



**SIMULASI ETAP UNTUK EVALUASI
PROTEKSI GANGGUAN TEGANGAN LEBIH
OVERVOLTAGE PADA GENERATOR PT
ECOOGREEN OLEOCHEMICALS BATAM**

Tugas Akhir

**Oleh:
MUHAMMAD HAZIQ AZIZ (4231911002)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2022**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Simulasi Etap untuk evaluasi proteksi gangguan tegangan lebih *overvoltage* pada generator PT.ECOGREEN OLEO CHEMICALS BATAM adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan**, dan **bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri**. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, ...

Muhammad Haziq Aziz
NIM: 4231911002

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T

di

Politeknik Negeri Batam

Oleh:

Muhammad Haziq Aziz (4231911002)

Tanggal Sidang: DD MM, YYYY

Disetujui oleh :

1. Handri Toar, S.ST., M.Tr.T
NIK :

1. M. Prihadi Eko Wahyudi, S.T, M. T
NIK :

2. Widya Rika Puspita, S.Pd, M.Si, Ph.D
NIK :

2. Nazarul Amri
NIP :

Simulasi Etap Untuk Evaluasi Proteksi Gangguan Tegangan Lebih (*Overvoltage*) pada Generator PT. Ecogreen Oleochemicals Batam

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi proteksi tegangan lebih pada generator eob 3 zug PT. Ecogreen Oleochemicals Batam yang diproteksi oleh relai tegangan lebih menggunakan simulasi pada software ETAP. Simulasi dilakukan untuk melihat cara kerja relai tegangan lebih dan bentuk tegangan lebih yang terjadi pada terminal generator. Skenario simulasi yang digunakan adalah pelepasan beban 50,7 MW dan relai yang digunakan pada simulasi berfungsi untuk menyalakan alarm saat terjadi tegangan lebih. Hasil simulasi menunjukkan bahwa saat beban dilepas, relai tegangan lebih menyalakan alarm 1,1 detik setelah pembacaan tegangan naik menjadi 13 kV atau 110% dari tegangan nominal, kemudian tegangan terminal generator naik menjadi 13,2 kV hingga kembali stabil. kondisi negara. 5 detik setelah kenaikan tegangan terjadi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa relai tegangan lebih yang dipasang pada terminal generator Unit 3 bekerja sesuai fungsinya yaitu memberikan alarm ketika terjadi tegangan lebih.

Kata kunci : Pelepasan Beban, Proteksi Generator, Relai Proteksi, Simulasi Generator, Tegangan Lebih

ETAP Simulation For Evaluation Of Overvoltage Overvoltage Fault Protection On Generators PT. Ecogreen Oleochemicals Batam

Abstract

In this study, an evaluation of overvoltage protection was carried out on the eob 3 zug PT. Ecogreen Oleochemicals Batam generator which was protected by an overvoltage relay using a simulation in the ETAP software. Simulations are carried out to see how the overvoltage relay works and the form of overvoltage that occurs at the generator terminal. The simulation scenario used is 50.7 MW load shedding and the relay used in the simulation functions to turn on the alarm when overvoltage occurs. The simulation results show that when a load is released, the overvoltage relay turns on an alarm 1.1 seconds after reading the voltage rises to 13 kV or 110% of the nominal voltage, then the generator terminal voltage rises to 13.2 kV until it returns to steady state conditions. 5 seconds after the voltage increase occurs. The simulation results show that the overvoltage relay installed at the generator terminal Unit 3 works according to its function, namely to give an alarm when an overvoltage occurs.

Keywords : *load shedding, generator protection, protection relay, generator simulation, overvoltage*

Kata Pengantar

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan bimbingan-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Simulasi Etap untuk Evaluasi Proteksi Gangguan Tegangan Lebih (*Overvoltage*) pada Generator PT Ecoogreen Oleochemicals Batam”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam untuk mencapai gelar sarjana terapan teknik (S.Tr.T) pada program studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan tugas akhir ini tidaklah mudah bagi penulis. Oleh karena itu penulis, mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu dan Ayah yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis yang merupakan anugrah terbesar dalam kehidupan
2. Bapak Uuf Brajawidagda, ST., MT., Ph.D, Selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Dr.Budi Sugandi, S.T., M.Eng, Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Fauzun Atabiq, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Muhammad Prihadi Eko Wahyudi, S.T., M.T, Selaku Koordinator magang di Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam, dan selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah bersedia meluangkan waktu,tenaga, dan memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Nazarul Amri Selaku supervisor Electric sekaligus pembimbing dan penanggung jawab magang di perusahaan PT. Ecogreen oleochemicals Batam yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan arahan dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh staff dan karyawan Perusahaan PT.Ecogreen oleochemicals Batam yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu pengetahuan yang belum pernah penulis terima sebelumnya.

Batam,

Muhammad Haziq Aziz

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka.....	3
2.1 Generator	3
2.2 <i>Equipment</i> pada Generator.....	4
2.2.1 Rangka Stator.....	4
2.2.2 Stator	4
2.2.3 Rotor	4
2.2.4 Slip Ring.....	5
2.3 Proteksi.....	5
2.4 Tujuan dari Sistem Proteksi.....	6
2.5 Proteksi Generator	6
2.6 <i>Electric Trasient and Analysis Program (ETAP)</i>	7
2.7 Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ETAP.....	8
Bab 3. Metodologi Penelitian.....	9
3.1 Diagram Alir Penelitian	9

3.2	Perhitungan <i>Setting Relay</i> Tegangan Lebih	10
3.3	Pengukuran Tegangan Terminal Generator	10
3.4	Pengumpulan Data	10
3.5	Langkah - Langkah Penelitian	11
Bab 4.	Hasil dan Pembahasan	12
4.1	Perhitungan Tegangan Pada Terminal Generator.....	12
4.2	Perhitungan Tegangan Sekunder.....	14
4.3	Pengaturan Tegangan Pada Relay Tegangan Lebih.....	15
4.4	Perhitungan Kerja Relay Tegangan Lebih	16
Bab 5.	Kesimpulan dan Saran	23
5.1	Kesimpulan	23
5.2	Saran.....	23
Daftar Pustaka.....		24
Biodata		25
Lampiran.....		26

Daftar Gambar

Gambar 1. Generator EOB3 Zug Ecogreen Oleochemicals	3
Gambar 2. Bagian – bagian pada Rangka Stator.....	4
Gambar 3. Bagian – bagian pada Stator.....	4
Gambar 4. Rotor.....	5
Gambar 5. Slip <i>Ring</i>	5
Gambar 6. Diagram Alir Umum Perancangan Penelitian	9
Gambar 7. <i>Single Line Diagram</i> Generator Zug	16
Gambar 8. Single Line Diagram eob 3 zug	17
Gambar 9. Spesifikasi Generator eob 3 zug Ecogreen oleochemicals Batam	18
Gambar 10. <i>setting</i> Relay Tegangan Lebih yang Terpasang Pada Generator	18
Gambar 11. Pengaturan <i>Study Case</i> Pelepasan Beban.....	19
Gambar 12. Generator Saat menyuplai Beban Sebesar 15 MW	20
Gambar 13. Kondisi Generator dan Bus Terminal Saat Melakukan Pelepasan	20
Gambar 14. Kondisi Terminal Generator saat Relay Tegangan Lebih Bekerja	21
Gambar 15. Grafik Tegangan Pada Terminal Generator	21

Daftar Tabel

Tabel 1. Spesifikasi Generator	12
Tabel 2. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-1	12
Tabel 3. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-2	13
Tabel 4. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-3	13
Tabel 5. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-4	14
Tabel 6. <i>Setting Relay</i> pada Terminal Generator	15

Bab 1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Salah satu pembangkit yang menghasilkan listrik dari berbagai sumber yang tersedia di Indonesia, yaitu pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembangkit ini menggunakan sumber alam batu bara sebagai bahan bakar utamanya. Perubahan energi yang terjadi pada pembangkit, diawali dengan proses pembakaran yang menghasilkan uap panas (energi thermal) kemudian dari uap panas tersebut diubah menjadi energi mekanik oleh turbin dan terakhir dari energi mekanik menjadi energi listrik. Produksi energi listrik dilakukan secara terus menerus selama 24 jam tanpa henti, kecuali terjadi kerusakan atau waktunya untuk pemeliharaan. System tenaga listrik merupakan suatu sistem yang cukup kompleks menggunakan peralatan-peralatan konversi energi seperti boiler, turbin, generator, kondensor, transformator dan masih banyak lagi yang digunakan. Setelah listrik diperoleh dan didistribusikan ke konsumen, tentu saja jumlah listrik tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan konsumen yang ada, Jika suplai listrik terhenti atau mungkin bisa menyebabkan kerugian yang sangat besar. Oleh karena itu kelancaran operasi kelancaran operasi serta kehandalan sistem menjadi syarat yang mutlak dari suatu sistem tenaga listrik agar dapat membangkitkan dan menyalurkan energi listrik sampai ke konsumen.

Salah satu hal yang penting pada sistem tenaga listrik adalah pengaman terhadap peralatan yang digunakan dari segala macam gangguan. Bagaimana baiknya suatu sistem, gangguan tidak bisa sampai merusak sebuah peralatan itu sendiri. Sistem proteksi selain harus mengamankan peralatan listrik terhadap gangguan, juga berfungsi melokalisir gangguan. Oleh karena itu pengaman sangat diperlukan pada sistem tenaga listrik.

Proteksi untuk overvoltage pada sistem pembangkit tenaga listrik yaitu dengan menggunakan relay tegangan lebih (Overvoltage Relay) (Hussen, 2019). Secara sederhana prinsip kerja overvoltage relay yaitu mendeteksi tegangan dari potential transformer (PT) pada titik yang akan diproteksi kemudian dibandingkan dengan tegangan setting pada relay sehingga apabila tegangan PT melebihi tegangan setting, maka relay akan bekerja untuk mengaktifkan PMT (Pemutus) atau menyalakan alarm (Grabovickic, 2012) (Hidayat, 2018)

Berdasarkan permasalahan di atas, akan dilakukan penelitian untuk mengevaluasi sistem proteksi tegangan lebih yang terpasang pada generator Zug Suplai Daya Utama untuk EOB3 dan EOMB dengan perhitungan dan simulasi menggunakan software etap dengan skenario pelepasan beban generator. Kemudian akan didapatkan karakteristik tegangan lebih pada generator dan waktu kerja relay tegangan lebih yang terpasang pada Generator EOB3 Zug pada saat terjadi gangguan, sehingga akan diketahui apakah proteksi tegangan lebih

yang terpasang pada generator zug suplai utama untuk eob3 dan eomb sudah sesuai dengan standar atau tidak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diangkat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis temproteksi generator terhadap arus beban lebih dan *drop* tegangan.
2. Bagaimana analisa arus beban lebih dan *drop* tegangan pada sistem proteksi.
3. Penelitian untuk mengevaluasi sistem proteksi tegangan lebih yang terpasang pada generator dengan perhitungan dan simulasi menggunakan *software* ETAP

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengenali peralatan yang dapat memproteksi generator listrik dari arus beban linier Dapat digunakan sebagai modul *trainer* pada praktikum proteksi.
2. Dapat mengetahui dampak terjadinya pada generator jika menggunakan beban linear
3. Mensimulasikan dan menganalisis sistem kelistrikan PT ecogreen oleochemicals khususnya setelan rele pengaman arus lebih

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Mengenali sistem pengaman generator terhadap beban lebih dan drop tegangan.
2. Menjadi referensi dan rekomendasi untuk melakukan perbaikan khususnya setelan dan koordinasi rele pengaman arus lebih

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pada generator *zug*.
2. Untuk memutuskan rangkaian apabila terjadi gangguan pada sistem proteksi dibutuhkan PMT (kontaktor).
3. Simulasi hanya dilakukan pada *software* ETAP 12.6.

4. Beban yang digunakan adalah beban linear.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Generator

Generator merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Generator bekerja berdasarkan hukum Faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan menimbulkan GGL (Garis Gaya Listrik) yang mempunyai satuan *volt*.

Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan air tapi tidak menciptakan air didalamnya

Generator mempunyai jenis yang sangat beragam, salah satunya menurut perputaran medannya generator terdapat dua jenis yaitu generator sinkron dan asinkron. PLTU Ecogreen Oleochemicals mempunyai generator berjenis generator asinkron 3 fasa yang bertegangan 6.3 kV. Karena generator tidak serempak karena putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan magnet pada stator.



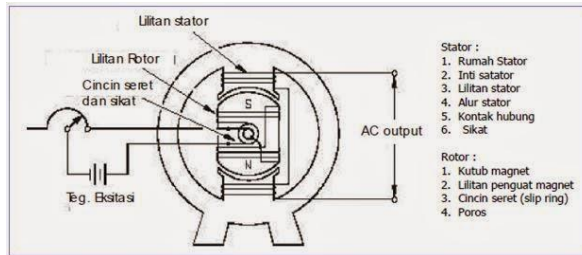
Gambar 1. Generator EOB3 Zug Ecogreen Oleochemicals

2.2 Equipment pada Generator

Berikut ini beberapa bagian pada generator, yaitu :

2.2.1 Rangka Stator

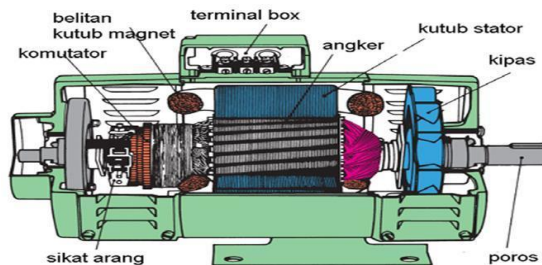
Rangka Stator merupakan badan atau *body* utama dari sebuah generator



Gambar 2. Bagian – bagian pada Rangka Stator

2.2.2 Stator

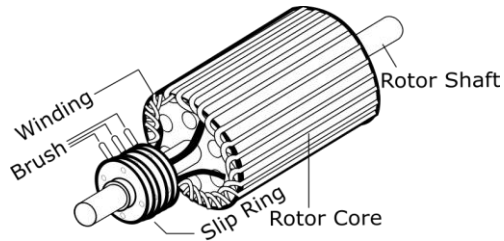
Stator merupakan bagian badan atau body utama dari sebuah generator dan ada lilitan stator yang nantinya berfungsi sebagai induksi gaya listrik (GGL).



Gambar 3. Bagian – bagian pada Stator

2.2.3 Rotor

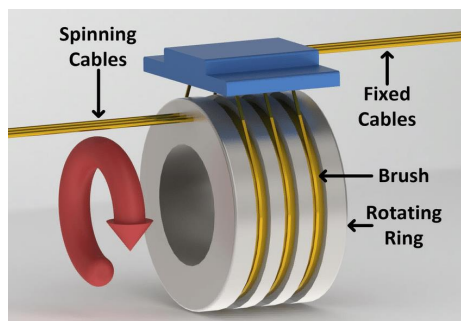
Rotor merupakan bagian generator yang berputar dan ada kutub magnet dengan lilitannya yang terbuat dari tembaga.



Gambar 4. Rotor

2.2.4 Slip ring

Slip Ring merupakan bagian yang terbentuk seperti cincin biasanya terbuat dari tembaga atau kuningan dan terdiri dari 2 buah ikat yang berputar bersamaan.



Gambar 5. Slip Ring

2.3 Proteksi

Proteksi transmisi tenaga listrik adalah proteksi yang dipasang pada peralatan- peralatan listrik pada suatu transmisi tenaga listrik sehingga proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (power plant) hingga saluran distribusi listrik (substation distribution) dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik dengan aman. Proteksi transmisi tenaga listrik diterapkan pada transmisi tenaga listrik agar jika terjadi gangguan peralatan yang berhubungan dengan transmisi tenaga listrik tidak mengalami kerusakan. Ini juga termasuk saat dilakukan perawatan dalam kondisi bertegangan. Jika proteksi bekerja dengan baik, maka pekerja dapat melakukan pemeliharaan transmisi tenaga listrik dalam kondisi bertegangan. Jika saat melakukan pemeliharaan

tersebut terjadi gangguan, maka pengaman-pengaman yang terpasang harus bekerja demi mengamankan system dan manusia yang sedang melakukan perawatan.

2.4 Tujuan dari Sistem Proteksi

Untuk mengidentifikasi dan mendeteksi gangguan, memisahkan bagian instalasi yang terganggu dari bagian lain yang masih normal, pengaman terhadap manusia dan sekaligus mengamankan instalasi dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, serta memberikan informasi/tanda bahwa telah terjadi gangguan, yang pada umumnya diikuti dengan membukanya Pemutus Tenaga (PMT).

Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan/menghubungkan satu bagian instalasi dengan bagian instalasi lain, baik instalasi dalam keadaan normal maupun dalam keadaan terganggu. Batas dari bagian-bagian instalasi tersebut dapat terdiri dari satu Pemutus Tenaga (PMT) atau lebih.

2.5 Proteksi Generator

Untuk menjelaskan bentuk dan keadaan gangguan yang ada pada generator, maka perlu diketahui bahwa generator pada pembangkit mempunyai fungsi menghasilkan energi listrik. Untuk melakukan fungsinya akan sangat mungkin terjadi gangguan dari luar ataupun dari bagian dalam generator.

Gangguan yang mungkin terjadi pada generator bisa disebabkan oleh hal-hal seperti hubung singkat antar fasa, hubung singkat fasa ke tanah ,hubung singkat berbalikan dalam satu fasa , hubung singkat kumparan rotor ke tanah , beban lebih, panas berlebih pada kumparan, hilangnya medan penguat, atau bisa terjadi karena yang bekerja pada generator tersebut hanya satu fasa saja . (Bachtiar ,2006). Ada beberapa jenis proteksi yang digunakan untuk mengamankan generator, antara lain :

2.5.1. Proteksi Differensial

Proteksi ini adalah proteksi utama pada peralatan yang bekerja berdasarkan perbandingan besar dan fasa arus yang masuk dan meninggalkan rangkaian atau peralatan yang diproteksi. Pada generator proteksi ini dipakai untuk mengisolir gangguan hubung singkat antara fasa dengan fasa. Proteksi ini mampu bekerja dengan cara mendeteksi perbedaan arus yang timbul pada titik netral dan pada terminal generator.

2.5.2. Proteksi Arus Lebih

Dinamakan proteksi arus lebih dikarenakan proteksi akan bekerja apabila pada rangkaian tersebut terjadi kenaikan arus atau arus berlebih yang mengalir melebihi arus setting. Karena keandalan kerja yang baik proteksi ini banyak

digunakan terutama untuk melindungi generator akibat gangguan hubung singkat yang menyebabkan arus lebih. Proteksi arus lebih pada generator juga digunakan untuk mengamankan akibat beban lebih yang bisa menyebabkan arus yang mengalir ke stator menjadi besar yang akan membahayakan kinerja generator.

2.5.3. Proteksi Beban Lebih

Proteksi ini sering digunakan untuk melindungi generator dari gangguan beban lebih, dikarenakan proteksi ini akan bekerja apabila pada 20-25% arus beban lebih diatas arus nominal dan hanya ditempatkan pada satu fasa.

2.5.4. Proteksi Tegangan Lebih

Proteksi tegangan lebih dipakai pada generator untuk pemakaian generator yang ada di pusat pembangkit yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak mulanya, jika beban diputuskan dari generator maka putaran penggerak akan berputar dengan sangat cepat menyebabkan tegangan menjadi besar.

2.5.5. Proteksi Loss of Field

Loss of Field relay adalah suatu proteksi yang bekerja jika dilalui arus dan tegangan listrik yang mendeteksi terjadinya hilang atau berkurangnya medan magnet pada stator generator.

2.5.6. Proteksi Frekuensi Lebih

Proteksi frekuensi lebih merupakan proteksi yang bekerja jika dilalui tegangan listrik nominalnya dengan frekuensi melebihi batas setting frekuensi yang telah ditentukan.

2.5.7. Proteksi *Negative Phase Sequence*

Negative phase sequence merupakan proteksi yang bekerja jika dilalui arus dengan urutan fasa berlawanan sehingga melebihi batas setting arus yang telah ditentukan.

2.6 *Electric Transient and Analysis Program (ETAP)*

Electric Transient and Analysis Program (ETAP) merupakan suatu lunak yang mendukung system tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan online dan offline untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan system secara *real time*. Fitur yang terdapat didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik , system transmisi

maupun system distribusi tenaga listrik. Jenis program Aplikasi pada system tenaga listrik diantaranya adalah *ETAP*, *MATLAB*, *MATCAD*, *EDSA*, dll.

2.7 Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ETAP

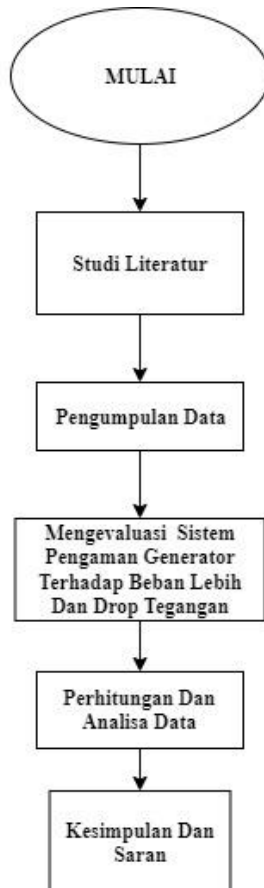
Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja menggunakan ETAP antara lain :

1. One Line Diagram
Merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah system tenaga listrik tiga fasa
2. Library
Merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. Standar yang dipakai
Standar IEC nilai frekuensi yang digunakan 50 Hz Standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan 60 Hz
4. Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan dengan menggunakan ETAP :
Load Flow Analysis, Short Circuit Analysis, Optimal Capacitor Placement, Harmonic Analysis, Protection Analysis, Reability Analysis, Transient Stability Analysis.

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir rancangan penelitian yang akan dilakukan untuk Mengevaluasi sistem pengaman generator terhadap beban lebih dan *drop* tegangan.



Gambar 6. Diagram Alir Umum Perancangan Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 6, dapat diketahui urutan proses penelitian ini, dimulai dengan dilakukan studi literatur, observasi lapangan, pengumpulan data, simulasi dan analisis data mengenai kondisi relay tegangan lebih yang digunakan di generator EOB 3 ZUG.

Pada metode ini peneliti mencari informasi mengenai *system proteksi generator* sebagai penguat informasi dan data, yang diperoleh pada jurnal, buku, maupun perpustakaan perusahaan.

3.2 Perhitungan *Setting Relay* Tegangan Lebih

Setelah didapatkan data teknis yang diperoleh dari studi literatur dan observasi lapangan, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai pengaturan atau setting yang dipakai oleh relay tegangan lebih yang terpasang pada terminal generator EOB 3 ZUG Terdapat dua parameter yang harus ditentukan untuk melakukan setting relay tegangan lebih yaitu nominal tegangan keluaran generator dan tegangan sekunder potential transformer (PT) yang terpasang pada terminal.

3.3 Pengukuran Tegangan Terminal Generator

Pengukuran tegangan terminal generator yaitu menggunakan Potential Transformers (PT). Dari hasil pengukuran tersebut akan didapatkan tegangan keluaran trafo yang selanjutnya akan menjadi input dari sistem proteksi tegangan lebih generator yaitu relay tegangan lebih. Data yang digunakan yaitu pengukuran beban mingguan generator EOB 3 ZUG PT. Ecogreen Oleochemicals, Batam.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan untuk memudahkan proses penulisan tugas akhir ini, dengan melakukan pengumpulan data yang sudah ada yaitu data real dari PT. Ecogreen Oleochemicals Batam Data yang diambil berupa data Spesifikasi relay tegangan lebih EOB 3 ZUG, Spesifikasi generator EOB 3 ZUG, *Single line diagram* EOB 3 ZUG.

3.4.1. Pengamatan langsung (Observasi)

Pada metode ini dilakukan pengamatan langsung dilapangan untuk mengetahui data langsung yang ada di *Center Control Room* (CCR) dan melalui informasi teknisi lapangan.

3.4.2. Wawancara

Pada metode wawancara atau bertanya secara langsung mengenai permasalahan dan informasi pada *system proteksi generator* menurut

pengetahuan personal serta aktual dari teknisi lapangan dan operator serta diberi arahan untuk penanganannya.

3.4.3. Study Literature

Pada metode ini peneliti mencari informasi mengenai *system proteksi generator* sebagai penguat informasi dan data, yang diperoleh pada jurnal, buku, maupun perpustakaan perusahaan.

3.4.4. Penggabungan informasi.

Metode penggabungan ini bertujuan agar data dan informasi yang diperoleh menjadi lebih akurat serta menjadi lebih ringkas.

3.5 Langkah - Langkah Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan melakukan pengumpulan data berupa angka yang diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini dan hasil dari pengumpulan data tersebut akan di analisa dengan perhitungan.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan Tegangan Pada Terminal Generator

Generator EOB 3 ZUG PT ECOGREEN OLEOCHEMICALS BATAM yang digunakan untuk scenario gangguan tegangan lebih ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Generator

Phase	3
Frekuensi	50 Hz
Kapasitas Daya	15 MW
Faktor Daya	0.85 lagging
Kecepatan	3000 rpm
Jumlah Kutub	2 kutub

Pada penelitian ini diambil sampel beban yang didapat dari data beban bulanan Pada bulan November 2022 yang di suplai oleh generator EOB 3 ZUG, untuk mendapatkan nominal tegangan terminal atau keluaran generator. Berikut ini adalah data pembangkitan generator EOB 3 ZUG PT. Ecogreen Oleochemicals Batam pada bulan November 2017.

Tabel 2. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-1

no	Parameter	range	Date	1/11/2022 - 7/11/22			Minggu 1		
			unit	1:00	5:00	9:00	13:00	17:00	21:00
1	Load MW	15 MW	MW	11.77	11.64	11.61	11.71	11.81	11.84
2	Tegangan Generator	6.3 kV	kV	6.15	6.17	6.15	6.18	6.15	6.16
3	Frekuensi generator	49.5 - 50.5	Hz	49.92	49.93	49.95	49.91	49.94	49.91
4	Power Factor Generator		-	0.82	0.81	0.85	0.83	0.87	0.86
5	Arus generator	Maksimum 1617	A	1344	1319	1315	1307	1318	1310

Untuk dilakukan perhitungan, diambil sampel data pada minggu ke-1 yaitu 6,16 MW, sehingga didapatkan nilai tegangan terminalnya yaitu :

$$\begin{aligned}
 V_t &= \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta} \\
 &= \frac{11.77 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1344 \times 0.82} \\
 &= 6,16 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat tegangan sebesar 6,16 k, dimana nilai ini sesuai dengankapasitas nominal spesifikasi generator EOB 3 ZUG.

Tabel 3. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-2

no	Parameter	range	date	1/11/2022 - 7/11/22			Minggu	2	
			unit	1:00	5:00	9:00	13:00	17:00	21:00
1	Load MW	15 MW	15 MW	11.75	11.66	11.59	11.73	11.82	11.81
2	Tengangan Generator		6.3 Kv	6.11	6.15	6.13	6.2	6.11	6.12
3	Frekuensi generator		49.5 - 50.5 Hz	49.94	49.95	49.97	49.92	49.91	49.91
4	Power Factor Generator		-	0.83	0.84	0.87	0.81	0.88	0.89
5	Arus generator	Maksimum 1617	A	1341	1320	1317	1309	1320	1311

Untuk dilakukan perhitungan, diambil sampel data pada minggu ke-2 yaitu MW, sehingga didapatkan nilai tegangan terminalnya yaitu :

$$V_t = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta}$$

$$= \frac{11.75 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1.341 \times 10^3 \times 0.83}$$

$$= 6,094$$

Tabel 4. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-3

no	Parameter	range	date	/11/2022 - 7/11/2			Mingg	3	
			unit	1:00	5:00	9:00	13:00	17:00	21:00
1	Load MW	15 MW	15 MW	11.81	11.67	11.63	11.75	11.77	11.89
2	Tengangan Generator		6.3 Kv	6.11	6.15	6.15	6.22	6.13	6.12
3	Frekuensi generator		49.5 - 50.5 Hz	49.91	49.95	49.98	49.91	49.94	49.91
4	Power Factor Generator		-	0.8	0.81	0.85	0.83	0.87	0.86
5	Arus generator	Maksimum 1617	A	1344	1319	1315	1307	1318	1310

Dari hasil perhitungan didapat tegangan sebesar 6,094 kV dimana nilai ini sesuai dengankapasitas nominal spesifikasi generator EOB 3 ZUG. Untuk dilakukan perhitungan, diambil sampel data pada minggu ke-3 yaitu MW, sehingga didapatkan nilai tegangan terminalnya yaitu :

$$Vt = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta}$$

$$= \frac{11.89 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1.310 \times 10^3 \times 0.86}$$

$$= 6,093$$

Dari hasil perhitungan didapat tegangan sebesar 6,093 kV dimana nilai ini sesuai dengankapasitas nominal spesifikasi generator EOB 3 ZUG.

Tabel 5. Data Pembangkitan Generator EOB 3 ZUG pada Minggu Ke-4

no	Parameter	range	date	/11/2022 - 7/11/2					Mingg	4
			unit	1:00	5:00	9:00	13:00	17:00	21:00	
1	Load MW	15 MW	15 MW	11.77	11.64	11.68	11.75	11.85	11.89	
2	Tegangan Generator		6.3 Kv	6.15	6.17	6.15	6.18	6.15	6.16	
3	Frekuensi generator		49.5 - 50.5 Hz	49.92	49.93	49.95	49.91	49.94	49.91	
4	Power Factor Generator		-	0.8	0.81	0.85	0.83	0.87	0.86	
5	Arus generator	Maksimum 1617	A	1344	1319	1315	1307	1318	1310	

Untuk dilakukan perhitungan, diambil sampel data pada minggu ke-4 yaitu MW, sehingga didapatkan nilai tegangan terminalnya yaitu :

$$Vt = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta}$$

$$= \frac{11.68 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1.315 \times 10^3 \times 0.85}$$

$$= 6,033$$

Dari hasil perhitungan didapat tegangan sebesar 6,033 kV dimana nilai ini sesuai dengankapasitas nominal spesifikasi generator EOB 3 ZUG.

4.2 Perhitungan Tegangan Sekunder

Agar mendapatkan tegangan sekunder yang sudah terukur pada PT dapat menggunakan persamaan (2) dengan rasio yang digunakan yaitu 118 berarti tegangan terminal generator yang sebenarnya 1:118 dari nilai tegangan sekunder pada PT , jadi untuk mendapatkan tegangan sekunder pada PT dapa diketahui pada perhitungan:

$$V_2 = \frac{V_T}{a}$$

$$= \frac{11,8 \times 10^3}{118}$$

$$= 100 \text{ V}$$

Tegangan sekunder PT ini merupakan tegangan yang akan dibaca oleh relay tegangan lebih. Relay akan bekerja berdasarkan setingan tegangan lebih yang dihitung berdasarkan standar yang dipakai.

4.3 Pengaturan Tegangan Pada Relay Tegangan Lebih

Akan dilakukan identifikasi mengenai *setting* yang telah ditetapkan oleh PT. Ecogreen oleochemicals Batam sebelum melakukan perhitungan untuk *setting* relay tegangan lebih, pada relay tegangan lebih yang terpasang pada terminal generator *setting* relay tegangan lebih yang dipakai adalah sebagai berikut :

Tabel 6. *Setting Relay* pada Terminal Generator

Nomor <i>Device</i>	59 GA
Model <i>Relay</i>	REG 630
Manufaktur	ABB
Rasio Perusahaan	6300/100 V
Catu Daya	110 V
<i>Setting Range</i>	75 – 135 V
<i>Setting</i> yang dipakai	110 V
Phasa	S – T (Phase Grup 1)
Kategori Fungsi	Alarm

Setelah diketahui *setting* relay dan spesifikasi pada tegangan lebih yang dipakai kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan pengaturan tegangan kembali untuk diterapkan pada relay yang akan dipakai pada proses simulasi. Berdasarkan standar IEEE Std C37.102 *Guide for AC Generator Protection*, relay tegangan lebih dengan jenis inverse time diatur 110% dari tegangan sekunder PT. Sehingga didapat settingan tegangan pada relay yaitu :

$$100 \times 110\% = 110 \text{ Volt}$$

Jadi, pengaturan tegangan untuk relay tegangan lebih yang dipakai dengan presentase 110% yaitu sebesar 110 volt , nilai ini sama dengan nilai *setting* yang terpasang pada terminal generator EOB 3 ZUG , Artinya setinggan yang

diterapkan oleh PT Ecogreen sudah mengikuti standar . kemudian untuk mengetahui besar tegangan terminal generator yang sebenarnya pada saat mencapai nilai *setting* dengan cara mengalikan tegangan relay dan rasio PT yang digunakan yaitu $118 \times 110 = 13 \text{ Kv}$ pada tegangan terminal generator yang sebenarnya.

4.4 Perhitungan Kerja Relay Tegangan Lebih

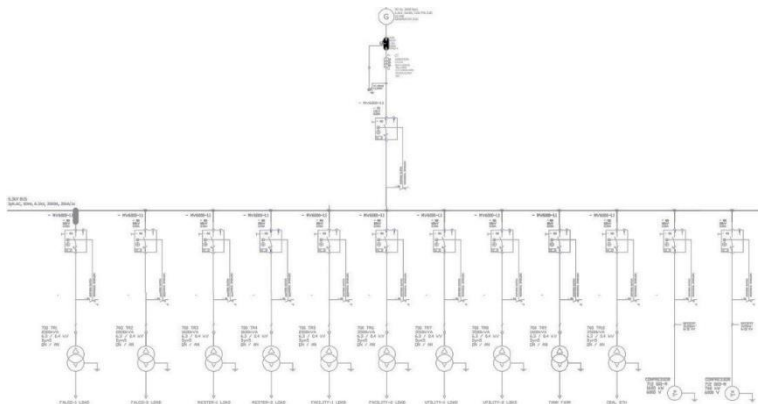
Untuk mengetahui waktu kerja relay tegangan lebih, dilaksanakan perhitungan berdasarkan persamaan (3):

$$t = \text{TMS} \times \left(\frac{k}{\left(\frac{v2^a}{vs} \right)} \right) + c$$

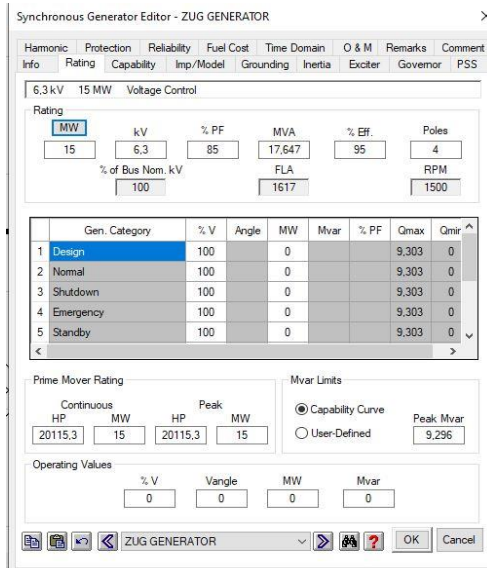
$$= 1 \times \left(\frac{1}{\left(\frac{100^1}{110} \right)} \right) + 0$$

$$= 1,1 \text{ detik}$$

Nilai tersebut diperoleh dari karakteristik relay yang digunakan yaitu 1. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa relay akan memberikan perintah menyalakan alarm 1,1 detik setelah relay mendeteksi tegangan lebih.

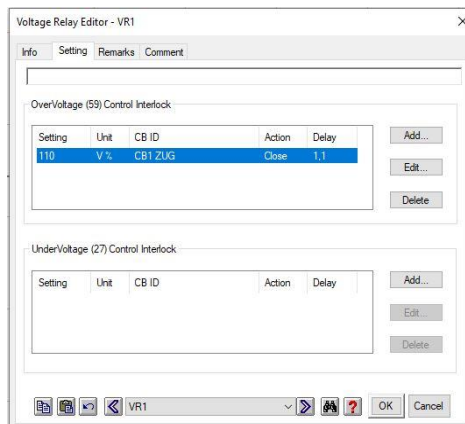


Gambar 7. Single Line Diagram Generator Zug



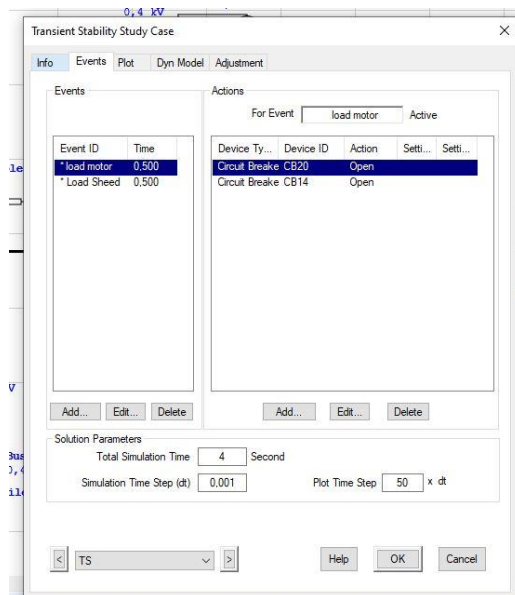
Gambar 9. Spesifikasi Generator eob 3 zug Ecogreen oleochemicals Batam

Kemudian *setting* relay tegangan lebih juga dimasukkan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. *setting* Relay Tegangan Lebih yang Terpasang Pada Generator

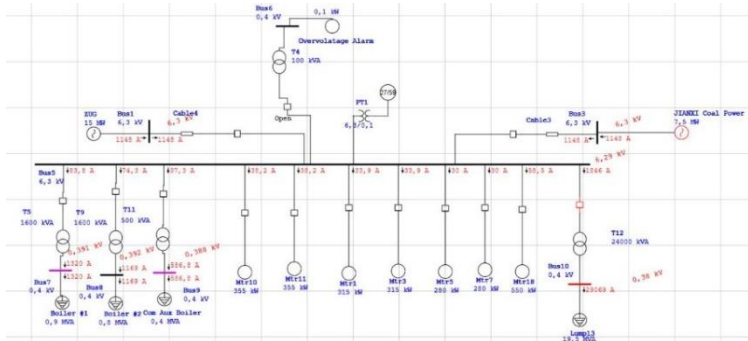
Berdasarkan gambar 10, dapat dilihat relay yang dipakai adalah jenis 59GT dimana ini adalah jenis relay tegangan yang terdapat pada ETAP. Kemudian waktu kerja relay yang diatur adalah 1,1 detik kemudian untuk mengatur cara memberi peringatan Ketika terjadi gangguan tegangan lebih yaitu dengan menggunakan fitur interlock yang berfungsi untuk mengintegrasikan kerja dua atau lebih komponen dalam sistem pembangkit. Pada Simulasi ini, relay tegangan leebih interlock ddengan CB43 yaitu CB yang terhubung dengan motor, dimana apabila relay mendeteksi tegangan lebih maka dengan delay yang telah di atur akan menjalankan perintah untuk menutup CB43 sehingga motor akan terhubung dengan sumber tegangan dan menyala sebagai peringatan terjadinya gangguan tegangan lebih. Kemudia setelah spesifikasi dan setting relay dimasukkan, akan dilakukan pengaturan study case untuk melakukan skenario pelepasan beban dengan fitur Transient Stability Analysis. Gambar 11 merupakan data dan pengaturan unntuk pelepasan beban.



Gambar 11. Pengaturan Study Case Pelepasan Beban

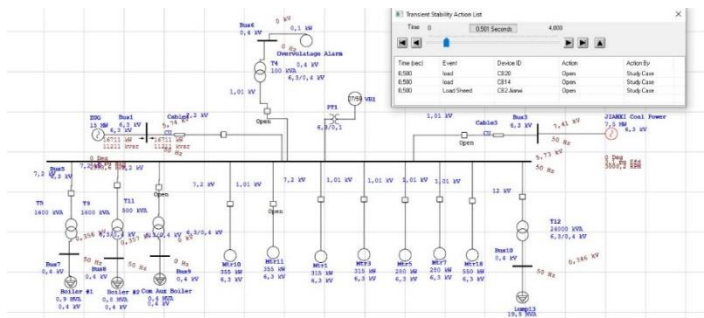
Informasi mengenai pengaturan dan skenario yang dibuat untuk melakukan pelepasan beban. Simulasi ini dilakukan selama 4 detik, kemudian pada bagian *Event* ditambahkan skenario yang akan dilakukan dan waktu terjadinya skenario tersebut. Pada bagian *event* ini diberikan nama skenario pelepasan beban yang dilakukan pada detik ke 0,5 dengan melakukan perintah open pada CB6 yaitu CB

yang menghubungkan generator dengan beban. Setelah data spesifikasi dan setting setiap komponen yang digunakan dimasukkan, maka kemudian dilakukan simulasi *load flow analysis* untuk melihat apakah proses pembangkitan akan berjalan sesuai perhitungan atau tidak. Hasil *running load flow analysis* bisa dilihat pada gambar 12.



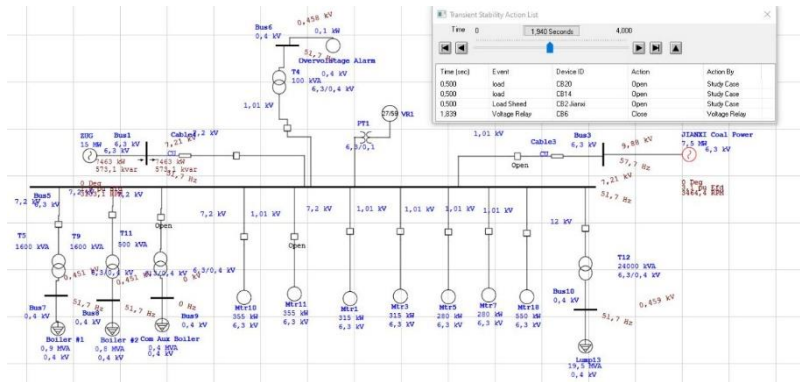
Gambar 12. Generator Saat menyuplai Beban Sebesar 15 MW

Gambar 12 memperlihatkan proses simulasi yang sudah dimulai dengan Load Flow Analysis. Dapat dilihat proses pembangkitan berjalan pada saat sistem pembangkit generator Unit 3 menyuplai beban 13,1 MW atau 13,3% dari kapasitas daya generator. Tahap berikutnya dapat dilanjutkan dengan pelepasan beban menggunakan *Transient Study Analysis*. Hasil running *Transient Study Analysis* dapat dilihat pada gambar 13.

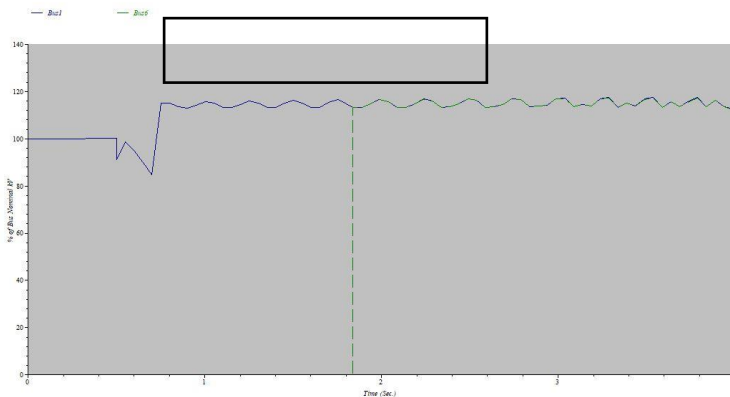


Gambar 13. Kondisi Generator dan Bus Terminal Saat Melakukan Pelepasan

Pada Gambar 13 memperlihatkan proses simulasi Transient Study Analysis saat running. Kemudian plot waktunya digeser secara berkala hingga mencapai 0,05 detik seperti yang sudah diatur pada study case. Hasilnya dapat dilihat bahwa terjadi pelepasan beban di CB6 pada Bus6 5,4 kV, kemudian tegangan naik mencapai nilai 7,3 kV pada detik ke 0,6 sampai dengan 1,8 setelah itu dilakukan pelepasan beban.



Gambar 14. Kondisi Terminal Generator saat Relay Tegangan Lebih Bekerja



Gambar 15. Grafik Tegangan Pada Terminal Generator

Berdasarkan Gambar 14 kita dapat mengetahui bahwa pada detik ke 0,5 atau 1,1 detik setelah tegangan terminal generator mencapai nilai 7,3 kV, relay tegangan lebih yang dipasang pada bus6 (terminal generator) melalui

trafo PT membaca kenaikan tegangan ini dan memberikan sinyal ke CB6 agar closed atau terhubung untuk menyalakan motor sebagai alarm. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi sudah benar karena relay bekerja sesuai dengan hasil perhitungan setting relay. Grafik perubahan tegangan terminal generator pada saat simulasi *Transient Stability Analysis* selama 4 detik dan terjadi pelepasan beban dapat dilihat pada Gambar 15, Berdasarkan grafik pada Gambar 15 diatas, kita dapat mengetahui pada detik ke 1,839 atau 1,1 detik setelah terminal generator mencapai nilai 7,3 kV relay overcurrent pada Bus6 dengan pembacaan pada trafo PT pembacaan tegangan ini dan memberikan sinyal ke CB6 agar bekerja atau terhubung untuk menyalakan alarm, simulasi sudah sesuai dengan perhitungan pengaturan relay. Grafik perubahan tegangan terminal generator pada saat di simulasi transient selama 4 detik.

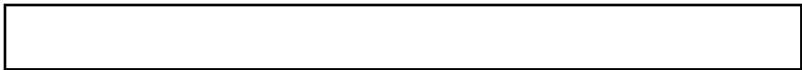
Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa pelepasan beban pada *software etap* dilakukan dengan melakukan *study case* pada simulasi *Transient Stability Analysis* dengan satu skenario, dilakukan dengan melepaskan beban jaringan 7,3 kV dengan cara membuka CB6 dengan waktu 0,5 detik, hasil simulasi pelepasan beban dengan melihat cara kerja relai *overvoltage* berjalan dengan baik berdasarkan hasil dari waktu relai mendeteksi tegangan lebih dari bus nominal kV, lalu alarm beroperasi 1,1 detik setelah mendeteksi tegangan sudah sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. Hasil simulasi *Transient stability* sudah sesuai dengan pengujian pelepasan beban dan kerja relai ditampilkan menggunakan Grafik, hal ini menunjukkan bahwa pelepasan beban mempengaruhi kenaikan tegangan, karena tegangan lebih yang diakibatkan oleh pelepasan beban membuat tegangan bus naik dari tegangan nominal lalu turun secara perlahan.

5.2 Saran

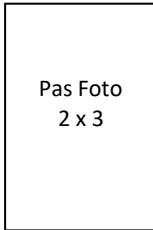
Untuk dilakukan pengecekan secara berkala beban aktual di lapangan dengan data beban yang ada di PT ecogreen oleochemicals untuk dilakukan verifikasi dan pengukuran.



Daftar Pustaka

- [1] Grabovickic, R. (2012). Protection of Transformer-ended Feeders Using Multifunction Relays. PEST&D 2012, (pp. 1-10).
- [2] Grid, A. (2011). Network Protection & Automation Guide: Protective Relays Measurement & Control. Stafford: Alstom.
- [3] Linquip Team. (2021, May 5). What is Potential Transformer? Retrieved from Linquip: <https://www.linquip.com/blog/what-is-potential-transformer/>
- [4] Hussen, M. S. (2019). Overview of Generator Protection on Power System. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 3(11), 12-18.
- [5] IEC Standard. (2010). Measuring Relays and Protection Equipment-Part 127: Functional Requirements for Over/under Voltage Protection. IEC 60255-127.
- [6] Shintawaty, L. (2014). Sistem Proteksi pada Generator di PLTG Musi 2 Palembang. Jurnal Desiminasi Teknologi, 6(1), 1-12.
- [7] Tasiem, F. J. (2017). Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Teknosain.
- [8] Torres, F. (2008). Application of Overvoltage Protection to the Peruvian Power System. Western Protective Relay Conference, (pp. 506-512).
- [9] Saputro, T. D. (2016). Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator Pada Plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. Betara Complex Development Project Menggunakan Simulasi Etap 12.6.0. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 4(4), 1100-1109.
- [10] ElProCus Technologies Pvt Ltd. (2020, March 5). What is a Potential Transformer: Construction, Types & its Applications. Retrieved from Elprocus: <https://www.elprocus.com/what-is-a-potential-transformer-construction-types-its-applications/>

Biodata



Nama : Muhammad Haziq Aziz
TTL : Batam, 26 Juli 2001
Agama : Islam
Alamat : Kavling nongsa blok U No. 377

Email : aziqmuhammad12@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA : SMA Negeri 15 Batam
SMP : SMP Negeri 8 Batam

Lampiran