam skripsi ini maka diberikan batasan – batasan sebagai berikut :

1. Perbandingan arus gangguan hubung singkat sebelum dan setelah pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter*.

2. Perhitungan arus gangguan hubung singkat yang dilakukan adalah arus hubung singkat 3 fasa Simetri dengan setengah siklus pertama ($\frac{1}{2}$ cycle).
3. Gangguan hubung singkat yang terjadi di Bus pada sistem tenaga listrik.
4. Asumsi Arus gangguan hubung singkat sebelum pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* sebesar 10 kA.
5. Tempat yang dijadikan untuk survey pengambilan data adalah Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Wolomarang Maumere – Flores.
6. Software yang digunakan untuk simulasi dalam skripsi ini adalah *ETAP Power Station*.

1.5 Metodologi Penelitian

1. Study Literature

Mencari referensi – referensi dan teori – teori penunjang yang mendukung dalam melakukan analisa.

2. Melakukan survey pengumpulan data untuk melakukan analisa . Bentuk data yang digunakan adalah :
 - Data kuantitatif yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka – angka.
 - Data kualitatif yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini Single line diagram.
3. Melakukan perancangan rangkaian sistem pada perangkat lunak ETAP Power Station.
4. Pengolahan data hasil survey.
5. Menganalisa profil arus gangguan hubung singkat 3 fasa simetri yang terjadi pada Single Line Diagram PLTD Maumere.

1.6 Sitematika Penulisan

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur yang dilakukan dengan pengolahan data dan tahapan simulasi. Sitematika penyusunan skripsi terbagi dalam 5 bab dengan pembahasan yang bersifat individu sehingga diharapkan untuk mudah dipahami. Sitematika penulisan tersebut antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penulisan, dan Sistematika Penulisan yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pengertian tentang teori Pembangkit Tenaga Listrik, teori Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, Gangguan pada sistem tenaga listrik dan jenis - jenisnya serta penjelasan tentang cara kerja Superconducting Fault Current Limiter.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang kontribusi teori – teori atau landasan yang relevan terhadap analisa pada penulisan skripsi ini serta data – data yang digunakan.

BAB IV ANALISA DAN HASIL ANALISA

Dalam bab ini berisi analisa dan hasil analisa dari Software ETAP Power Station.

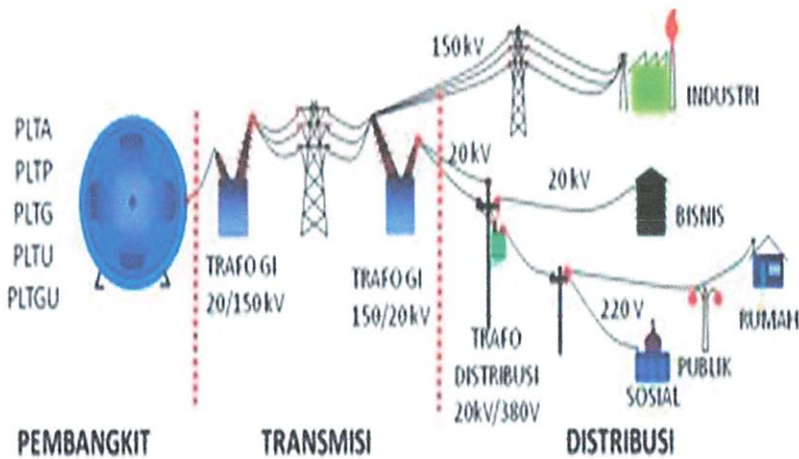
BAB V PENUTUP

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit Tenaga Listrik adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik, pada Pembangkit Tenaga Listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama pembangkitan yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi (potensi) listrik.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik^[2]

Pada gambar diatas diilustrasikan bahwa listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkitan yang menggunakan energi potensi mekanik (air, uap, panas bumi, nuklir, dll) untuk menggerakkan turbin yang porosnya dikopel/digandeng dengan generator. dari generator yang berputar menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan disalurkan ke gardu induk melalui jaringan transmisi, kemudian langsung di distribusikan ke konsumen melalui jaringan distribusi.

2.2 Bagian-bagian Pembangkit Tenaga Listrik

1. Penggerak utama (prime mover)
 - Mesin diesel
 - Turbin (air, gas, uap)
 - Beserta komponen dan perlengkapan lainnya (kondenser, boiler, dll)
2. Komponen listrik
 - Generator dan perlengkapannya
 - Transformator
 - Peralatan proteksi
 - Saluran kabel, busbar, dll
3. Komponen sipil
 - Bendungan, pipa pesat, prasarana dan sarana penunjang (untuk PLTA)
 - Prasarana dan sarana sipil (pondasi peralatan, jalan, cable duct, dll)
 - Gedung kontrol
4. Komponen mekanis
 - Peralatan bantu, peralatan pendingin, peralatan proteksi, dll.

2.3 Komponen – komponen Listrik pada Pembangkit Tenaga Listrik

1. Generator

Generator adalah mesin berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik.

2. Transformator Step-up

Transformator step-up adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang

dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh.

3. Busbar

Busbar atau *rel* adalah titik pertemuan atau hubungan trafo-trafo tenaga, SUTT, SKTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik atau daya listrik.

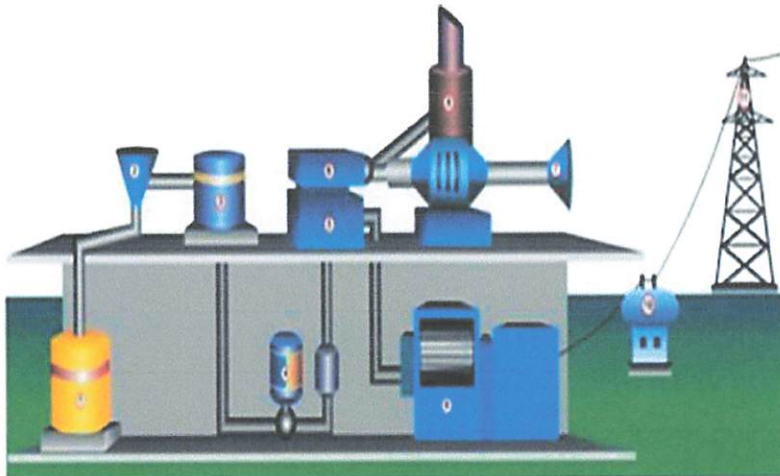
4. Peralatan Proteksi

Peralatan proteksi adalah sistem pengaman yang dipasang pada sistem tenaga listrik, seperti PMT (Pemutus Tenaga) / CB (Circuit Breaker), PMS (Pemutus Saluran), CT (Current Transformer), PT (Potensial Transformator).

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)^[3]

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover). Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah baru yang terpencil atau untuk listrik pedesaan dan untuk memasok kebutuhan listrik suatu pabrik.



Gambar 2. 2 Sistem PLTD dengan pendistribusian

2.4.1 Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Bahan bakar di dalam tangki penyimpanan bahan bakar dipompakan ke dalam tangki penyimpanan sementara namun sebelumnya disaring terlebih dahulu. Kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan sementara (daily tank). Jika bahan bakar adalah bahan bakar minyak (BBM) maka bahan bakar dari daily tank dipompakan ke Pengabut (nozzel), di sini bahan bakar dinaikan temperaturnya hingga menjadi kabut. Sedangkan jika bahan bakar adalah bahan bakar gas (BBG) maka dari daily tank dipompakan ke conversion kit (pengatur tekanan gas) untuk diatur tekanannya.

Kemudian menggunakan kompresor udara bersih dimasukan ke dalam tangki udara start melalui saluran masuk (intake manifold) kemudian dialirkan ke turbocharger. Di dalam turbocharger tekanan dan temperatur udara dinaikan terlebih dahulu. Udara yang dialirkan pada umumnya sebesar 500 psi dengan suhu mencapai $\pm 600^{\circ}\text{C}$.

Udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dimasukan ke dalam ruang bakar (combustion chamber). Bahan bakar dari conversion kit (untuk BBG) atau nozzel (untuk BBM) kemudian diinjeksikan ke dalam ruang bakar (combustion chamber). Di dalam mesin diesel terjadi penyalaan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimanfaatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi (35 - 50 atm), sehingga temperatur di dalam silinder naik. Dan pada saat itu bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar sehingga akan menyala secara otomatis yang menimbulkan ledakan bahan bakar.

Ledakan pada ruang bakar tersebut menggerak torak/piston yang kemudian pada poros engkol dirubah menjadi energi mekanis. Tekanan gas hasil pembakaran bahan bakar dan udara akan mendorong torak yang dihubungkan dengan poros engkol menggunakan batang torak, sehingga torak dapat bergerak bolak-balik (reciprocating). Gerak bolak-balik torak akan diubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol (crank shaft). Dan sebaliknya gerak rotasi poros engkol juga diubah menjadi gerak bolak-balik torak pada langkah kompresi. Poros engkol mesin diesel digunakan untuk menggerakkan poros rotor generator. Oleh

generator energi mekanis ini dirubah menjadi energi listrik sehingga terjadi gaya gerak listrik (GGL). Ggl terbentuk berdasarkan hukum faraday. Hukum faraday menyatakan bahwa jika suatu penghantar berada dalam suatu medan magnet yang berubah-ubah dan penghantar tersebut memotong garis-garis magnet yang dihasilkan maka pada penghantar tersebut akan diinduksikan gaya gerak listrik. Tegangan yang dihasilkan generator dinaikan tegangannya menggunakan trafo step up agar energi listrik yang dihasilkan sampai ke beban. Prinsip kerja trafo berdasarkan hukum ampere dan hukum faraday yaitu arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu sisi kumparan pada trafo dialiri arus bolak-balik maka timbul garis gaya magnet berubah-ubah pada kumparan terjadi induksi. Kumparan sekunder satu inti dengan kumparan primer akan menerima garis gaya magnet dari primer yang besarnya berubah-ubah pula, maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung kumparan terdapat beda tegangan. Menggunakan saluran transmisi energi listrik dihasilkan/dikirim ke beban. Di sisi beban tegangan listrik diturunkan kembali menggunakan trafo step down (jumlah lilitan sisi primer lebih banyak dari jumlah lilitan sisi sekunder). Dalam sistem tenaga listrik dimulai dari bagian pembangkitan kemudian disalurkan melalui sistem jaringan transmisi kepada gardu induk dan dari gardu induk ini disalurkan serta dibagi-bagi kepada pelanggan melalui saluran distribusi. Ada pula pelanggan yang mendapat pelayanan langsung dari saluran transmisi biasanya pelanggan ini membutuhkan tegangan yang besar dan daya yang besar pula. Seperti telah diterangkan sebelumnya bahwa prinsip dasar pembangkitan tenaga listrik terdapat pada perubahan energi mekanik ke dalam energi listrik. Gambar 2 berikut ini memperlihatkan bagan sistem pembangkitan, yang terdiri dari berbagai jenis pembangkitan.

Masing-masing jenis pembangkit tenaga listrik mempunyai prinsip kerja yang berbeda-beda, sesuai dengan penggerak mulanya (prime mover). Satu hal yang sama dari beberapa jenis pembangkit tenaga listrik tersebut yaitu semuanya samasama berfungsi merubah energi mekanik menjadi energi listrik, dengan cara mengubah potensi energi mekanik dari air, uap, gas, panas bumi, nuklir, kombinasi gas dan uap, menggerakkan atau memutar turbin yang

porosnya dikopel dengan generator selanjutnya dengan sistem pengaturannya generator tersebut akan menghasilkan daya listrik. Khusus untuk pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), prinsip kerjanya berbeda dengan pembangkit listrik lainnya. Sebenarnya energi penggerak PLTD ini adalah bahan bakar minyak karena bahan bakar merupakan bagian yang tak terpisahkan dari mesin diesel tersebut, maka disebut juga pembangkit tenaga diesel. Diesel ini merupakan satu unit lengkap yang langsung menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik.

2.5 Gangguan pada sistem tenaga listrik

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik sangat beragam besaran dan jenisnya. Gangguan dalam sistem tenaga listrik adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Secara umum klasifikasi gangguan pada system tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu: 1). Gangguan yang berasal dari dalam system dan 2).Gangguan yang berasal dari luar sistem.

2.5.1 Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem

Gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain :

1. Tegangan dan arus abnormal.
2. Pemasangan yang kurang baik.
3. Kesalahan mekanis karena proses penuaan
4. Beban lebih.
5. Kerusakan material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

2.5.2 Penyebab gangguan yang berasal dari luar sistem

Gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain :

1. Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat

menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).

3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

2.5.3 Waktu gangguan

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi :

1. Gangguan yang bersifat temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Gangguan sementara jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen.
2. Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan dan/atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Untuk gangguan yang bersifat sementara setelah arus gangguannya terputus misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh rele pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali. Sedangkan pada gangguan permanen terjadi kerusakan yang bersifat permanen sehingga baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti. Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai harga yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan.

2.6 Sebab – Sebab Timbulnya Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan–gangguan yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut yaitu :

2.6.1 Gangguan beban lebih (*overload*)

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut. Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengamanan yang terpasang.

2.6.2 Gangguan hubung singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetri. Gangguan tidak simetri ini terjadi sebagai akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah.

Gangguan-gangguan tidak simetri akan menyebabkan mengalirnya arus tak seimbang dalam sistem sehingga untuk analisa gangguan digunakan metode komponen simetri untuk menentukan arus maupun tegangan di semua bagian sistem setelah terjadi gangguan. Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. Gangguan dapat diperkecil dengan cara pemeliharaannya.

2.6.3 Gangguan tegangan lebih

Gangguan tegangan lebih diakibatkan karena adanya kelainan pada sistem. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi antara lain karena :

1. Gangguan petir

2. Gangguan surja hubung, di antaranya adalah penutupan saluran tak serempak pada pemutus tiga fasa, penutupan kembali saluran dengan cepat, pelepasan beban akibat gangguan, penutupan saluran yang semula tidak masuk sistem menjadi masuk sistem, dan sebagainya.

2.7 Akibat-akibat yang ditimbulkan gangguan

Adapun akibat-akibat yang ditimbulkan dengan adanya gangguan tersebut antara lain:

1. Rusaknya peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan arus-arus yang besar, arus tak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
2. Berkurangnya stabilitas daya system tersebut.
3. Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan hubung singkat tersebut sampai mengakibatkan bekerjanya CB yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.

2.8 Rel / Busbar

Merupakan titik pertemuan/hubungan antara trafo-trafo tenaga, Saluran Udara TT, Saluran Kabel TT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/daya listrik.

2.8.1 Jenis – jenis rel / busbar

1. Rel tunggal pada pusat pembangkit

Rel tunggal adalah susunan rel yang sederhana dan relatif paling murah, tetapi memiliki kelemahan dalam hal keandalan, dan kontinuitas pelayanan serta kurang fleksibel dalam pengoperasiannya. Jika terjadi kerusakan pada rel, seluruh pusat listrik harus dipadamkan jika akan melakukan perbaikan. Rel tunggal paling baik jika digunakan hanya pada pusat pembangkit listrik yang tidak begitu penting peranannya dalam sistem.

2. Rel Ganda dengan Satu PMT

Hubungan ke rel 1 atau rel 2 dilakukan melalui PMS. Rel ganda umumnya dilengkapi dengan PMT beserta PMS-nya yang berfungsi

menghubungkan rel 1 dan rel 2. Dengan rel ganda, sebagian instalasi dapat dihubungkan ke rel 1 dan sebagian lagi ke rel 2. Kedua rel tersebut (rel 1 dan rel 2) dapat dihubungkan paralel atau terpisah dengan cara menutup atau membuka PMT Kopel. Dengan cara ini fleksibilitas pengoperasian bertambah terutama sewaktu menghadapi gangguan yang terjadi dalam sistem. Sebagian dari unit pembangkit atau beban dapat dihubungkan ke rel 1 dan lainnya ke rel 2. Apabila salah satu unit pembangkit atau salah satu beban akan dipindah rel, terlebih dahulu PMT-nya harus dibuka, selanjutnya disusul pembukaan PMS rel yang akan dilepas, baru memasukkan PMS rel yang dituju, urutannya tidak boleh dibalik. Apabila terbalik, maka akan terjadi hubungan paralel antara rel 1 dan rel 2 yang belum tentu sama tegangannya dan berbahaya. Setelah selesai melakukan pemindahan posisi PMS, PMT dimasukkan. Untuk unit pembangkit, pemasukan PMT harus melalui proses sinkronisasi.

3. Rel ganda dengan 2 PMT

Rel ganda dengan dua PMT sama seperti rel ganda dengan satu PMT, tetapi semua unsur dapat dihubungkan ke rel 1 atau rel 2 atau dua-duanya melalui PMT sehingga fleksibilitasnya lebih baik tinggi. Pusat pembangkit listrik dengan rel ganda menggunakan dua PMT (PMT Ganda). Pemindahan beban dari rel 1 ke rel 2 dapat dilakukan tanpa pemadaman, karena dengan adanya 2 buah PMT (masing-masing satu PMT untuk setiap rel) pemindahan beban dilakukan dengan menutup rel yang dituju, kemudian membuka PMT rel yang dilepas. Rel 1 dan rel 2 tegangannya sama, baik besarnya maupun phasanya, setelah itu PMT harus masuk.

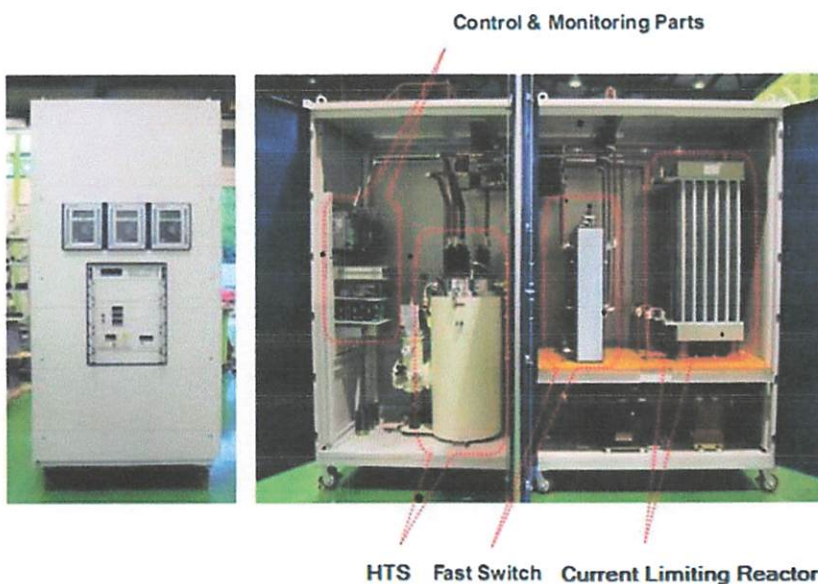
4. Rel dengan $\frac{1}{2}$ PMT

Rel dengan PMT $\frac{1}{2}$ adalah rel ganda dengan 3 buah PMT di antara dua rel. Jika rel-rel diberi identifikasi sebagai rel A dan rel B, maka PMT yang dekat dengan rel A diberi identifikasi sebagai PMT A1, PMT A2, dan seterusnya. PMT yang dekat rel B diberi identifikasi sebagai PMT B1, PMT B2, dan seterusnya. PMT yang di tengah disebut PMT diameter dan diberi identifikasi sebagai PMT AB1, PMT AB2, dan seterusnya. Bagian-bagian dari instalasi dihubungkan pada titik-titik yang letaknya antara PMT A dengan PMT B dan

pada titik-titik yang letaknya antara PMT B dengan PMT AB. Dibandingkan dengan rel-rel sebelumnya, rel dengan PMT 1½ ini memiliki keandalan paling tinggi. Jika rel A mengalami gangguan, dengan membuka semua PMT bernomor A beserta PMS-nya, daya tetap dapat disalurkan secara penuh. Jika rel B mengalami gangguan, dengan membuka semua PMT bernomor B beserta PMSnya, daya tetap dapat disalurkan secara penuh. Apabila rel A dan Rel B mengalami gangguan, dengan membuka semua PMT bernomor A dan PMT bernomor B beserta PMS-nya, daya tetap bisa disalurkan walaupun dengan fleksibilitas pembebanan yang berkurang.

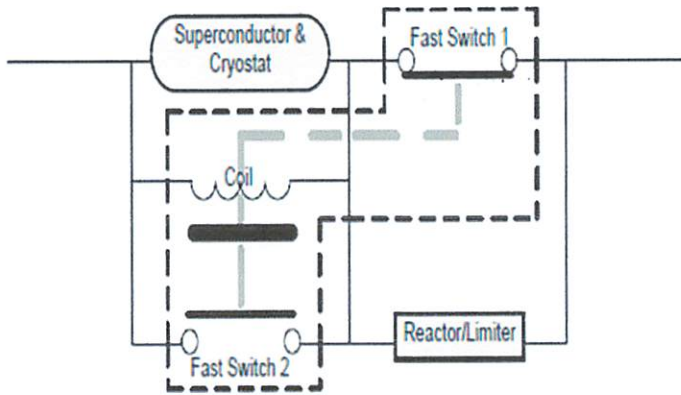
2.9 Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)^[6]

Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) merupakan suatu peralatan yang mampu membatasi arus gangguan yang muncul pada jaringan tenaga listrik. Dengan menggunakan Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) maka arus gangguan yang terjadi akan direduksi dengan memanfaatkan reaktansi dari Current Limiting Reactor (CLR).



Gambar 2.3 Bentuk visual *Superconducting Fault Current Limiter*
(Sumber : KEPCO Power Grid, 2008 EPRI Superconductivity Conference, Nov 11, 2008. Oak Ridge, TN)

Superconducting Fault Current Limiter terdiri dari High Temperature Superconductor dan Cryostat, Fast switch serta Current Limiting Reactor (CLR).

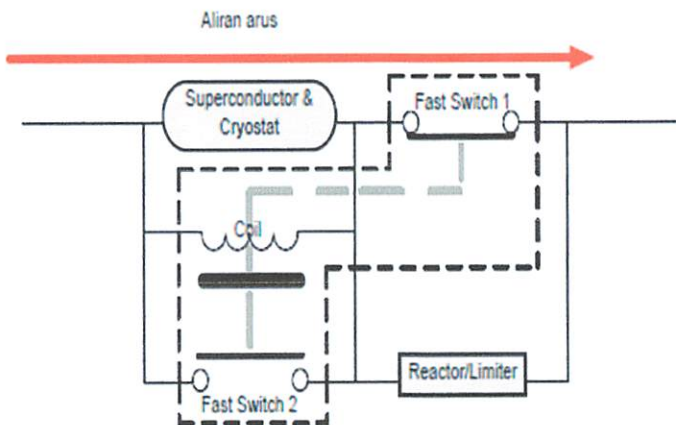


Gambar 2.4 Rangkaian Superconducting Fault Current Limiter (SFCL).

2.9.1 Cara kerja Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)

1. Kondisi Operasi Normal

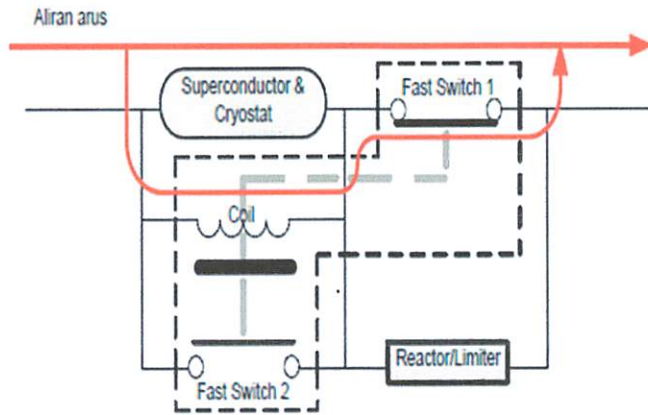
Pada saat kondisi normal arus akan mengalir melalui superconductor & cryostat yang terhubung seri dengan fast switch 1. Pada kondisi normal, temperatur operasi superconductor dijaga pada keadaan 77 Kelvin. Pada kondisi ini Superconductor menyerupai suatu penghantar tanpa hambatan atau memiliki impedansi sebesar 0 ohm.



Gambar 2.5 Rangkaian Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) pada kondisi operasi normal

2. Kondisi terjadi gangguan

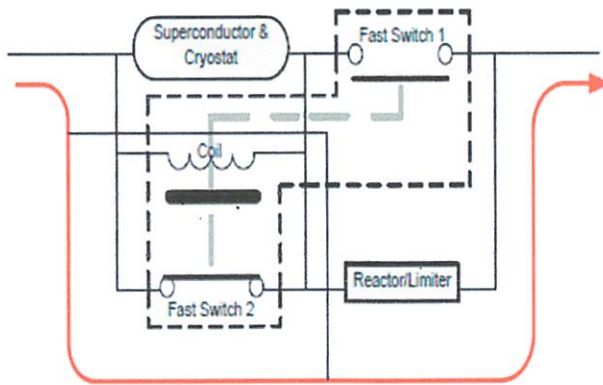
Ketika terjadi suatu gangguan, arus gangguan mengalir melalui superconductor sehingga superconductor akan menghasilkan panas yang selanjutnya akan meningkatkan nilai resistansi pada superconductor. Akibat meningkatnya resistansi pada superconductor maka selanjutnya arus gangguan akan mendrive coil. Kuat medan magnet yang dihasilkan coil akan mendorong fast switch 1 dan fast switch 2.



Gambar 2.6 Rangkaian Superconducting Fault Current Limiter ketika terjadi gangguan

3. Kondisi terjadinya gangguan setelah coil aktif

Setelah arus gangguan mendrive coil maka selanjutnya fast switch 1 yang semula normally close menjadi normally open sedangkan fast switch 2 yang semula normally open menjadi normally close. Akibatnya arus gangguan akan mengalir melalui fast switch 2 dan akan melalui reactor/limiter. Arus gangguan selanjutnya akan dibatasi pada reaktor pembatas arus (CLR).



Gambar 2.7 Rangkaian Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) pada kondisi terjadi gangguan setelah coil aktif.

Dari pengertian cara kerja superconducting Fault Current Limiter dapat disimpulkan bahwa superconducting (Superconductor) difungsikan sebagai media switch arus hubung singkat menuju Current Limiting Reactor (CLR) dengan memanfaatkan nilai impedansi dari superconductor untuk membuka dan menutup fast switch 1 dan 2.

2.10 *Current Limiting Reactor / Reaktor Pembatas Arus*^[7]

Arus gangguan hubung singkat mempunyai kemungkinan yang cukup besar untuk dapat menyebabkan kerusakan pada saluran dan peralatan lain yang terhubung dalam jaringan sistem tenaga. *Current Limiting Reactor* digunakan untuk mengurangi atau mereduksi arus gangguan yang dapat mengalir ketika terjadi gangguan hubung singkat, dengan tujuan menurunkan tingkat stress pada konduktor, pemutus tenaga, dan peralatan lain yang dialiri arus gangguan.

2.10.1 Fungsi utama *Current Limiting Reactor (CLR)*

Fungsi utama dari *Current Limiting Reaktor (CLR)* adalah:

1. Untuk mengurangi arus gangguan hubung singkat sehingga untuk melindungi perangkat sistem daya dan bagian sistem dari stres mekanik yang berlebihan dan terlalu panas.

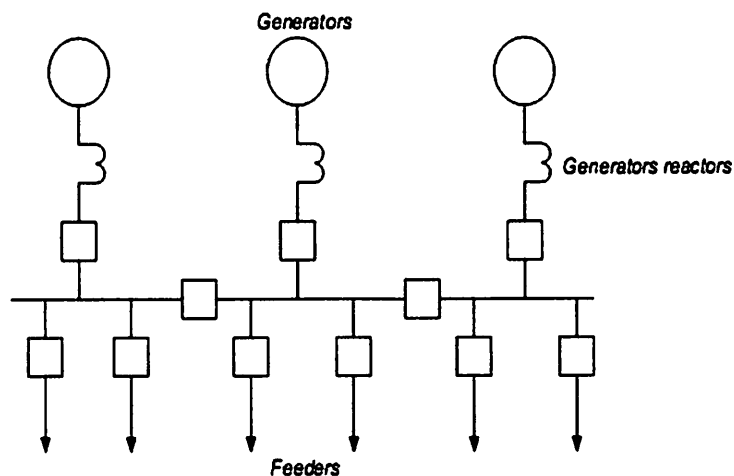
2. Untuk mengurangi besarnya gangguan tegangan yang disebabkan oleh arus pendek.
3. Untuk melokalisasi kesalahan dengan membatasi arus yang mengalir ke dalam kesalahan dari pengumpan sehat lain atau bagian dari sistem.
4. Untuk mengurangi tugas dikenakan pada beralih peralatan selama sirkuit pendek.

2.10.2 Penempatan Current Limiting Reactor

Berdasarkan penempatannya di dalam sistem, reaktor dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: 1) reaktor pembatas arus generator, 2) reaktor pembatas arus busbar dan 3) reaktor pembatas arus feeder^[7].

1. Reaktor pembatas arus generator

Biasanya digunakan pada generator yang memiliki nilai reaktansi dan terhubung langsung dengan busbar. Hal ini bertujuan untuk memproteksi busbar dari arus gangguan yang mengalir dari generator. Pemasangan reaktor pembatas arus generator dapat dilihat pada gambar 3.1.

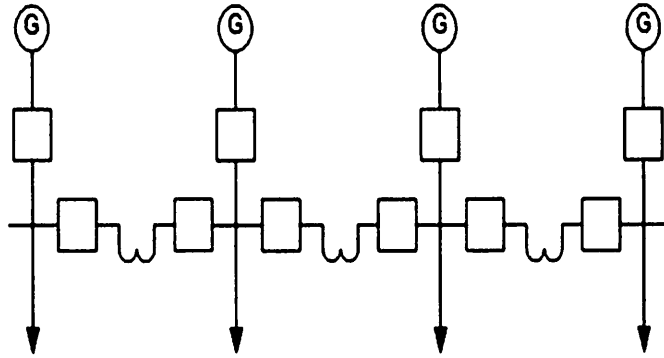


Gambar 2.8 Reaktor pembatas arus Generator

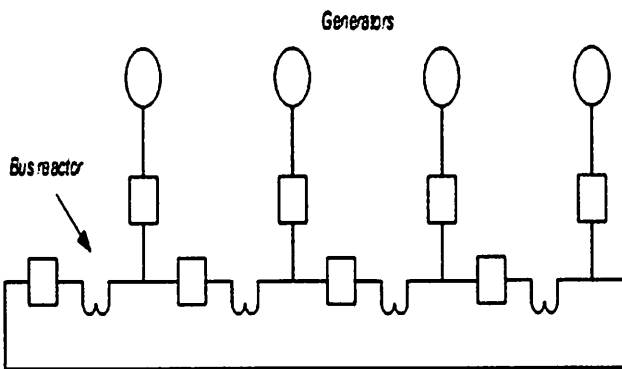
2. Reaktor Pembatas Arus Busbar

Digunakan apabila beberapa feeder dan sumber tenaga yang penting terkonsentrasi hanya pada satu bus bar saja, sehingga perlu untuk memisahkan

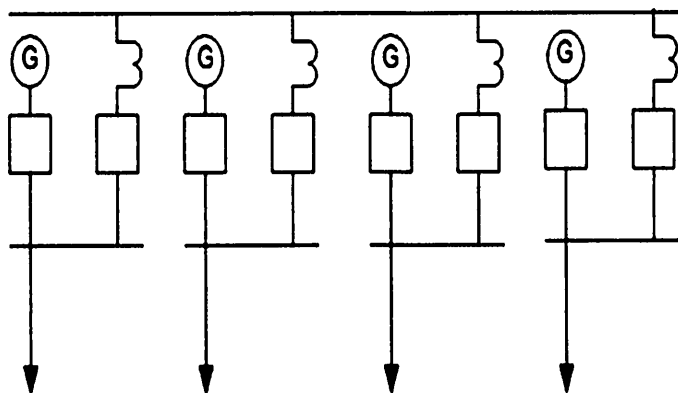
bus agar gangguan tidak akan mengakibatkan pemadaman yang luas pada sistem tenaga (Irfan, 2007). Ada tiga cara penempatan reaktor pembatas arus busbar yang banyak digunakan, yaitu: (a) sistem straight bus, (b) sistem ring bus, dan (c) sistem star bus.



Gambar 2.9 (a). Sistem Straight bus



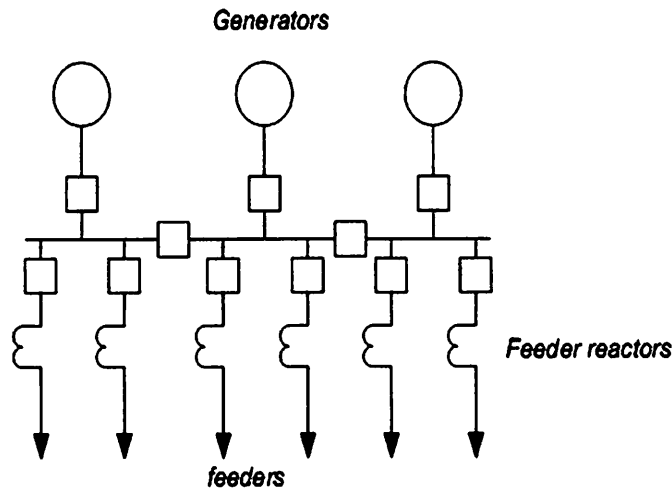
Gambar 2.9 (b) Sistem ring bus



Gambar 2.9 (c) Sistem Star bus

3. Reaktor pembatas arus *feeder* (penyulang)

Ditempatkan pada out going feeder bertujuan untuk membatasi besarnya arus hubung singkat yang terjadi.



Gambar 2.10 Reaktor pembatas arus feeder / penyulang

2.11 Perhitungan nilai reaktansi *Current Limiting Reactor* pada *Superconducting Fault Current Limiter* ^[6]

Untuk menentukan nilai reaktansi *Current Limiting Reactor* atau Reaktor Pembatas Arus yang akan digunakan pada *Superconducting Fault Current Limiter* maka dapat digunakan rumus perhitungan dengan menggunakan standar ANSI/IEEE sebagai berikut :

$$X_R = \frac{V}{\sqrt{3}} \times \left[\frac{1}{I_{sc\ desire}} - \frac{1}{I_{sc\ system}} \right]$$

Dimana :

X_R = Reaktansi Reaktor Pembatas Arus

V = Tegangan bus

$I_{sc\ desire}$ = Arus hubung singkat yang diinginkan

$I_{sc\ system}$ = Arus hubung singkat pada sistem

Spesifikasi *Current Limiting Reactor* adalah tegangan, arus dan reaktansi reaktor. Reaktor pembatas arus memiliki nilai reaktans induktif yang besar dan resistans yang rendah untuk dihubungkan ke dalam jaringan sistem tenaga. Perkembangan sistem tenaga yang cepat sering menyebabkan kenaikan arus hubung singkat melewati batas kemampuan peralatan seperti PMT, PMS, kabel, trafo arus, dan *busbar/busduct*. Dengan memasang reaktor pembatas arus, arus hubung singkat dapat diturunkan sehingga penggantian peralatan dapat dihindari.

2.12 Standart kemampuan parameter bus

Ada beberapa hal yang perlu diketahui sebelum memasang Superconducting Fault Current Limiter untuk melindungi peralatan listrik pada pembangkit. Salah satunya yaitu dengan mengetahui kemampuan peralatan listrik dalam menahan kapasitas arus hubung singkat yang mengalir. Menurut Standart *IEC (International Electrotechnical Commission)* pada software ETAP Power Station batas kemampuan parameter busbar dalam menerima arus hubung singkat 3 fasa berpatokan dari nilai 8-12.5-16-20-25-31.5-40 kA rms.^[9]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gangguan hubung singkat

Pada suatu sistem tenaga listrik dapat kita temukan berbagai macam gangguan. Salah satu gangguan yang ada adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat atau short circuit adalah salah satu gangguan yg bisa terjadi di sistem tenaga listrik. 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.

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat.

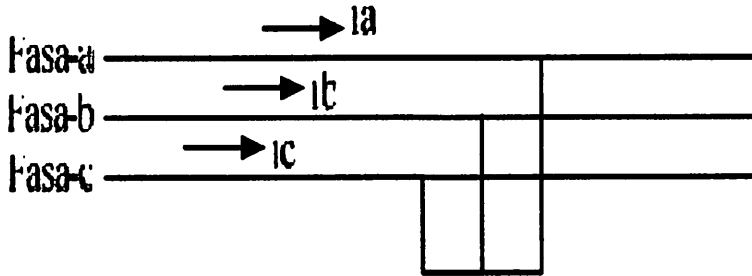
Gangguan hubung singkat atau *short circuit* pada sistem tenaga listrik pada umumnya dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Gangguan hubung singkat simetri.
2. Gangguan hubung singkat tidak simetri.

3.1.1 Gangguan hubung singkat simetri

Seperti yang telah kita ketahui, sistem tenaga listrik di Indonesia menggunakan sistem tiga fasa. Pada sistem tiga fasa ini digunakan tiga buah penghantar yang masing – masing penghantarnya memiliki besar yang sama, namun memiliki perbedaan fasa sebesar 120 derajat. Gangguan simetris itu sendiri merupakan gangguan yang mana menyerang ketiga penghantar tersebut. Sehingga, pada penghantar tersebut mengalir arus gangguan. Gangguan Hubung singkat simetris ini terjadi pada sistem 3 fasa saja. Hubung singkat ini terjadi pada ketiga konduktor berarus terhubung singkat secara bersamaan. Jenis hubung singkat simetri hanya untuk hubung singkat 3 fasa dengan atau tanpa ke

tanah. Hanya 5% dari total kejadian gangguan hubung singkat adalah hubung singkat 3 fasa.

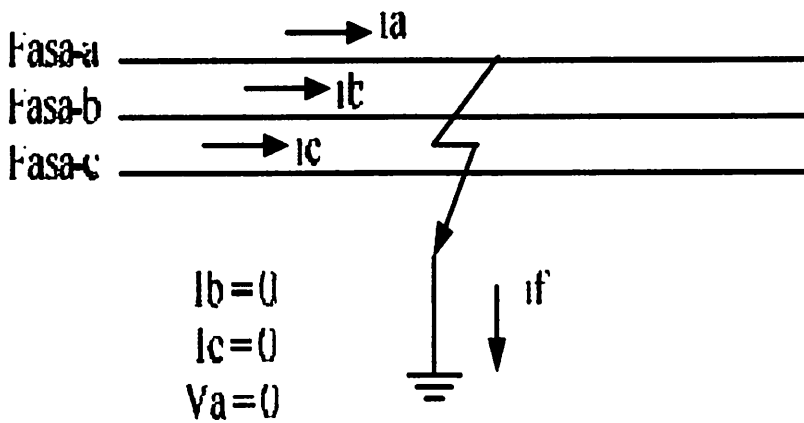


Gambar 3.1 Rangkaian gangguan hubung singkat 3 fasa.

3.1.2 Gangguan hubung singkat Tidak Simetri

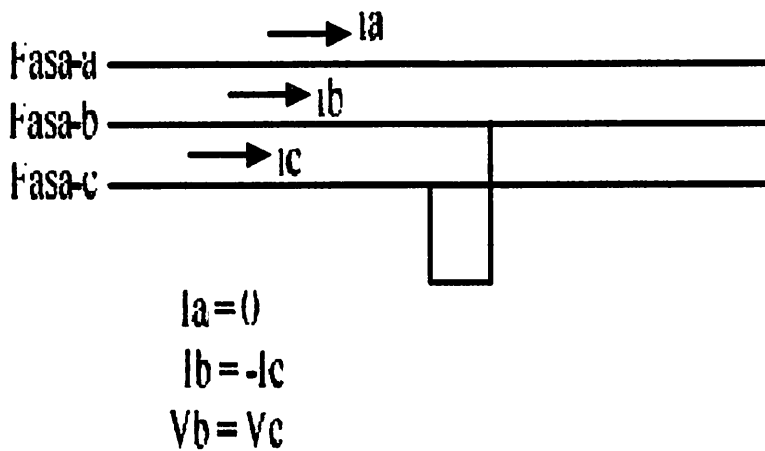
Gangguan tidak simetri merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari :

1. Gangguan hubung singkat Satu Fasa ke Tanah



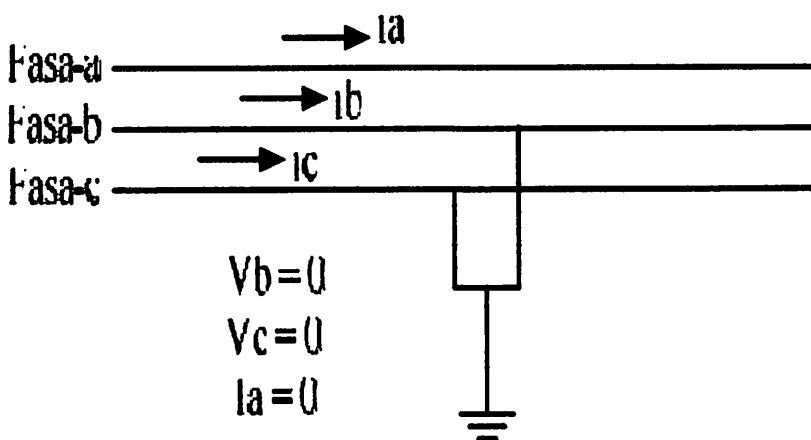
Gambar 3.2 Rangkaian hubung singkat 1 fasa ke tanah

2. Gangguan hubung singkat fasa ke fasa (2 fasa)



Gambar 3.3 Rangkaian hubung singkat fasa ke fasa (2 fasa)

3. Gangguan hubung singkat fasa ke fasa ke tanah (2 fasa ke tanah)



Gambar 3.4 Rangkaian hubung singkat fasa fasa ke tanah (2 fasa ke tanah)

3.2 Gangguan hubung singkat 3 fasa Simetri^[8]

Seperti yang telah kita ketahui, sistem tenaga listrik di indonesia menggunakan sistem tiga fasa. Pada sistem tiga fasa ini digunakan tiga buah penghantar yang masing – masing penghantarnya memiliki besar yang sama, namun memiliki perbedaan fasa sebesar 120 derajat. Gangguan simetris itu sendiri merupakan gangguan yang mana

menyerang ketiga penghantar tersebut. Sehingga, pada penghantar tersebut mengalir arus gangguan hubung singkat.

Gangguan simetris merupakan gangguan dimana besar magnitude dari arus gangguan sama pada setiap fasa. Gangguan ini terjadi pada gangguan hubung singkat 3 fasa. Secara umum besarnya arus gangguan dihitung menggunakan rumus :

$$I_{fault} : \frac{V_{source}}{Z_s + Z_L + Z_f} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

I_{fault} : Arus gangguan

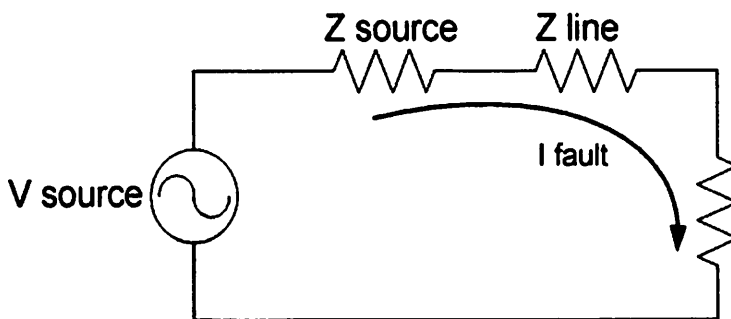
V_{source} : tegangan sistem

Z_s : impedansi peralatan sistem

Z_L : impedansi saluran sistem

Z_f : impedansi gangguan misalnya : busur, tahanan tanah

Titik dimana konduktor menyentuh tanah selama gangguan biasanya disertai dengan busur (*arc*). Busur ini bersifat resistif , namun resistansi busur besarnya sangat beragam. Resistansi gangguan besarnya tergantung resistansi serta tahanan tanah ketika terjadi gangguan ke tanah.



Gambar 3.5 rangkaian pada keadaan gangguan

Perhitungan arus gangguan menggunakan persamaan diatas, hanya saja ketika gangguan simetris terjadi, tetapi tidak terjadi busur dikarenakan konduktor tidak menyentuh tanah sehingga persamaan menjadi

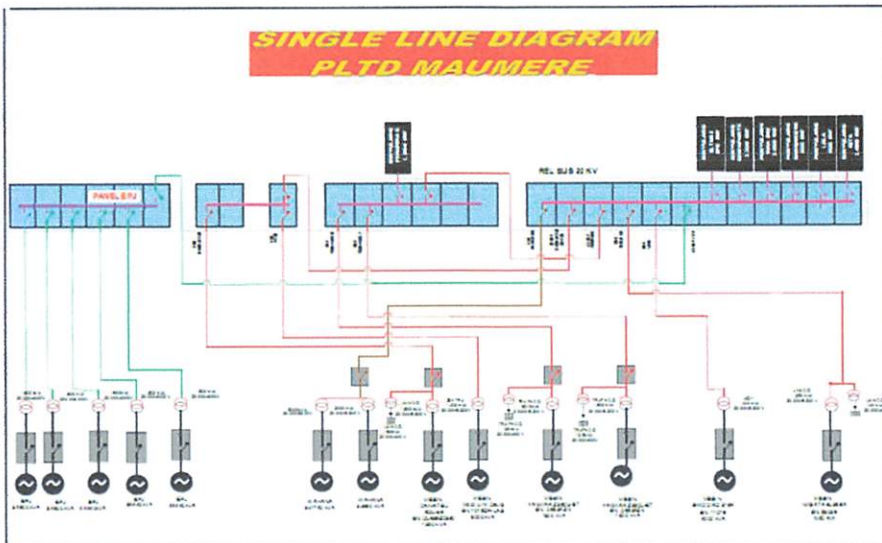
$$I_{fault} = \frac{V_{source}}{Z_s + Z_L} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

- I_{fault} : Arus gangguan
- V_{source} : tegangan sistem
- Z_s : impedansi peralatan sistem
- Z_L : impedansi saluran sistem.

3.3 Sistem Tenaga Listrik Pembangkit Tenaga Diesel Maumere – Flores

Pembangkit Tenaga Diesel di Maumere – Flores adalah pembangkit Tenaga diesel milik PT. PLN (Persero) cabang Flores bagian Timur. Konversi tegangan yang dihasilkan oleh Pembangkit Tenaga Diesel Maumere tersebut adalah 20 kV. Sebelumnya Pembangkit tenaga diesel di Maumere – flores hanya terdiri dari 8 unit pembangkit. Pada pertengahan tahun 2004 PT. PLN (Persero) cabang Flores bagian Timur bekerja sama dengan PT. Telaga Ende telah menambah 5 unit pembangkit pada Pembangkit Tenaga Diesel kota Maumere untuk mendukung kemajuan perkembangan kota Maumere.



Gambar 3.6 Sistem tenaga listrik Pembangkit Tenaga Diesel Maumere – Flores

3.4 Survey Pengumpulan Data

Survey pengumpulan data dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel di Maumere – Flores. Diketahui di PLTD tersebut terdapat dua unit pembangkit yaitu unit pembangkit PLTD dan unit pembangkit EPJ. Data – data yang sudah dikumpulkan sebagai berikut :

3.4.1 Data kuantitatif

Yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka – angka, data kuantitatif pada PLTD Maumere berupa :

1. Data unit Pembangkit PLTD

Tabel 3.1 Data generator Pembangkit unit PLTD

No.	Nama	Thn. Operasi	Daya (kW)	Keterangan
1	Wahana 1	1985	3480	Operasi
2	Wahana 2	1983	1360	Operasi
3	Daihatsu	1996	1250	Operasi
4	Mu Deutz	2002	3000	Operasi
5	Yanmar 1	1997	1200	Operasi
6	Yanmar 2	1997	1200	Operasi
7	Swd Dro	2000	4000	Operasi
8	Nigata	1998	1050	Rusak

2. Data unit pembangkit EPJ

Tabel 3.2 Data generator unit Pembangkit EPJ

No.	Nama	Thn. Operasi	Daya Mampu (kW)	Keterangan
1	Epj 1	2004	1600	Operasi
2	Epj 2	2004	1800	Operasi
3	Epj 3	2004	1760	Operasi
4	Epj 4	2004	1320	Operasi
5	Epj 5	2004	1760	Operasi

Tabel 3.1 dan 3.2 adalah data kapasitas generator pada Pembangkit Tenaga Diesel yang ada di kota Maumere – Flores. Generator yang terpasang ada 13 buah yaitu dari unit PLTD ada 8 buah dan dari unit EPJ ada 5 buah.

3. Data Trafo Step-Up

Trafo *Step-up* yang berada di PLTD Maumere ada 13 buah yang terhubung ke unit pembangkit PLTD dan unit pembangkit EPJ, antara lain:

Tabel 3.3 Data Trafo Step-Up unit PLTD

No.	Nama	Thn. Operasi	Daya Mampu (kVA)	Keterangan
1	UNINDO	1985	500	Operasi
2	UNINDO	1983	2000	Operasi
3	SINTRA	1996	1600	Operasi
4	TRAFINDO	2002	1000	Operasi
5	TRAFINDO	1997	1600	Operasi
6	UNINDO	1997	1600	Operasi
7	AICHI	2000	1000	Operasi
8	TRAFINDO	1998	1250	Gangguan

Tabel 3.4 Data Trafo Step-Up unit EPJ

No.	Nama	Thn. Operasi	Daya Mampu (kVA)	Keterangan
1	Epj 1	2004	1600	Operasi
2	Epj 2	2004	1600	Operasi
3	Epj 3	2004	1600	Operasi
4	Epj 4	2004	1600	Operasi
5	Epj 5	2004	1600	Operasi

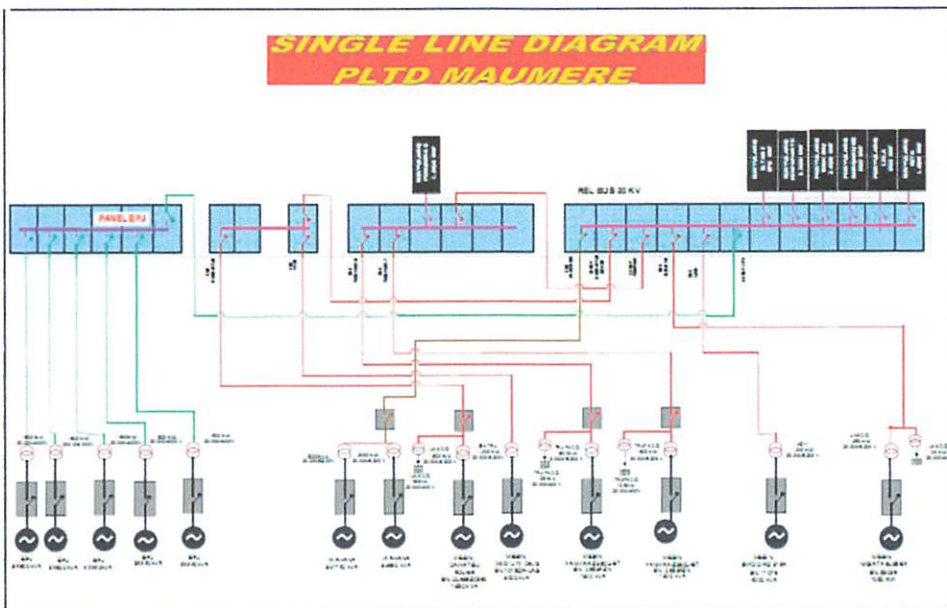
4. Data beban / penyulang PLTD Maumere

Tabel 3.5 Data beban / penyulang PLTD Maumere

No.	Penyulang / feeder	Daya (kW)
1	Perumnas	1954
2	Eltari	876
3	Kewapante	2200
4	Teka Iku	2450
5	Nangahure	950
6	Lela	650
7	Nita	1450

3.4.2 Data Kualitatif

Data kualitatif yaitu data yang berupa diagram. Data kualitatif yang sudah didapatkan adalah Single Line Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Maumere.

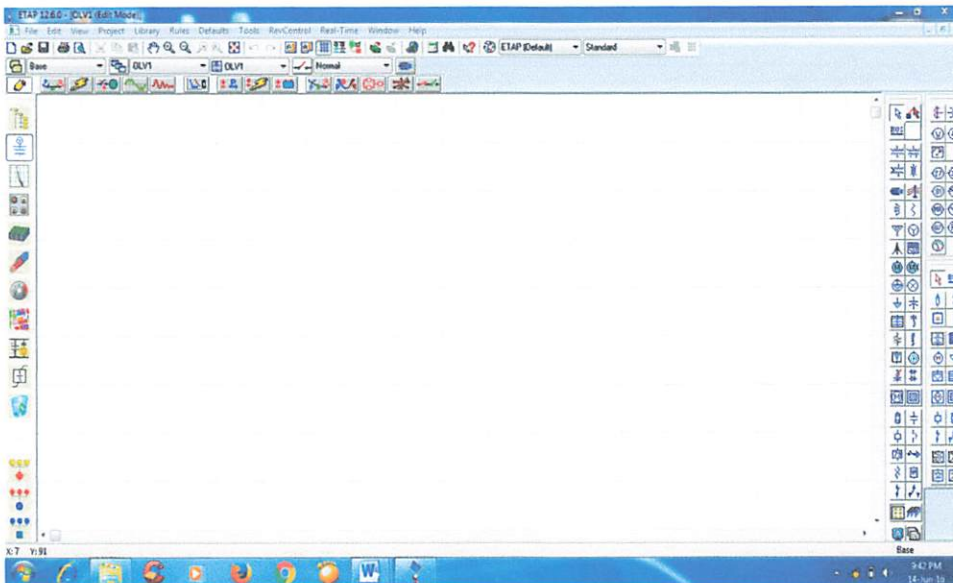


Gambar 3.7 Single Line Diagram PLTD Maumere

3.5 SOFTWARE ETAP POWER STATION

Sistem tenaga listrik pada saat ini telah demikian kompleks sehingga perhitungan ataupun analisis hubung singkat yang dilakukan secara manual akan membutuhkan waktu dan energi yang sangat besar dan berbagai keterbatasan pun memaksa diterapkan asumsi – asumsi. Untuk itu, perhitungan aliran daya dan arus hubung singkat didimulasikan dengan menggunakan bantuan program ETAP Power Station. Pengoperasian program ini hampir sama dengan sistem tenaga listrik secara nyata. Data lengkap dari setiap peralatan listrik dibutuhkan pada proses pemasukan data. Program ETAP Power Station terdapat fasilitas untuk membuat single line diagram yang sesuai dengan objek penelitian dari menu - menu program yang ada pada program ETAP Power Station , sehingga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk menjalankan program tersebut.

Single line diagram atau diagram segaris sistem tenaga listrik merupakan data awal sebagai masukan pada ETAP Power Station selain itu juga perlu dimasukkan data – data karakteristik komponen – komponen tenaga listrik seperti generator ,trafo,pemutus tenaga,beban dan jenis penghantar.



Gambar 3.8 Tampilan ETAP Power Station

Program ini diciptakan dengan tiga konsep utama yaitu :

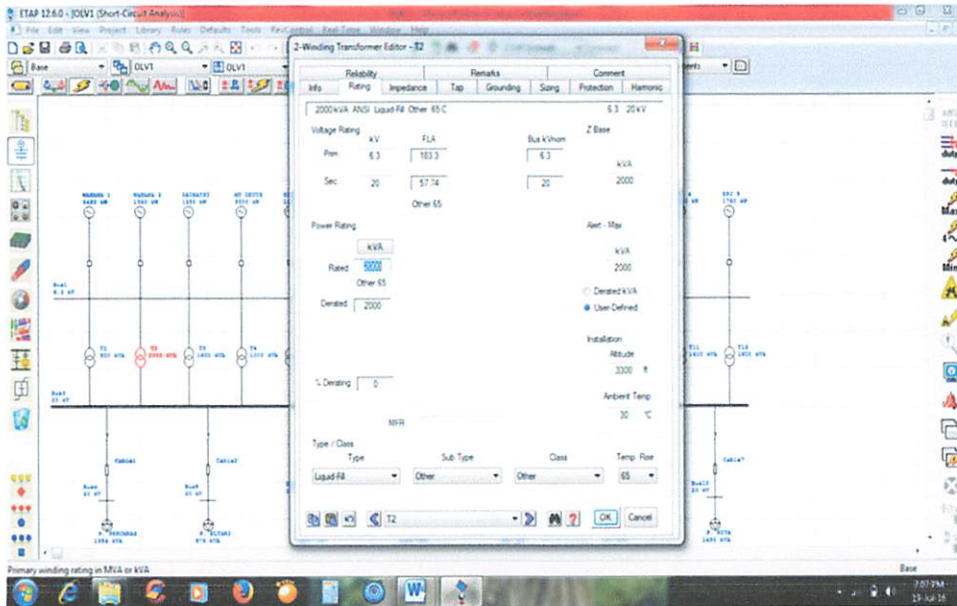
1. Operasi nyata virtual (*virtual reality operation*) pengoperasian program ini menyerupai operasi sistem listrik yang sesungguhnya di lapangan.
2. Data gabungan total (*total inntegration of data*) menggabungkan sifat kelistrikan logika mesin dan fisik dari sistem dalam data base yang sama. Hal ini mencegah data gands dimasukkan kedalam komponen.
3. Kesederhanaan input data (*simplicity in data entri*) etap menggunakan data lengkap dari peralatan listrik yang hanya membutuhkan satu jenis pemasukan data. Data editoor dirancng untuk memmpercepat pemasukan data dengan menggunakan data minimum saja. Hal ini dilakukan dengan cara menyusun properti editor untuk memasukan data yang dibutuhkan saja pada analisa dan desain yang berbeda.

Salah satu fasilitas yang terdapat pada software ETAP POWER STATION adalah kemampuan untuk menjalankan analisa hubung singkat baik dengan menggunakan standart ANSI/IEEE dan IEC secara lebih cepat dan tepat daripada metode manual.

3.6 Perancangan Rangkaian Sistem dalam SOFTWARE ETAP

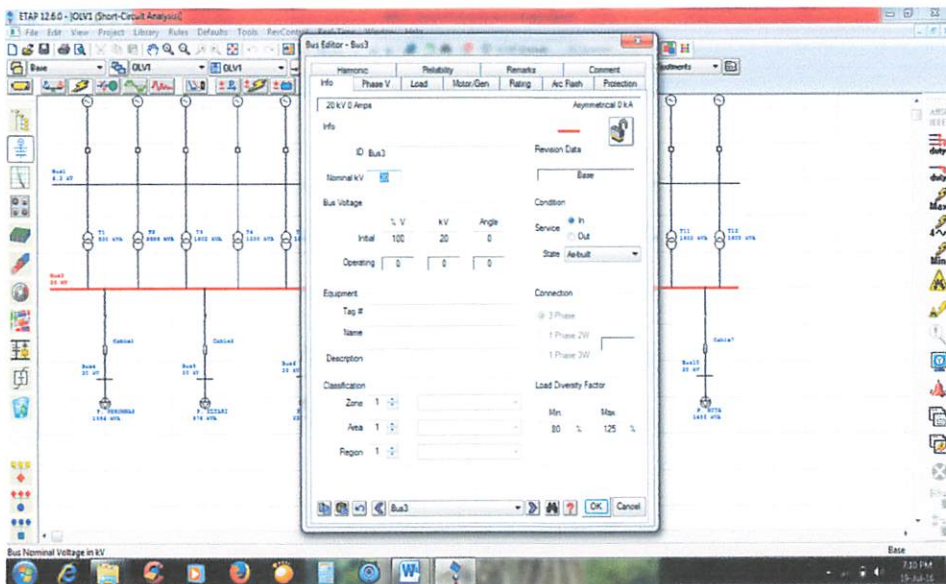
Untuk menganalisa sistem dalam *software* ETAP Power Station maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian single line tersebut ke dalam lembar kerja pada software kemudian dijalankan sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut adalah gambar single line diagram PLTD maumere yang dirancang dalam Software ETAP Power Station

2. Data Trafo Step-Up



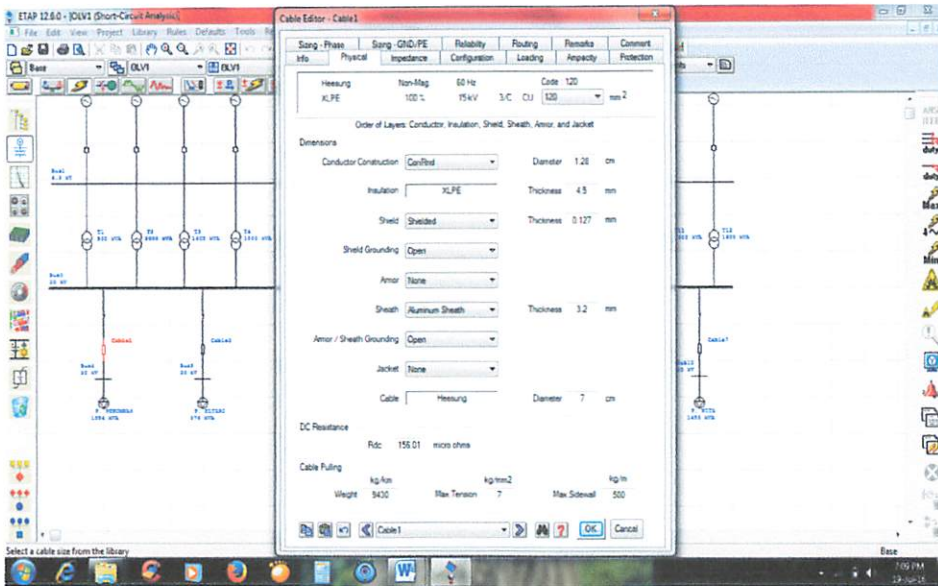
Gambar 3.11 Input Data Trafo Step-Up

3. Data Bus



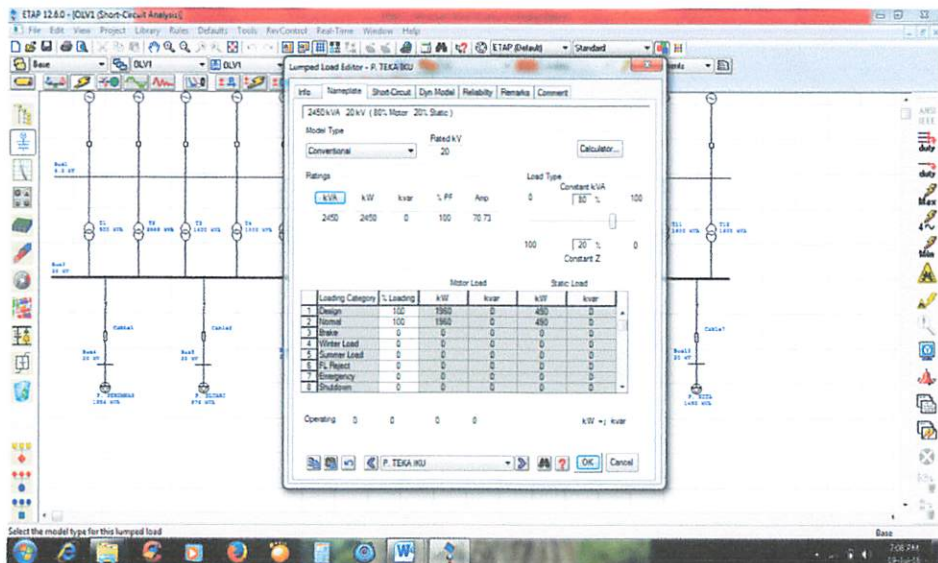
Gambar 3.12 Input data bus

4. Data saluran



Gambar 3.13 Input data saluran

5. Data beban



Gambar 3.14 Input data beban

3.8 Analisa profil arus gangguan hubung singkat sistem tenaga listrik PLTD Maumere

Tabel 3.6 Data gangguan hubung singkat PLTD Maumere

No	Tanggal Bulan Tahun	GENERATOR								Total (A)
		Wa hana 1	Wa hana 2	Dai hatsu	MU Deutz	Yan mar 1	Yan mar 2	Swd	Epi	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	01 Januari 2015	2,400		785		850	950		4,700	9,685
2	02 Januari 2015	2,250	440	800		780	750		5,000	10,020
3	03 Januari 2015	2,450		805		900	900		5,000	10,055
4	04 Januari 2015	2,500	520			960	965		5,000	9,945
5	05 Januari 2015	2,450	500	860		950	970		5,000	10,730
6	06 Januari 2015	2,400	460	845		800	800		5,000	10,305
7	07 Januari 2015	2,500	600	900	200	1,000	1,000	300	5,000	11,500
8	08 Januari 2015	2,500	595	850	200	1,000	1,000	300	5,000	11,445
9	09 Januari 2015	2,500	570	850	130	1,000	1,000	300	5,000	11,350
10	10 Januari 2015	2,500	570	850		900	900	300	5,000	11,020
11	11 Januari 2015	2,500	585	800		1,000	1,000	300	5,300	11,485
12	12 Januari 2015	2,500	500			900	900	300	5,300	10,400
13	13 Januari 2015	2,500	580	850		1,000	1,000	300	5,000	11,230
14	14 Januari 2015	2,500	600	900		1,000	1,000	300	5,000	11,300
15	15 Januari 2015	2,400	460	800		900	900	300	5,000	10,760
16	16 Januari 2015	1,500	550	865		970	900	300	5,300	10,385
17	17 Januari 2015	1,500	515	800		1,000	965	300	5,300	10,380
18	18 Januari 2015	1,500	580	850		950	960	300	5,000	10,140
19	19 Januari 2015	1,500	600	865		865	1,000	300	5,000	10,130
20	20 Januari 2015	1,500	600	850		1,000	1,000	300	5,000	10,250
21	21 Januari 2015	1,500	560	850		945	945	300	5,000	10,100
22	22 Januari 2015	1,850	510	900		980	950	300	5,000	10,490
23	23 Januari 2015	2,800	510	850		950	950	300	5,000	11,360
24	24 Januari 2015	2,500	510	615		860	800		5,000	10,285
25	25 Januari 2015	2,500		865		1,000	1,000	300	5,000	10,665
26	26 Januari 2015	2,500				720	840		5,000	9,060
27	27 Januari 2015	2,500	410	755		850	830		4,700	10,045
28	28 Januari 2015	2,800	550	850		950	950		4,700	10,800
29	29 Januari 2015	2,500	550	850		1,000	1,000		5,000	10,900
30	30 Januari 2015	1,900		775		940	840		5,000	9,455
31	31 Januari 2015	2,500		600		750	600		5,000	9,450

Tabel 3.6 menjelaskan total gangguan hubung singkat yang terjadi pada bus pembangkit tenaga listrik PLTD Maumere selama 1 hari. Dari total kejadian hubung singkat nilai rata – rata yang diperoleh adalah sekitar 10.000 Ampere (10 kilo Ampere). Nilai tersebut hampir mencapai nilai arus puncak gangguan hubung singkat pada bus yaitu sebesar 12.5 kA.

3.9 Analisa profil arus gangguan hubung singkat sistem tenaga listrik PLTD Maumere dalam Software ETAP

Analisa hubung singkat (*Short Circuit Analysis*) pada software ETAP Power Station dilakukan untuk mendapatkan berapa besar nilai arus hubung singkat yang mengalir pada bus. *Short circuit analysis* dapat dilakukan dengan 2 standart, yaitu ANSI/IEEE dan IEC. Didalam penelitian ini penulis menggunakan standar ANSI/IEEE dalam menganalisa arus hubung singkat.

Hasil dari analisa hubung singkat ini digunakan untuk mengetahui kemampuan Bus saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa simetri. Kontribusi arus hubung singkat terbesar berasal dari sisi sumber atau Generator. Sehingga besar arus hubung singkat pada setiap bus beban lebih kecil dari besar arus hubung singkat pada bus sumber.

Tabel 3.7 Data analisa arus gangguan hubung singkat 3 fasa simetri pada software ETAP

No	Id Bus	Arus Gangguan hubung singkat 3 fasa (Isc 3 fasa)
1	Bus 1	13.82 kA
2	Bus 2	15.77 kA
3	Bus 3	4.24 kA
4	Bus 4	3.40 kA
5	Bus 5	3.34 kA
6	Bus 6	3.41 kA
7	Bus 7	3.43 kA
8	Bus 8	3.34 kA
9	Bus 9	3.32 kA
10	Bus 10	3.37 kA

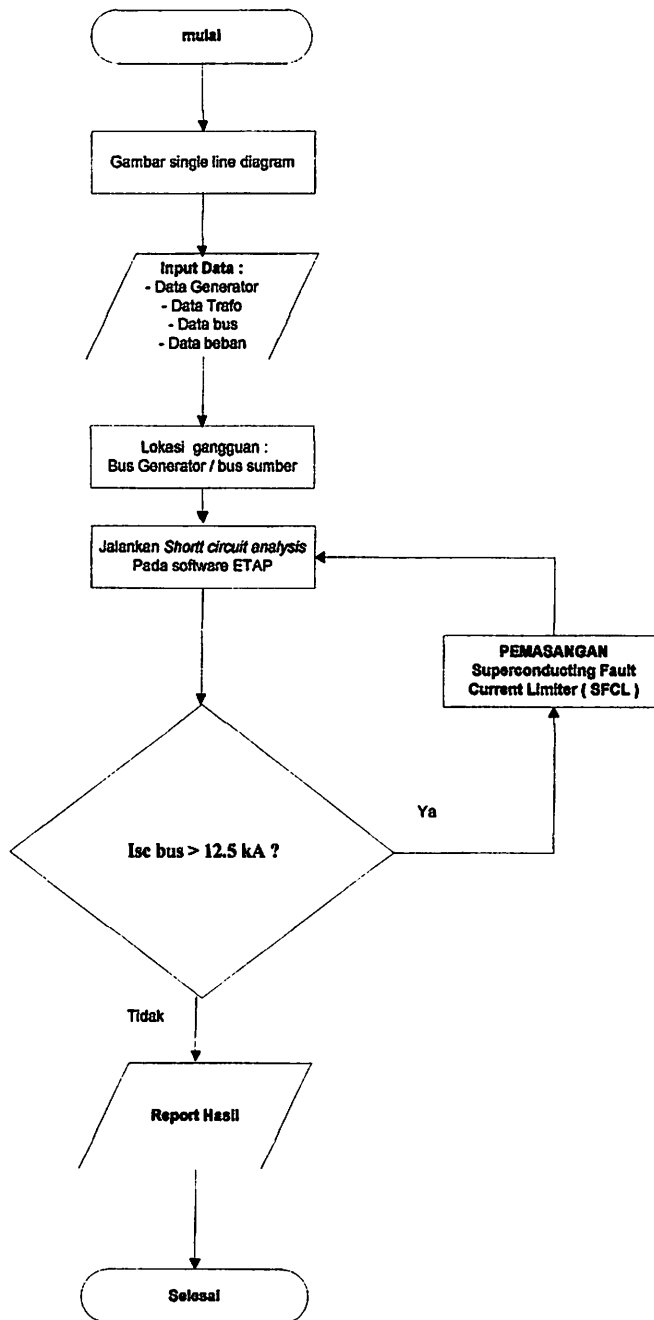
Tabel 3.7 Menjelaskan tentang hasil simulasi analisa hubung singkat 3 fasa simetri Single Line Diagram PLTD Maumere dalam software ETAP Power Station. Terlihat pada tabel diatas nilai arus hubung singkat 3 fasa yang diberikan Generator pembangkit pada bus 1 dan bus 2 sudah melewati nilai arus maksimum pada bus yaitu sebesar 13.82 kA dan 15.77 kA. Nilai tersebut akan menyebabkan kerusakan pada

busbar karena nilai maksimum I_{sc} 3 fasa telah meningkat sehingga perlu dilakukan pengamanan terhadap busbar tersebut.

3.10 Algoritma penyelesaian masalah dengan software ETAP

1. Mulai
2. Gambar single line pada software ETAP Power Station
3. Input data :
 - Data generator
 - Data trafo
 - Data beban
 - Data bus
4. Pengaturan Lokasi Gangguan (bus generator / bus sumber)
5. Jalankan Analisa hubung singkat atau *Short Circuit Analysis* pada software ETAP untuk melihat berapa besar nilai arus gangguan hubung singkat yang terjadi.
6. Jika arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada bus lebih besar dari batas arus puncak bus (12.5 kA) maka
 - “ ya “ : melakukan pemasangan SFCL
 - “ tidak “ : lanjutkan ke proses report hasil
7. Jalankan *short circuit analysis* lagi untuk mengetahui besar arus hubung singkat 3 fasa $\frac{1}{2}$ cycle apabila dilakukan pemasangan Superconducting Fault Current Limiter
8. Report hasil
9. Selesai

3.11 Flowchart Penyelesaian masalah dengan Software ETAP



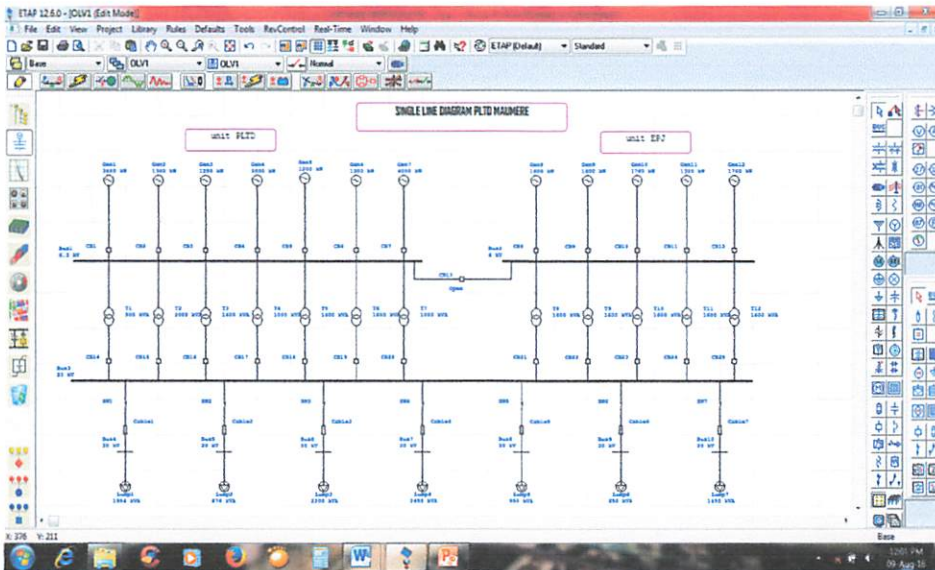
Gambar 3.15 Flowchart penyelesaian masalah

BAB IV

ANALISA DAN HASIL ANALISA

4.1 Single line sistem tenaga listrik PLTD Maumere

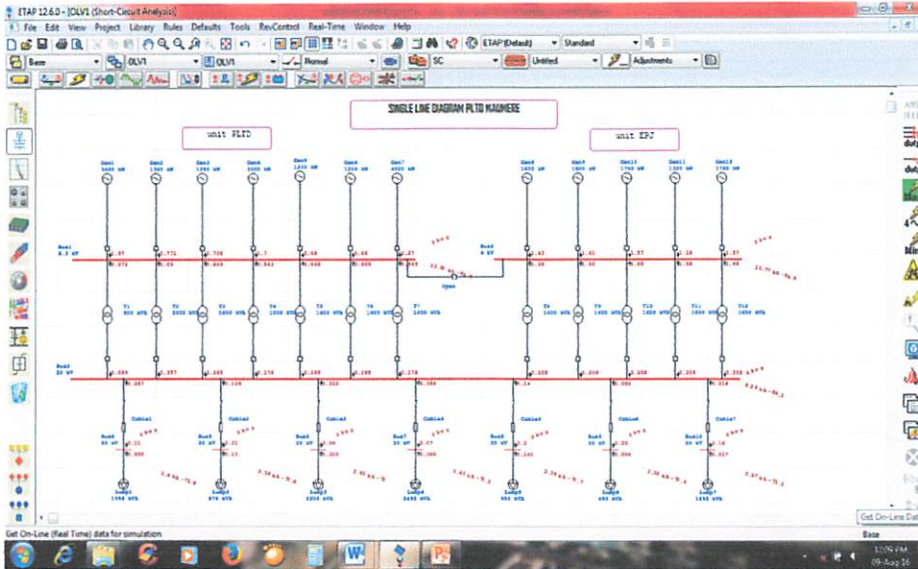
Pada simulasi akan dilakukan pengambilan data sebelum pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter*. Setelah itu hasil dari nilai arus hubung singkat sebelum pemasangan SFCL akan digunakan untuk menentukan kapasitas SFCL yang akan digunakan untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat. Untuk mensimulasikan sistem dalam software *ETAP Power Station* maka terlebih dahulu digambarkan *single line* sistem tenaga listrik Pembangkit tenaga Diesel Maumere. Kemudian mensimulasikan gangguan hubung singkat dan menganalisa hasilnya. Berikut *single line* sistem tenaga listrik PLTD Maumere yang digambarkan menggunakan software *ETAP Power Station*.



Gambar 4.1 Single Line Sistem tenaga listrik PLTD Maumere sebelum pemasangan SFCL pada Software ETAP

4.2 Analisa hubung singkat atau *Short Circuit Analysis* dalam software ETAP

Analisa arus gangguan hubung singkat 3 fasa ½ cycle yang telah dilakukan antar bus diantaranya yaitu pada bus generator, bus trafo dan pada bus beban. Berikut adalah data hasil analisa gangguan hubung singkat 3 fasa simetri.



Gambar 4.2 *Running Short circuit analysis* pada software ETAP

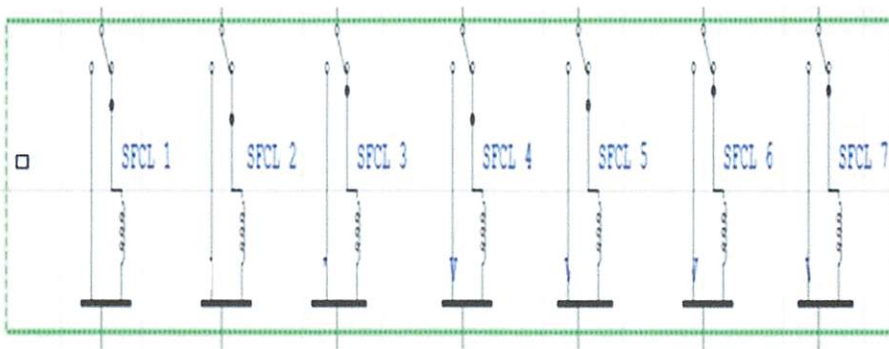
Tabel 4.1 Hasil analisa gangguan hubung singkat 3 fasa

No	Id Bus	Arus Gangguan hubung sigkat 3 fasa (I_{sc} 3 fasa ½ cycle)
1	Bus 1	13.82 kA
2	Bus 2	15.77 kA
3	Bus 3	4.24 kA
4	Bus 4	3.40 kA
5	Bus 5	3.34 kA
6	Bus 6	3.41 kA
7	Bus 7	3.43 kA
8	Bus 8	3.34 kA
9	Bus 9	3.32 kA
10	Bus 10	3.37 kA

Dari analisa yang telah dilakukan diketahui nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa simetri yang terjadi pada bus – bus tersebut adalah sebesar 13.82 kA pada bus generator unit PLTD atau pada bus 1, 15.77 kA pada bus generator unit EPJ atau pada bus 2. Nilai arus gangguan hubung singkat tersebut telah melebihi rating kapasitas dari bus yang seharusnya yaitu sebesar 12.5 kA.

4.3 Solusi mereduksi arus gangguan hubung singkat

Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) merupakan suatu peralatan yang mampu membatasi arus gangguan yang muncul pada jaringan tenaga listrik. Dengan menggunakan *Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)* maka arus gangguan yang terjadi akan direduksi dengan memanfaatkan reaktansi dari *Current Limiting Reactor (CLR)*. *Superconducting Fault Current Limiter* difungsikan sebagai media switch arus hubung singkat menuju *Current Limiting Reactor (CLR)*.



Gambar 4.3 Pemodelan Superconducting Fault Current Limiter pada Software ETAP Power Station

4.3.1 Hasil Perhitungan nilai reaktansi *Current Limiting Reactor* pada *Superconducting Fault Current Limiter*

Pada penulisan skripsi ini arus gangguan hubung singkat yang terjadi dibatasi dengan *Current Limiting Reactor*. Arus hubung singkat direduksi dengan memanfaatkan nilai reaktansi *Current Limiting Reaktor* pada *Superconducting Fault Current Limiter*. Besarnya arus gangguan hubung singkat pada bus 1 atau pada bus generator unit PLTD adalah 13.82 kA dan

besar arus gangguan hubung singkat pada bus 2 atau bus generator unit EPJ sebesar 15.77 kA, sedangkan arus gangguan hubung singkat yang diharapkan mengalir pada bus 1 dan bus 2 adalah sekitar 10 kA.

Spesifikasi *Current Limiting Reactor* adalah tegangan, arus dan reaktansi reaktor. Berikut adalah hasil perhitungan nilai reaktansi *Current Limiting Reactor* pada *Superconducting Fault Current Limiter* untuk membatasi arus hubung singkat yang terjadi pada bus 1 dan bus 2 :

1. Untuk bus 1 nilai reaktansi yang didapatkan adalah:

$$X_R = \frac{6.3}{\sqrt{3}} \times \left[\frac{1}{10} - \frac{1}{13.82} \right]$$

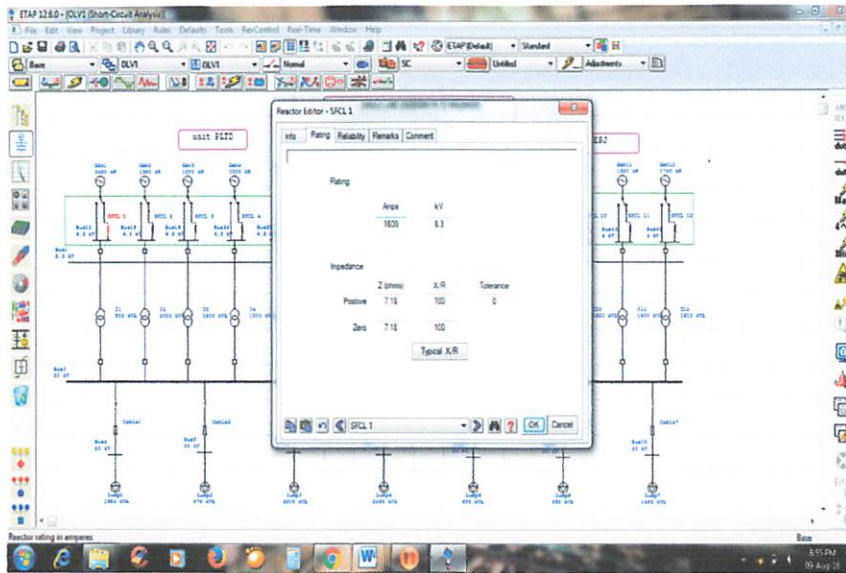
$$X_R = 7.18 \ \Omega$$

2. Untuk bus 2 nilai reaktansi yang didapatkan adalah :

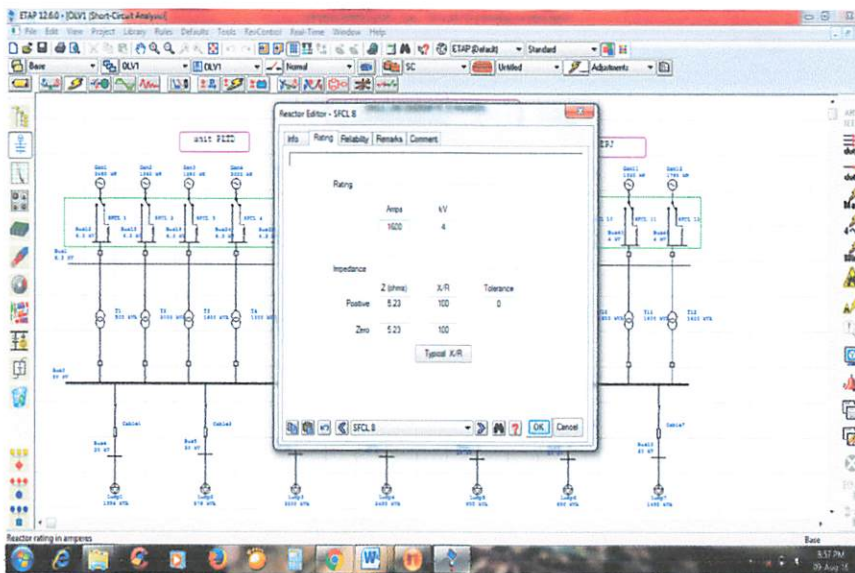
$$X_R = \frac{4}{\sqrt{3}} \times \left[\frac{1}{10} - \frac{1}{15.77} \right]$$

$$X_R = 5.23 \ \Omega$$

4.3.2 Input data *Current Limiting Reactor* pada *Superconducting Fault Current Limiter*



Gambar 4.4 Input data *Current Limiting Reactor* pada *Superconducting Fault Current Limiter* untuk bus 1

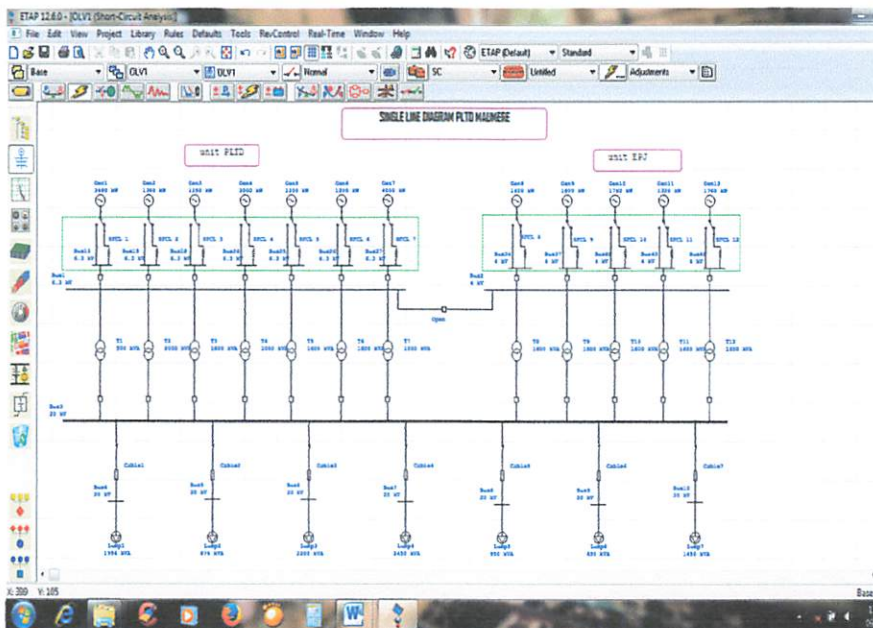


Gambar 4.5 Input data *Current Limiting Reactor* pada *Superconducting Fault Current Limiter* untuk bus 2

Setelah dilakukan perhitungan nilai reaktansi yang telah didapat selanjutnya akan diinputkan pada library pembatas arus yang ada pada software ETAP Power Station. Gambar 4.4 dan 4.5 diatas menjelaskan tentang cara menginput data reaktansi reaktor pembatas arus pada Superconducting Fault Current Limiter untuk membatasi arus gangguan hubung singkat.

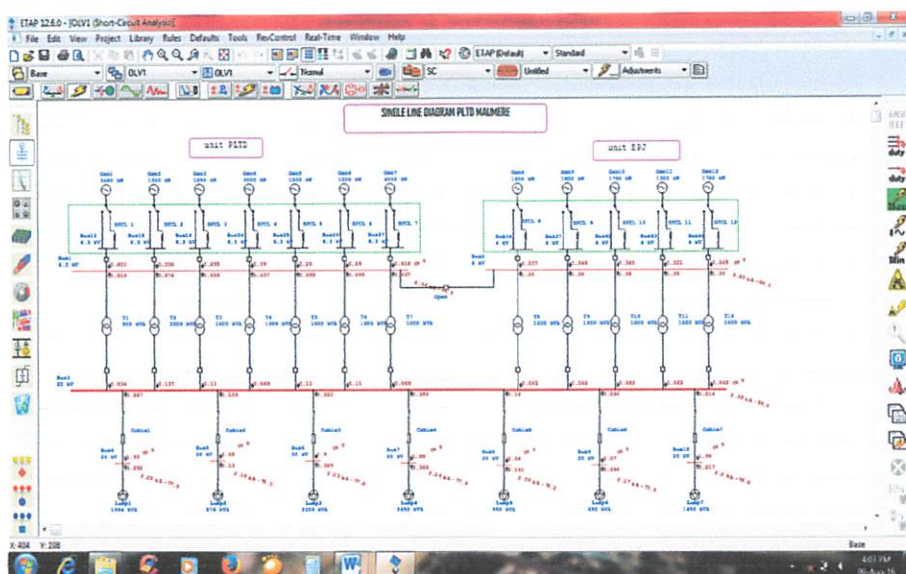
4.3.3 Pemasangan Superconducting Fault Current Limiter pada simulasi software ETAP

Pemasangan Superconducting Fault Current Limiter diletakan diantara sumber dan titik gangguan yaitu pada sisi generator unit pembangkit PLTD dan sisi generator unit pembangkit EPJ yang terkonsentrasi pada bus 1 dan bus 2.



Gambar 4.6 Single Line Diagram Sistem tenaga listrik PLTD Maumere Setelah pemasangan SFCL

4.4 Hasil analisa gangguan hubung singkat setelah pemasangan Superconducting Fault Current Limiter



Gambar 4.7 Running Short circuit analysis setelah pemasangan SFCL

Tabel 4.2 Data hasil analisa hubung singkat 3 fasa simetri setelah pemasangan SFCL

No	Id Bus	Arus Gangguan hubung singkat 3 fasa (I _{sc} 3 fasa ½ cycle)
1	Bus 1	6.44 kA
2	Bus 2	8.54 kA
3	Bus 3	2.49 kA
4	Bus 4	2.22 kA
5	Bus 5	2.18 kA
6	Bus 6	2.23 kA
7	Bus 7	2.24 kA
8	Bus 8	2.18 kA
9	Bus 9	2.17 kA
10	Bus 10	2.2 kA

Dari data hasil analisa hubung singkat setelah pemasangan Superconducting Fault Current Limiter terlihat bahwa gangguan hubung singkat yang terjadi pada bus 1 direduksi sampai 6.44 kA dari besar arus hubung singkat sebelum dilakukan pemasangan Superconducting Fault Current Limiter sedangkan gangguan hubung

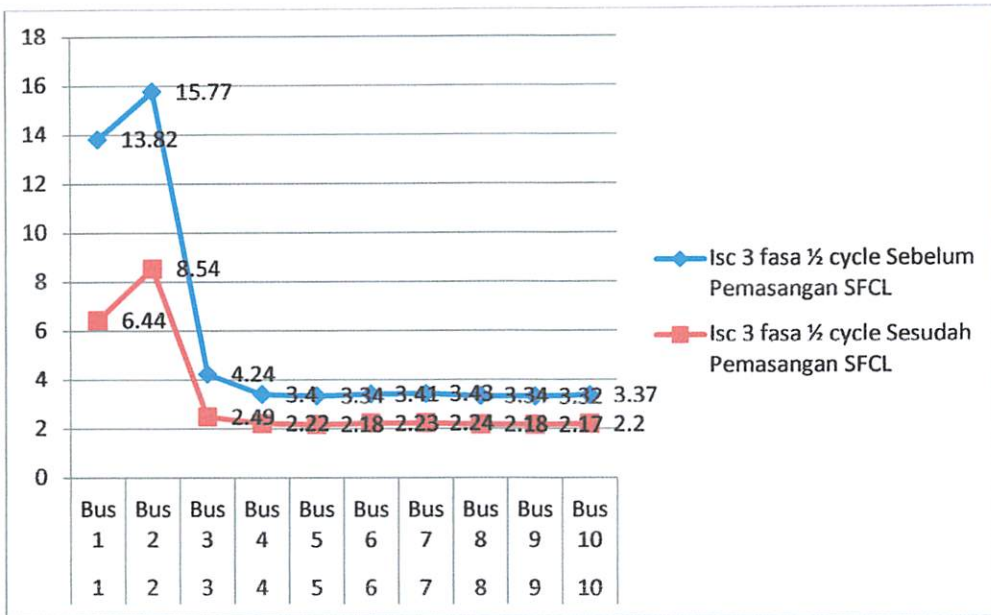
singkat yang terjadi pada bus 2 direduksi sampai 8.54 kA dari gangguan hubung singkat sebelum pemasangan Superconducting Fault Current Limiter.

4.5 Perbandingan arus gangguan hubung singkat 3 fasa sebelum dan sesudah pemasangan Superconducting Fault Current Limiter

Tabel 4.3 Data perbandingan arus gangguan hubung singkat sebelum dan sesudah pemasangan SFCL pada simulasi ETAP

NO	ID BUS	Isc 3 fasa ½ cycle	
		Sebelum Pemasangan SFCL	Sesudah Pemasangan SFCL
1	Bus 1	13.82 kA	6.44 kA
2	Bus 2	15.77 kA	8.54 kA
3	Bus 3	4.24 kA	2.49 kA
4	Bus 4	3.40 kA	2.22 kA
5	Bus 5	3.34 kA	2.18 kA
6	Bus 6	3.41 kA	2.23 kA
7	Bus 7	3.43 kA	2.24 kA
8	Bus 8	3.34 kA	2.18 kA
9	Bus 9	3.32 kA	2.17 kA
10	Bus 10	3.37 kA	2.2 kA

Tabel diatas menjelaskan perbandingan arus gangguan hubung singkat 3 fasa ½ cycle sebelum dan sesudah pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter*. Dari hasil analisa sebelum pemasangan Superconducting Fault Current Limiter terlihat bahwa arus hubung singkat pada bus 1 dan bus 2 sangat besar, setelah dilakukan pemasangan Superconducting Fault Current Limiter terlihat bahwa pada bus 1 dan bus 2 yang sebelumnya nilai arus gangguan hubung singkatnya sangat besar, terjadi penurunan arus hubung singkat yang terjadi pada bus 1 dan bus 2 yaitu dari 13.82 kA menjadi 6.44 kA pada bus 1 dan pada bus 2 yaitu dari 15.77 kA menjadi 8.54 kA. selanjutnya akan dijelaskan melauai gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 4.8 Grafik perbandingan arus gangguan hubung singkat sebelum dan sesudah Pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter*

Tabel 4.3 dan Gambar 4.8 menjelaskan tentang hasil analisa simulasi *short circuit analysis*. Nilai arus dalam kondisi sebelum pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* dan sesudah pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter*. Khususnya pada nilai I_{fault} (Isc 3 fasa) pada *single line* PLTD sebelum pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* terlihat bahwa, pada bus 1 memiliki arus gangguan hubung singkat sebesar 13.82 kA, pada bus 2 memiliki arus gangguan hubung singkat sebesar 15.77 kA, setelah dilakukan pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* arus hubung singkat pada kedua bus tersebut menurun secara signifikan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa reduksi arus gangguan hubung singkat dengan menggunakan *Superconducting Fault Current Limiter* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* pada *single line diagram* pembangkit tenaga diesel di Maumere didapatkan nilai arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada bus 1 dan bus 2 adalah 13.82 kA dan 15.77 kA. setelah dilakukan pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* pada sisi masing – masing generator pada kedua unit pembangkit didapatkan hasil arus gangguan hubung singkat menurun secara signifikan dari nilai arus hubung singkat sebelumnya yaitu 6.44 kA pada bus 1 dan 8.54 kA pada bus 2.
2. Dari hasil perhitungan reaktansi Pembatas Arus Gangguan *Current Limiting Reactor* (CLR) pada *Superconducting Fault Current Limiter* adalah didapatkan nilai sebesar 7.18 Ω (ohm) untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat pada bus 1 dan 5.23 Ω (ohm) untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat pada bus 2, selanjutnya pemasangan *Superconducting Fault Current Limiter* diletakan pada masing – masing generator pada kedua unit pembangkit untuk membatasi gangguan hubung singkat yang timbul dari generator pembangkit tersebut.

5.2 Saran

1. Untuk Pembangkit Tenaga Diesel kota Maumere diharapkan agar dapat menggunakan *Superconducting Fault Current Limiter* supaya dapat mengurangi dampak pemadaman listrik yang terjadi sehingga listrik dapat dinikmati oleh seluruh masyarakat kota Maumere.

2. Untuk mahasiswa di lingkup teknik elektro ITN Malang agar dapat melanjutkan analisa proteksi gangguan dengan menggunakan pembatas – pembatas arus yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Pusat Listrik Maumere PT. PLN (Persero) Cabang Flores Bagian Timur*, Mei 2016
- [2] *Pembangkit Tenaga Listrik.html* (diakses pada tanggal 15 mei 2016)
- [3] *Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).html* (diakses pada tanggal 15 mei 2016)
- [4] *Superconducting Fault Current Limiters: Technology Watch 2009*, EPRI Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA:2009.1017793.
- [5] <https://ikkkholis27.wordpress.com/2013/11/12/analisis-gangguan-hubung-singkat/> (diakses pada tanggal 23 juni 2016)
- [6] Yohanes S. Widyoutomo, Margo Pujiantara, Arif Mustofa, " *Analisa Penggunaan Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) Untuk Melindungi Peralatan di PT Pindo Deli* ", jurnal teknik ITS, vol 4, no 2 , 2015
- [7] Khairul Shalih, Dian Yayan Sukma, Edy Ervianto, " *Analisis Penggunaan Reaktor Pembatas Arus Sebagai Pembatas Arus Hubung Singkat di PT Pulp and Paper* ", jom FTEKNIK Banawija, vol 2,no 2 , oktober 2015
- [8] Muhammad Agil Haikal, Muhammad Ruswandi Djalal, " *Studi hubung singkat 3 fasa simetri (studi kasus sistem interkoneksi 150 kV Sulawesi Selatan)* ", januari 2014
- [9] *Description a short circuit at Busbar Switchgear.html* (diakses pada tanggal 15 agustus 2016)

LAMPIRAN



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : YOHANES MARTHO DINYO
 N I M : 1112001
 Semester : X
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-I
 Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
 Alamat : Jln. Perumahan Losawi Karanglo

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB)sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
 Rekorang Teknik Elektro S-I

[Handwritten signature]
 c..p..

Malang, 13 - 02 2016
 Pemohon

[Handwritten signature]

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI		T. Energi Listrik S1				
1.	Nama Mahasiswa	Yohanes Martho Dinyo		NIM	1112001	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu		Tempat / Ruang	
	Pelaksanaan					
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang) *)						
3.	a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embedded System	i.	Sistem Informasi
	b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka	j.	Jaringan Komputer
	c.	Sistem Kendali	g.	Elektronika Telekomunikasi	k.	Web
	d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi	l.	Algoritma Cerdas
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	Penggunaan Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) Untuk melindungi Peralatan pada Pembangkit Tenaga Diesel di Maumere - Flores				
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian				
6.	Catatan :					
					
7.	Catatan :					
					

7 Kete.
*) dilin



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
PUSAT PERENCANAAN DAN PENGANTARAN NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-212/EL-F11.2015

8 Maret 2016

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (**Baru**)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Teguh Herbasuki, Ir., M.T

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Yohanes Martno Dinyo

Nim : 1112001

Fakultas : **Teknologi Industri**

Program Studi : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

“ Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 ”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Kepada Yth. Bapak/Ibu Teguh Herbasuki, Ir., M.T
Dosen Teknik Elektro S-1


M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

NI (PESERO) MALANG
ANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : 11N-212/EL-F11/2015
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

8 Maret 2016

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ni Putu Agustini, Ir., MI
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

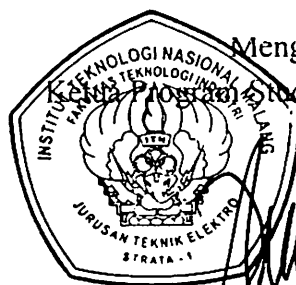
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Yohanes Martho Dinyo
Nim : 1112001
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

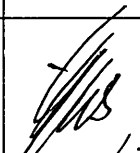
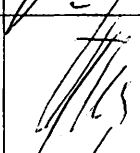
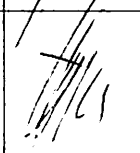
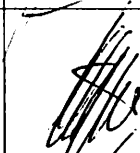
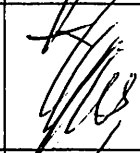
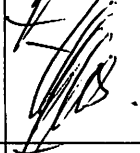
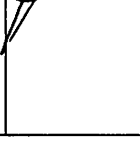
NIP.P. 1030100358

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

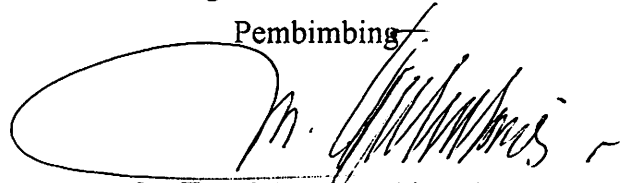
**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015 - 2016**

Nama Mahasiswa : YOHANES MARTHO DINYO
NIM : 1112001
Nama Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki , MT
Judul Skripsi : PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Jumat 13/5 16		Bab I & II	
2	Selasa 21/6 -16		Bab III (ditambah)	
3	Rabu 29/6 -16		Bab IV	
4	Kamis 21/7 -16		Bab V revisi	
5	23/7-16 Sabtu		Revisi Abstrak	
6	25/7-16 Senin		Acc Sem Has	
7				

Malang,

Pembimbing

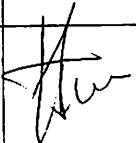


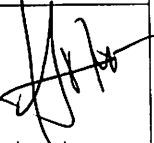
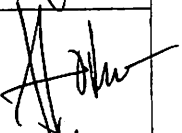
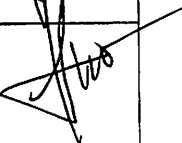


Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP. Y 1038900209

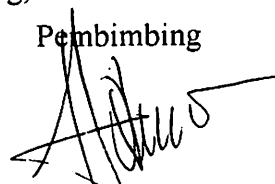
MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015 - 2016

Nama Mahasiswa : YOHANES MARTHO DINYO
 NIM : 1112001
 Nama Pembimbing : Ir. Ni Putu Agustini, MT
 Judul Skripsi : PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	13 Mei 2016		Bab I - 3.	
2	Sabtu 14/5-2016		Revisi Batasan Masalah	
3	Rabu 22/6-2016		Bab III tambah data	
4	Kamis 30-6-2016		Bab IV Revisi	
5	Jumaf 22/7-2016		Bab V	
6	Senin 25/7-2016		Acc Semhas	
7				

Malang,

Pembimbing



Ir. Ni Putu Agustini, MT
 NIP. Y 1030100371



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSERO) MALANG
SA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km. 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : IIN-250/EL-F 11/2015 4 April 2016
Lampiran : -
Perihal : Survey Pengambilan Data Skripsi
Kepada : Yth. Bp. **Manager PLTD Maumere**
PT. PLN (PERSERO) Wilayah NTT
di – Maumere

Dengan hormat,

Bersama ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu agar mahasiswa kami dari Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi T. Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang dapat diijinkan untuk melakukan survey dalam rangka pengambilan data skripsi, mulai tanggal 4 April 2016 sampai dengan 30 April 2016.

Mahasiswa tersebut adalah.

No	Nama	NIM
1.	Yohanes Martho Dinyo	1112001
2.		
3.		
4.		

Demikian atas perhatian dan kebijaksanannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1

Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358





PT PLN (Persero)
Wilayah Nusa Tenggara Timur
Area Flores Bagian Timur

Jl. Gajah Mada Nomor 12 Maumere

Telepon : (0382) 21040, 23035, 21378 (Manajer)

Facsimile : (0382) 21675

E'mail : plncfibt@plnntt.co.id

Nomor : ~~0040/SOM-04.04~~ AREA.FBT / 2016

Maumere, 15 April 2016

Lamp. : -

Perihal : Permohonan Survey Pengambilan
Data Skripsi

Kepada Yth :
Ketua
Program Studi Teknik
Elektro S-1 ITN Malang
Di- Tempat

Sehubungan dengan surat Bpk, Nomor : ITN-250/EL-FTI/2015, tanggal 04 April 2016 perihal **Permohonan Survey Pengambilan Data Skripsi** pada instansi kami di PT PLN (Persero) Wilayah NTT - Area Flores Bagian Timur – PLTD Maumere , Dengan ini dapat kami Ijinkan dan Menyetujui.

Demikian kami sampaikan dan atas perhatiannya diucapkan, terima kasih.

PH. Manajer,

ANANG TAUFIQI
Asman Transaksi Energi


Tembusan Kepada :

- Pusat Listrik Maumere (PLTD)
- Sdr. Yohanes Martho Dinyo

FORMULIR PENDAFTARAN UJIAN SKRIPSI

	: YOHANES MARTHO DINYO
	: 1112001
	: Teknologi Industri
Konsentrasi	: T.Elektro S-I/T.Energi Listrik/T.elektronika/T.Komputer/T.Telekomunikasi
di Malang	: Jl. Perusahaan Losawi Karanglo
Tulisan Skripsi	:
Pembimbing	: Ir. TEGUH HERBASUKI, MT, Ir. NIPUHU AGUSTINI, MT
Judul Skripsi	: PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE-FLORES

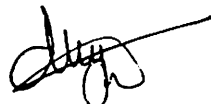
Kelembagaan yang harus dipenuhi:

Persyaratan	Paraf
1. Mengumpulkan 138 Sks dengan IPK* 2	
2. Tidak ada nilai E	
3. Menyelesaikan/ mengumpulkan Laporan Praktek Kerja	
4. Menyerahkan Kartu seminar	
5. Mengumpulkan Foto Copy buku Skripsi siap jilid yang telah ditanda tangani Dosen Pembimbing rangkap 3 (Tiga) Eksemplar	
6. Melunasi persyaratan administrasi / Slip Kuning (Rp. 225.000,-)	

Mengetahui
 Sekretaris Jurusan T. Elektro S-I

Malang, _____ 20

Mahasiswa Ybs



(Yohanes M Dinyo)

I Komang Somawirata, ST, MT
 NIP. Y. 1030100361



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program Studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 18 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Yohanes Martho Dinyo
NIM : 1112001
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Latar Belakang menambah referensi	
2	Tabel diberi penjelasan	

Penguji I

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y. 1028400082

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II

Ir. Ni Putu Agustini, MT
NIP.Y. 1030100371




PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program Studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 18 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Yohanes Martho Dinyo
NIM : 1112001
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES**

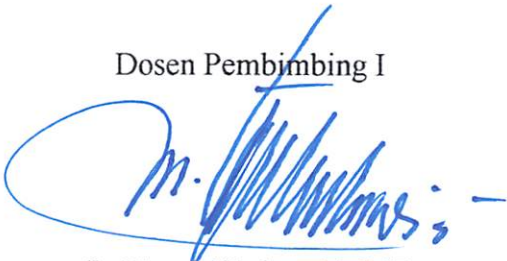
No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Saran sebaiknya ditulis dari apa yang sudah dianalisa	

Penguji II



Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 1018800190

Dosen Pembimbing I



Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II



Ir. Ni Putu Agustini, MT
NIP.Y. 1030100371



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

IP (PERSERO) MALANG
K NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp.(0341) 551431 (Hunting), Fax (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II: Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp.(0341) 417636 fax (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Yohanes Martho Dinyo
NIM : 1112001
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : **PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT
LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA
PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 18 Agustus 2016
Dengan Nilai : **76,60 (B+)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y. 1028400082

Penguji II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 1018800190

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yohanes Martho Dinyo
NIM : 1112001
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri dengan judul **“PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE - FLORES”**, tidak merupakan plagiat dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 24 september 2016

Yang membuat pernyataan



Yohanes M. Dinyo
Nim 1112001

BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Yohanes Martho Dinyo lahir pada tanggal 7 April 1992 di Lela, Kabupaten Sikka, Flores – NTT. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Antonius Andy dan Ibu Anastasia.

Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Kristen Katolik. Kini penulis bertempat tinggal di Jalan Perusahaan, Losawi – karanglo, Kabupaten Malang.

Adapun riwayat pendidikan penulis yaitu pada tahun 2004 lulus dari SD Inpres Misir. Kemudian melanjutkan di SMP Bina Wirawan dan lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMK Negeri 1 Maumere pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2010. Setelah itu bekerja di CV. BIRO TEKNIK Maumere. Selanjutnya penulis masuk kuliah di Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Elektro S-1 pada tahun 2011 dan lulus pada tahun 2016 dengan menyelesaikan skripsi yang berjudul “ PENGGUNAAN SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER (SFCL) UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI MAUMERE – FLORES ”.