

**PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN FREKUENSI RELAY
PADA PT. PG. KREBET BARU II MALANG**

SKRIPSI



**Disusun Oleh :
Christianus Yoga Prasetiawan
NIM: 10.12.030**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN FREKUENSI RELAY PADA
PT. PG. KREBET BARU II MALANG**

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

**CHRISTIANUS YOGA PRASETIAWAN
NIM.1012030**

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I


Dosen Pembimbing II


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


**Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP.P.198003012005011002**

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
2014**



ABSTRAK

PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN FREKUENSI RELAY PADA PT. PG. KREBET BARU II MALANG

Christianus Yoga Prasetiawan, NIM 10.12.030
Dosen Pembimbing: Bambang Prio Hartono, ST, MT dan
Awan Uji Krismanto, ST, MT
Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Pada saat ini ketidakstabilan antara pembangkitan dan kebutuhan beban sering menimbulkan masalah pada sistem kelistrikan. Ketidakstabilan yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Pada Sistem kelistrikan PT. PG. Kretbet Baru 2 Malang menggunakan PLTU sebagai sumber pembangkit dan menghasilkan daya sebesar 7625 kVA yang terdiri dari 4 unit generator yang terhubung paralel, untuk mengamankan sistem dari kekurangan daya pembangkitan sudah di lakukan pelepasan beban secara otomatis dengan menggunakan frekuensi relay (*under frequency relay*), akan tetapi pada setting frekuensinya belum maksimal sehingga dilakukan perbandingan setting awal dengan setting frekuensi standar ANSI. Dari hasil simulasi menggunakan ETAP *Power Station* dengan setting frekuensi relay pada PG Kretbet Baru II Malang, respon frekuensi kembali normal 50,1 Hz pada $t=4,41$ s sedangkan dengan menggunakan setting frekuensi relay sesuai standar ANSI/IEEE C37.106-1987 respon frekuensi dapat kembali ke frekuensi normal yaitu 50,025 Hz pada $t=2,39$ s. Nilai tersebut membuktikan bahwa setting frekuensi dengan menggunakan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 lebih efektif dalam mengatasi masalah kestabilan sistem setelah terjadi gangguan.

Kata kunci : Pelepasan Beban, Frekuensi Relay

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan karunia-Nya, telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan serta perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **“PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN FREKUENSI RELAY PADA PT. PG. KREBET BARU II MALANG”**.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

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

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Bambang Prio Hartono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Bapak Awan Uji Krismanto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Kedua orang tua yang selalu memberi motivasi serta do'a yang mereka panjatkan untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, kami ucapkan banyak terima kasih atas bantuannya dalam pembuatan Skripsi yang telah penulis kerjakan, begitu juga dengan penyelesaian laporan ini

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan skripsi ini, penulis membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GRAFIK.....	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 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Pembangkitan Listrik.....	5
2.2 Stabilitas Sistem	5
2.2.1 Kestabilan Keadaan Tetap.....	6
2.2.2 Kestabilan Dinamis	7
2.2.3 Kestabilan Peralihan.....	7
2.3 Gangguan Beban Lebih	7
2.3.1 Menambah Daya Pembangkitan.....	8
2.3.2 Mengurangi Kebutuhan Daya Beban	8
2.4 Presentase Beban Lebih.....	9
2.5 Laju Perubahan Frekuensi	9
2.6 Pelepasan Beban.....	11
2.6.1 Akibat Beban Lebih pada Sistem Tenaga Listrik.....	13
2.6.2 Pelepasan Beban Akibat Penurunan Frekuensi	14
2.6.3 Syarat Pelepasan Beban.....	15

2.7 Frekuensi Relay	16
2.8 Pengaturan Frekuensi Relay (<i>Under Frequency Relay</i>)	16
2.9 Prioritas Beban yang Dilepaskan.....	17
2.10 Pengaturan Waktu Tunda.....	18
2.11 Pengendalian Frekuensi	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Sistem Kelistrikan PT. PG Krebet Baru II Malang	20
3.2 Software ETAP <i>Power Station</i>	20
3.3 Analisa Aliran Daya	22
3.4 Standar Frekuensi	23
3.5 Data Survey	25
3.6 Perancangan Simulasi Menggunakan ETAP <i>Power Station</i>	28
3.7 Lokasi dan Waktu Penelitian	31
3.8 Algoritma Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	32
3.9 Flowchart.....	33
BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL	34
4.1 Pemodelan Single Line Diagram PLTU PG Krebet Baru II Malang.....	34
4.2 Load Flow System.....	35
4.3 Hasil dan Analisa Hasil <i>Transient Stability</i>	35
4.3.1 Simulasi Keadaan Awal Sistem	35
4.3.2 Studi Kasus.....	36
4.3.3 Simulasi Pelepasan Beban.....	37
4.3.4 Perbandingan Hasil Simulasi Pelepasan Beban	41
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perubahan Frekuensi Sebagai Fungsi Waktu dengan Adanya Pelepasan Beban	12
Gambar 3. 1 <i>Single Line Diagram</i> PT. PG Kregbet Baru II Malang	20
Gambar 3. 2 Tampilan Lembar Kerja <i>Software ETAP Power Station</i>	22
Gambar 3. 3 <i>Single Line Diagram</i> Sistem Kelistrikan di PG. Kregbet Baru II Malang pada <i>ETAP Power Station</i>	28
Gambar 3. 4 Input Rating Generator	29
Gambar 3. 5 Input Rating Beban Motor Induksi	29
Gambar 3. 6 Input Rating Beban Penerangan	30
Gambar 3. 7 Input Rating LVCB	30
Gambar 3. 8 Input Setting Frekuensi Relay	31
Gambar 3. 9 Flowchart Penyelesaian Masalah	33
Gambar 4. 1 <i>Single Line</i> Sistem Kelistrikan PLTU PG Kregbet Baru II Malang	34
Gambar 4. 2 Hasil Load Flow Sistem PLTU Kregbet baru II di <i>ETAP Power Station</i>	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Batas Durasi <i>overfrequency</i> dan <i>underfrequency</i>	24
Tabel 3.2	Skema Pelepasan Beban Menurut ANSI/IEEE C37.106-1987	24
Tabel 3.3	Data PLTU Kerebet Baru II Malang	25
Tabel 3.4	Data Beban Terpasang pada Generator ECC 1	25
Tabel 3.5	Data Beban Terpasang pada Generator ECC 2	25
Tabel 3.6	Data Beban Terpasang pada Generator ECC 3	26
Tabel 3.7	Data Beban Terpasang pada Generator Siemens	26
Tabel 3.8	Data LVCB pada Generator	26
Tabel 3.9	Data LVCB pada jalur beban Generator ECC 1	26
Tabel 3.10	Data LVCB pada jalur beban Generator ECC 2	27
Tabel 3.11	Data LVCB pada jalur beban Generator ECC 3	27
Tabel 3.12	Data LVCB pada jalur beban Generator Siemens	27
Tabel 3.13	Data frekuensi relay pada PG. Kerebet Baru II Malang	28
Tabel 4.1	Setting relay pada PG Kerebet Baru II Malang	37
Tabel 4.2	Setting relay berdasarkan standar ANSI/IEEE	39

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Respon Frekuensi Sistem saat Keadaan Normal	36
Grafik 4.2	Respon Frekuensi pada Bus Distribusi, saat Salah Satu Generator Trip tanpa adanya Pelepasan Beban.....	36
Grafik 4.3	Respon Frekuensi pada Bus Distribusi saat Generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 1.....	37
Grafik 4.4	Respon Frekuensi pada Bus Distribusi saat Generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 2.....	38
Grafik 4.5	Pelepasan Beban Tahap 1 dan Tahap 2 menggunakan Setting Relay PG. Krobot Baru II Malang	38
Grafik 4.6	Respon Frekuensi pada Bus Distribusi saat Generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 1.....	39
Grafik 4.7	Respon Frekuensi pada Bus Distribusi saat Generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 2.....	40
Grafik 4.8	Pelepasan Beban Tahap 1 dan Tahap 2 Menggunakan Setting Relay ANSI/IEEE.....	40
Grafik 4.9	Perbandingan Hasil Pelepasan Beban Tahap 1	41
Grafik 4.10	Perbandingan Hasil Pelepasan Beban Tahap 2	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pada saat ini ketidakstabilan antara pembangkitan dan kebutuhan beban sering menimbulkan masalah pada sistem kelistrikan. Ketidakstabilan yang ditimbulkan dapat menyebabkan terjadinya *blackout* dan kerusakan pada peralatan. Apabila dalam suatu sistem tersebut menggunakan beberapa generator yang dihubungkan dengan sistem kerja paralel maka kestabilan dalam sistem tersebut perlu diperhatikan^[6]

PT. PG Kregbet Baru 2 Malang menggunakan PLTU sebagai sumber pembangkit dan menghasilkan daya sebesar 7625 kVA yang terdiri dari 4 unit generator. Pada unit 1, 2, dan 3 dengan kapasitas daya 1875 kVA dan unit 4 memiliki kapasitas 2000 kVA untuk melayani beban seperti motor induksi dan instalasi penerangan. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat mempengaruhi kestabilan frekuensi. Frekuensi merupakan indikator dari keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan total beban sistem. Frekuensi akan naik apabila terjadi kelebihan pembangkitan dan sebaliknya frekuensi akan turun apabila terjadi kekurangan pembangkitan. Maka dalam pengoperasian sistem tenaga listrik perlu adanya pengamanan sistem dari kekurangan daya pembangkitan dengan mengadakan pelepasan beban secara otomatis dengan frekuensi relay (*under frequency relay*).

Ketidakstabilan frekuensi seperti penurunan frekuensi dapat mengganggu jalannya proses produksi, harga turunnya frekuensi dijaga agar tidak lebih dari 3%. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kemungkinan terjadinya getaran berlebihan (*blading*) pada komponen PLTU, seperti sudu-sudu, rotor turbin dan lain-lain^[5]. Jadi dengan diadakannya penelitian ini dapat disimulasikan pelepasan beban menggunakan frekuensi relay untuk menjaga kestabilan sistem kelistrikan, sehingga respon transien sistem akan menjadi lebih baik dan menuju kondisi stabil dengan lebih cepat setelah terjadi gangguan.

1.2 Rumusan masalah

Bagaimana cara menjaga kestabilan frekuensi sistem setelah terjadi gangguan dengan menggunakan frekuensi relay pada software *ETAP Power Station*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan diatas, tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Menganalisa setting frekuensi relay awal yang digunakan pada sistem PT. PG. Krobot Baru II Malang.
2. Menganalisa sistem agar dapat mencapai kondisi stabil dengan lebih cepat setelah terjadi gangguan menggunakan frekuensi relay dengan tahap pelepasan beban sesuai dengan standar ANSI/IEEE C37.106-1987.

1.4 Batasan Masalah

Penulis akan memberikan batasan-batasan masalah agar tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan utama penyusunan skripsi ini.

1. Area sistem tenaga listrik yang digunakan sebagai objek penelitian adalah PT. PG. Krobot Baru II Malang.
 2. Skripsi ini membahas tentang pelepasan beban menggunakan frekuensi relay dengan menggunakan tool *Transient Stability Analysis* pada *ETAP Power Station*.
 3. Skripsi ini membahas perbandingan setting frekuensi relay pada PG. Krobot Baru II Malang dengan setting frekuensi relay sesuai dengan standar ANSI/IEEE C37.106-1987
 4. Studi kasus yang digunakan adalah tripnya satu unit generator yaitu generator ECC 1.
 5. Parameter perbandingan yang diamati adalah bentuk gelombang frekuensi terhadap waktu.
-

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Studi pustaka
Memperoleh data dengan cara membaca dan mempelajari buku literature, serta jurnal yang berhubungan dengan pokok pembahasan masalah ini.
2. Pengumpulan data
Melakukan analisa lapangan dan pencarian data yang dibutuhkan pada PT. PG. Kerebet Baru II Malang.
3. Pembuatan rangkaian sistem simulasi
Tahap pembuatan rangkaian sistem simulasi dengan menggunakan software ETAP *Power Station* sesuai data yang diperoleh dari PT. PG. Kerebet Baru II Malang.
4. Pengujian rangkaian simulasi
Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari simulasi dan rangkaian yang sudah dibuat dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan menggunakan software ETAP *Power Station*.
5. Analisis dan Penarikan kesimpulan
Melakukan analisis serta membahas hasil percobaan dari pengujian sistem sehingga dapat dibuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan subbab, adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam Bab ini berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian, dan Sistematika Penulisan yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Pada Bab ini dibahas tentang teori–teori yang mendukung dalam simulasi dan analisa skripsi ini.

BAB III : METODE DAN PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan dan pembuatan skripsi yang meliputi pengolahan data dan mensimulasikan sesuai dengan metode yang digunakan.

BAB IV : SIMULASI DAN ANALISA

Dalam bab ini merupakan bab yang memaparkan hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan–kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan dan pembuatan skripsi ini serta saran–saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pembangkitan Listrik¹⁶⁾

Rangkaian proses dan sistem penghasilan energi listrik hingga energi tersebut dapat dimanfaatkan bagi orang banyak secara aman disebut dengan sistem tenaga listrik. Energi listrik mula-mula dibangkitkan oleh generator yang memanfaatkan berbagai penggerak utama (*prime mover*). Dalam hal ini yang dihasilkan oleh generator adalah suatu tegangan dan arus yang nantinya akan ditransmisikan ke beban.

Pada sistem pembangkitan tenaga listrik, komponen utama yang dibutuhkan adalah generator dan penggerak utama (*prime mover*). Generator merupakan suatu mesin listrik yang mampu mengubah energi kinetik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnet. Sedangkan penggerak utama (*prime mover*) dalam hal ini membantu memutar bagian rotor generator. Penggerak utama (*prime mover*) merupakan suatu alat, dalam hal ini adalah turbin yang dikopel dengan rotor generator dan bekerja dengan memanfaatkan berbagai macam sumber energi, baik tenaga air, uap, gas, maupun diesel (mesin berbahan bakar minyak).

Generator yang umum digunakan oleh pembangkit listrik adalah generator sinkron. Pemilihan generator sinkron sebagai pembangkit tenaga listrik disebabkan oleh karakteristik mesinnya yang mampu menghasilkan tegangan relatif konstan. Pemberian suplai tegangan yang tidak stabil atau fluktuatif akan memberikan efek negatif kepada komponen dari peralatan yang digunakan. Dengan suplai tegangan yang tidak stabil, usia pakai dari suatu peralatan listrik semakin lama akan semakin berkurang. Tentu hal ini dapat merugikan proses produksi.

2.2 Stabilitas Sistem¹³⁾

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi beberapa syarat, seperti :

- a. *Reliability* adalah : Kemampuan suatu sistem untuk menyalurkan daya atau energi secara terus menerus¹⁷⁾.

- b. *Quality* adalah: Kemampuan sistem tenaga listrik untuk menghasilkan besaran-besaran standart yang ditetapkan untuk tegangan dan frekuensi.
- c. *Stability* adalah: Kemampuan dari sistem untuk kembali bekerja secara normal setelah mengalami suatu gangguan.

Dalam sistem tenaga listrik yang baik maka ketiga syarat tersebut harus dipenuhi yaitu sistem harus mampu memberi pasokan listrik secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan harus segera kembali normal bila sistem terkena gangguan. Sistem tenaga listrik mempunyai variasi beban yang sangat dinamis dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini pasokan daya listrik tetap dan harus disupply dengan besaran daya yang sesuai, bila pada saat tertentu terjadi lonjakan atau penurunan beban yang tidak terduga maka perubahan ini sudah dapat dikategorikan ke dalam gangguan pada sistem tenaga listrik yakni kondisi tidak seimbang antara pasokan listrik dan permintaan energi listrik.

Analisis kestabilan biasanya digolongkan kedalam tiga jenis, tergantung pada sifat dan besarnya gangguan yaitu :

- 1) Kestabilan keadaan tetap (*Steady State Stability*)
- 2) Kestabilan Dinamis (*Dynamic Stability*)
- 3) Kestabilan Peralihan (*Transient Stability*)

2.2.1 Kestabilan Keadaan Tetap

Kestabilan keadaan tetap adalah Kemampuan sistem tenaga listrik untuk menerima gangguan kecil yang bersifat gradual, yang terjadi disekitar titik keseimbangan pada kondisi tetap. Kestabilan ini tergantung pada karakteristik komponen yang terdapat pada sistem tenaga listrik antara lain : Pembangkit, Beban, Jaringan transmisi, dan Kontrol sistem itu sendiri.

Model pembangkit yang digunakan adalah pembangkit yang sederhana (sumber tegangan konstan) karena hanya menyangkut gangguan kecil disekitar titik keseimbangan.

2.2.2 Kestabilan Dinamis

Kestabilan Dinamis adalah Kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ke titik keseimbangan setelah timbul gangguan yang relatif kecil secara tiba-tiba dalam waktu yang lama. Analisa kestabilan dinamis lebih kompleks karena juga memasukkan komponen kontrol otomatis dalam perhitungannya.

2.2.3 Kestabilan Peralihan

Kestabilan Peralihan adalah Kemampuan sistem untuk mencapai titik keseimbangan / sinkronisasi setelah mengalami gangguan yang besar sehingga sistem kehilangan stabilitas karena gangguan terjadi diatas kemampuan sistem. Analisis kestabilan peralihan merupakan analisis yang utama untuk menelaah perilaku sistem daya misalnya gangguan yang berupa :

- 1) Perubahan beban yang mendadak karena terputusnya unit pembangkit.
- 2) Perubahan pada saluran misalnya gangguan hubung singkat atau pemutusan saklar (switching).

Sistem daya listrik masa kini jauh lebih luas, ditambah interkoneksi antar sistem yang rumit dan melibatkan beratus-ratus mesin yang secara dinamis saling mempengaruhi melalui perantara jala-jala tegangan tinggi, mesin-mesin ini mempunyai sistem penguatan yang berhubungan.

2.3 Gangguan Beban Lebih⁶⁾

Terjadinya beban lebih suatu sistem tenaga listrik adalah akibat dari adanya pembangkit yang dapat mensuplai daya yang sangat besar keluar dari sistem sehingga mengakibatkan besarnya daya yang dihasilkan generator dan jumlah suplai beban tidak seimbang. Dapat berdampak terhadap frekuensi pada generator semakin lama akan semakin turun. Hal ini tidak boleh dibiarkan karena akan berpengaruh pada kinerja generator.

Pada sistem tenaga listrik hendaknya memiliki daya pembangkitan yang minimal sama dengan beban, termasuk rugi daya yang mungkin terjadi pada sistem tersebut. Demi kehandalan dan keamanan sistem, sistem pembangkit lebih baik menyiapkan cadangan daya. Ketika suatu sistem tenaga listrik yang

terinterkoneksi memiliki kondisi dimana kebutuhan daya beban sudah tidak dapat ditanggung oleh daya yang dibangkitkan karena ada pembangkit yang berpisah dari sistem, maka frekuensi pada generator akan menurun karena putaran generator semakin lambat karena beban yang ditanggungnya semakin besar. Hal ini dapat mengakibatkan pemadaman total pada sistem pada pembangkitan. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menanggulangi hal tersebut adalah:

1. Menambah daya pembangkitan
2. Mengurangi Kebutuhan Daya Beban

2.3.1 Menambah Daya Pembangkitan

Penambahan daya pembangkitan dapat dilakukan dengan merealisasikan daya cadangan yang ada pada masing-masing pembangkit. Cara ini dirasakan sangat lambat. Karena kemampuan pembangkit untuk menambah pembangkitannya dibatasi oleh kecepatan alat-alat kontrolnya, seperti kontrol primer yaitu governor.

Pada umumnya keandalan dari cara ini hanya terdapat pada sistem yang mengalami kekurangan pembangkitan sebesar 10 sampai dengan 14 persen dari jumlah pembangkitan seluruhnya, dimana dalam hal ini frekuensi sistem akan turun secara lambat dan tidak membahayakan atau menimbulkan hal-hal yang serius pada sistem. Dalam keadaan kekurangan pembangkitan yang lebih besar, maka turunnya frekuensi akan lebih cepat dan akan mencapai harga yang cukup rendah hanya dalam waktu yang sangat singkat. Oleh karena kecepatan reaksi alat-alat kontrol frekuensinya terbatas, maka tidak akan sempat bekerja untuk memperbaiki keadaan sistem. Dalam keadaan ini penambahan daya pembangkitan tidak dapat diandalkan lagi.

2.3.2 Mengurangi Kebutuhan Daya Beban

Mengurangi kebutuhan daya beban dapat dilakukan dengan pelepasan sebagian beban dari sistem. Setelah pelepasan beban dilaksanakan maka jumlah beban akan berkurang dan diharapkan pembangkit-pembangkit yang masih terhubung dengan sistem sanggup memikul beban yang sudah berkurang. Dengan demikian, frekuensi sistem akan kembali ke keadaan normal segera setelah terjadi

keseimbangan antara daya pembangkitan dengan beban. Jelas disini pelepasan beban harus segera dilaksanakan pada saat frekuensi sistem mulai menurun, sehingga pembangkit-pembangkit yang masih terhubung dengan sistem dapat terhindar dari kerusakan yang fatal. Meskipun tidak seluruh beban dapat dilayani, tetapi terhadap sebagian beban pelayanan masih tetap dapat dilaksanakan. Penurunan frekuensi pada sistem dapat dipengaruhi oleh :

1. Presentase beban lebih
2. Konstanta inersia (H) sistem
3. Faktor penurunan beban sistem (d)

2.4 Presentase Beban Lebih^[6]

Program pelepasan beban direncanakan untuk dapat memproteksi suatu kelebihan beban maksimum tertentu. Tetapi pada kenyataannya sangat sulit untuk menentukan beberapa besar kelebihan baban maksimum yang akan terjadi pada suatu sistem. Sehingga kriteria yang dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan pelepasan beban adalah lepasnya unit pembangkit terbesar yang diperkirakan dan yang mungkin terjadi pada sistem tersebut.

Besarnya beban lebih ditentukan dengan membandingkan daya pembangkit yang hilang dengan daya pembangkit yang masih tinggal atau membandingkan jumlah beban yang tidak dapat dipikul yang disebabkan kehilangan pembangkitan dengan beban yang masih dapat dipikul oleh pembangkit yang tinggal.

Presentase kelebihan beban (OL%) dapat didefinisikan sebagai berikut (H.E. Lokay, 1968) :

$$OL\% = \frac{\text{Beban-kemampuan yang ada}}{\text{kemampuan yang ada}} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$OL\% = \frac{\text{Kekurangan Pembangkitan}}{\text{Pembangkitan Tersisa}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dengan mengetahui presentase kelebihan beban, kita dapat membandingkan tingkat ketidaksimbangan antara daya pembangkitan dengan beban sistem.

2.5 Laju Penurunan Frekuensi^[2]

Penurunan frekuensi suatu generator dapat disebabkan oleh lepasnya salah satu pembangkit yang berkapasitas besar dari sistem tenaga listrik maupun

gangguan hubung singkat dan masuknya beban besar secara tiba-tiba. Akibat gangguan hubung singkat dapat menyebabkan penurunan frekuensi dalam waktu singkat, setelah itu frekuensi dapat pulih dengan sendirinya dengan bantuan pengaturan governor. Sedangkan frekuensi akibat beban lebih diperlukan suatu pelepasan beban untuk memulihkan frekuensi.

Besarnya laju penurunan frekuensi sangat berpengaruh terhadap beberapa hal, antara lain :

a. Jenis pelepasan beban yang dilakukan

Ketika tingkat laju penurunan frekuensi yang terjadi rendah maka pelepasan beban dilakukan secara manual oleh operator. Apabila tingkat laju penurunan frekuensi tinggi maka diperlukan pelepasan beban secara otomatis.

b. Waktu tunda rele

Laju penurunan frekuensi mempengaruhi pengaturan waktu tunda rele. Untuk laju penurunan frekuensi yang tinggi tentu diatur agar waktu tunda yang dimiliki rele sesingkat mungkin. Semakin lama waktu tunda rele, tentu penurunan frekuensi yang terjadi semakin besar.

c. Jumlah beban yang dilepas

Penurunan frekuensi yang besar harus diimbangi dengan pelepasan beban yang besar, hal ini bertujuan agar mempercepat pemulihan frekuensi. Sedangkan ketika laju penurunan frekuensi rendah, dimungkinkan untuk melakukan pelepasan beban dalam jumlah besar namun bertahap.

Hubungan yang mendefinisikan perubahan frekuensi terhadap waktu, dalam hal ini disebut dengan laju penurunan frekuensi berdasarkan perubahan besarnya daya yang dihasilkan generator dan daya yang dibutuhkan beban dapat digambarkan oleh persamaan swing suatu generator sederhana. (Juan M. Gers and Edward J. Holmes. 2004) sebagai berikut :

$$\frac{GH}{\pi f_0} \times \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_A \quad (2.3)$$

Dengan G = Rating MVA generator

H = Konstanta inersia generator (MJ/MVA)

δ = Sudut rotasi generator

F_0 = Frekuensi nominal generator (Hz)

P_A = Daya percepatan (MW)

Kecepatan putaran generator dapat dinyatakan sebagai :

$$\omega = \omega_0 + \frac{d\delta}{dt} = 2\pi f \quad (2.4)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\delta}{dt^2} = 2\pi \frac{df}{dt} \quad (2.5)$$

Dengan ω_0 = kecepatan generator saat frekuensi nominal (rpm)

Dari persamaan (2.3) dan (2.5) dapat disimpulkan bahwa :

$$\frac{df}{dt} = \frac{P_A f_0}{2GH} \quad (2.6)$$

Dengan $P_A = P_M - P_E$

P_A = Daya percepatan

P_M = Daya mekanik generator

P_E = Daya elektrik permintaan beban

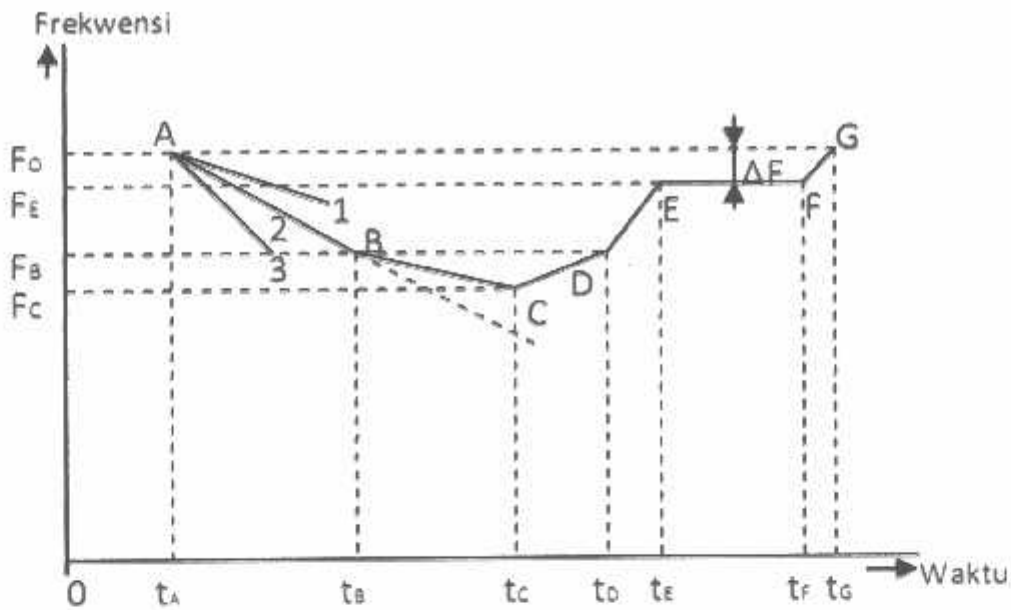
2.6 Pelepasan Beban^(7)|5)

Pelepasan beban merupakan salah satu fenomena yang terjadi di suatu sistem tenaga listrik yang mengijinkan adanya beberapa keluar dari sistem sehingga menghasilkan kestabilan sistem tenaga listrik. Hal ini biasanya disebabkan oleh adanya beban lebih pada sistem, sehingga untuk dapat mengembalikan kondisi sistem agar seperti sediakala diperlukan pelepasan beberapa beban. Suatu sistem tenaga listrik yang bekerja secara normal memiliki daya yang dihasilkan oleh pembangkit yang besarnya sama dengan jumlah daya permintaan dan rugi-rugi daya.

Adanya ketidaknormalan yang disebabkan oleh terjadinya beban lebih pada umumnya dipicu oleh beberapa hal, antara lain :

- a. Adanya gangguan saluran sehingga ada beberapa beban yang tidak dapat disuplai oleh salah satu pembangkit.
- b. Ada pembangkit yang lepas dari sistem yang mengakibatkan beban yang seharusnya disuplai oleh pembangkit tersebut menjadi tanggungan pembangkit lain.

Akibat gangguan berupa beban lebih dapat mempengaruhi keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dan permintaan beban sehingga menyebabkan beberapa hal yang dapat mengganggu kestabilan sistem.



Gambar 2.1 Perubahan frekuensi sebagai fungsi waktu dengan adanya pelepasan beban

Dalam gambar 1 dimisalkan bahwa frekuensi menurun menurut garis 2. Setelah mencapai titik B dilakukan pelepasan beban tingkat pertama oleh *Under Frekuensi Relay* (UFR) yang bekerja setelah mendeteksi frekuensi sebesar F_B . Dengan adanya pelepasan beban tingkat pertama maka penurunan frekuensi berkurang kecepatannya, sampai di titik C, UFR mendeteksi frekuensi sebesar F_C dan akan melakukan pelepasan beban tingkat kedua.

Setelah pelepasan beban tingkat kedua frekuensi sistem tidak lagi menurun tapi menunjukkan gejala yang baik yaitu naik kembali menuju titik D. Disebabkan karena daya yang masih tersedia dalam sistem adalah lebih besar daripada beban setelah mengalami pelepasan beban tingkat kedua. Mulai dari titik D yaitu, setelah proses tersebut diatas berlangsung selama t_D . Governor unit-unit pembangkit dalam sistem mulai melakukan pengaturan primer. t_D berkisar sekitar 4 detik. Periode sebelum governor melakukan pengaturan primer disebut eriode transient dan ini berlangsung selama kira-kira 4 detik. Stelah governor melakukan pengaturan primer maka frekuensi mencapai titik F_E yaitu kondisi pada titik E. Kemampuan governor melakukan pengaturan primer sangat tergantung pada besarnya spinning reserve yang masih tersedia dalam sistem. Seandainya unit-unit

pembangkit yang masuk (paralel) keadaan sistem mempunyai kemampuan pembangkit 100 MW maka dikatakan bahwa spinning reserve meraih $100 - 70 = 30$ MW. Setelah mencapai titik E masih ada deviasi frekuensi sebesar F terhadap frekuensi sebesar F terhadap frekuensi yang diinginkan yaitu F_0 dan deviasi ini dikoreksi dengan pengaturan sekunder yang dimulai pada titik F.

2.6.1 Akibat Beban Lebih pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan beberapa beban lebih dapat mempengaruhi keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dan permintaan beban sehingga menyebabkan beberapa hal yang dapat mengganggu kestabilan sistem :

- a. Penurunan tegangan sistem
- b. Penurunan frekuensi

Suatu sistem tenaga listrik beserta komponennya memiliki spesifikasi aman tertentu berkaitan dengan tegangan. Setiap komponen memiliki nilai batas bawah dan batas atas tegangan operasi sistem. Hal ini berkaitan dengan pengaruh ketidakstabilan dan kualitas tegangan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan.

Ketika terjadi gangguan pada salah satu generator dalam sistem interkoneksi maka pada generator lain akan terjadi kelebihan beban. Sehingga kebutuhan daya reaktif akan semakin meningkat, bahkan lebih besar dibandingkan dengan yang mampu dihasilkan oleh generator dan arus yang ditarik pun semakin meningkat. Akibatnya turun tegangan yang terjadi semakin besar dan menyebabkan kondisi yang tidak aman bagi generator. Untuk mengatasai hal tersebut diperlukan suatu pelepasan beban. Namun, turun tegangan bisa juga diakibatkan oleh adanya gangguan oleh adanya gangguan lain seperti misalnya gangguan hubung singkat. Sehingga dalam hal ini penurunan frekuensi merupakan acuan yang lebih baik untuk melakukan pelepasan beban.

Penurunan frekuensi yang disebabkan oleh adanya beban lebih sangat membahayakan generator. Hal ini diakibatkan oleh kondisi generator yang mengalami kekurangan daya aktif sehingga daya aktif yang dihasilkan generator tidak dapat memenuhi permintaan beban. Akibatnya frekuensi yang dimiliki generator semakin lama semakin menurun. Ketika laju penurunan frekuensi

menurun tajam, hal terburuk yang mungkin terjadi adalah pemadaman total. Namun apabila laju penurunan frekuensi tidak terlalu tajam, dapat segera dilakukan pelepasan beban.

2.6.2 Pelepasan Beban Akibat Penurunan Frekuensi

Pelepasan beban akibat penurunan frekuensi pun diklasifikasikan menjadi 2 macam berdasarkan laju penurunannya yaitu :

a. Pelepasan beban manual

Pelepasan beban manual dilakukan apabila laju penurunan frekuensi sangat rendah. Sehingga untuk memperbaiki frekuensi tidak membutuhkan waktu cepat karena sistem dirasa aman untuk jangka waktu yang cukup lama. Pelepasan beban secara manual ini akan membutuhkan beberapa operator yang cukup banyak, waktu yang dibutuhkan pun cukup lama bila dibandingkan pelepasan beban otomatis.

b. Pelepasan beban otomatis

Pelepasan beban otomatis dilakukan ketika laju penurunan frekuensi cukup tinggi. Dengan adanya pelepasan beban otomatis maka sistem keseluruhan dapat diselamatkan dengan cepat tanpa harus menunggu operator bekerja. Pelepasan beban otomatis biasanya didukung dengan beberapa komponen, seperti misalnya penggunaan frekuensi relay.

Pelepasan beban yang dilakukan akibat penurunan frekuensi yang merupakan efek beban lebih penting dilakukan. Selain untuk menghindari terjadinya pemadaman total, pelepasan beban dapat mencegah :

a. Penuaan yang semakin cepat dari komponen mekanik generator

Penurunan frekuensi yang cukup parah menimbulkan getaran (vibrasi) yang berlebihan pada sudu turbin. Hal ini mampu memperpendek usia pakai peralatan.

b. Pertimbangan pemanasan

Berkurangnya frekuensi menyebabkan berkurangnya kecepatan putaran motor pendingin generator, berakibat berkurangnya sirkulasi udara (ventilasi) yang dapat menyebabkan pemanasan generator.

c. Terjadinya eksitasi lebih

Ketika terjadi penurunan frekuensi pada generator pada tegangan normal, arus eksitasi generator semakin meningkat hal ini memicu terjadinya eksitasi lebih. Eksitasi lebih ini ditandai dengan fluks berlebih yang dapat menyebabkan munculnya arus pusar. Arus pusar tersebut dapat menyebabkan pemanasan pada inti generator.

2.6.3 Syarat Pelepasan Beban

Sebelum dilakukan suatu pelepasan beban yang bertujuan untuk pemulihan frekuensi, hendaknya pelepasan beban ini memenuhi beberapa kriteria, antara lain :

- a. Pelepasan beban dilakukan secara bertahap dengan tujuan apabila pada pelepasan tahap pertama frekuensi belum juga pulih masih dapat dilakukan pelepasan beban tahap berikutnya untuk memperbaiki frekuensi.
- b. Jumlah beban yang dilepaskan hendaknya seminimal mungkin sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik dalam memperbaiki frekuensi.
- c. Beban yang dilepaskan adalah beban yang memiliki prioritas paling rendah bila dibandingkan dengan beban lain dalam suatu sistem tenaga listrik. Oleh sebab itu seluruh beban terlebih dulu diklarifikasikan menurut kriteria-kriteria tertentu.
- d. Pelepasan beban harus dilakukan tepat guna. Oleh karenanya harus ditentukan waktu tunda minimum rele untuk mendeteksi apakah penurunan frekuensi generator akibat beban lebih atau pengaruh lain seperti misalnya masuknya beban yang sangat besar ke dalam sistem secara tiba-tiba.

Suatu generator akan berputar dengan frekuensi yang semakin menurun apabila kopel penggerak mekanik generator besarnya kurang dari torsi beban. Ketika terdapat generator pembangkit lain yang berada dalam suatu interkoneksi lepas atau keluar dari sistem, secara otomatis beban yang ditanggung pembangkit yang lepas akan menjadi tanggungan generator yang masih bekerja dalam sistem. Dengan demikian torsi beban pada generator ini akan diimbangi dengan peningkatan kopel mekanik generator dengan melakukan pengaturan governor untuk mempertahankan frekuensi kerja sistem tetap konstan. Namun, ada saat

ketika governor telah dibuka secara maksimal untuk menglikirkan sumber energi penggerak turbin, kopel penggerak mekanik generator besarnya masih kurang dari torsi beban. Hal inilah yang menjadikan frekuensi generator menjadi turun. Untuk mengatasi hal tersebut tentu diperlukan suatu pengurangan torsi beban dengan beberapa cara diantaranya pelepasan beban.

2.7 Frekuensi Relay^[4]

Frekuensi Relay dirancang dan digunakan untuk melindungi generator atau peralatan AC untuk mencegah *over frequency* dan *Under frequency*. Operasi relay bisa didasarkan pada set nilai-nilai frekuensi, pada tingkat perubahan frekuensi, atau pada kombinasi dari keduanya. Dalam aplikasi proteksi generator, relay melindungi generator dan penggerak utama dari overspeed dan/atau underspeed yang berbahaya.

Frekuensi Relay secara khusus disesuaikan untuk memuat kelebihan beban dalam situasi dimana konsumsi daya melebihi kapasitas daya pembangkit. Pada situasi yang tidak seimbang, frekuensi pembangkit akan menurun dengan waktu yang cukup lama sehingga relay frekuensi akan memutus breaker dan akan memisahkan beban sesuai setting yang ditentukan. Operasi relay bisa didasarkan pada set nilai frekuensi ($f <$), pada tingkat penurunan frekuensi (df/dt), atau pada kedua kriteria ($f <$) dan (df/dt). Selain itu, output dari masing-masing tingkat bisa didapatkan melalui dua sirkuit waktu secara terpisah sehingga frekuensi / kombinasi waktu yang bisa didapatkan. Frekuensi pasti menurun dengan cepat, ciri-ciri ini menunjukkan diskoneksi yang cepat dari muatan-muatan yang berbeda.

2.8 Pengaturan Frekuensi Relay (*Under Frequency Relay*)^[6]

Pada pelepasan beban yang diakibatkan oleh penurunan frekuensi, dibutuhkan suatu frekuensi relay yang dapat mendeteksi kestidakstabilan sistem. Sinyal ketidakstabilan tersebut selanjutnya disampaikan ke pemutus tenaga yang terpasang di beban yang ingin dilepaskan. Agar memberikan performa maksimal terhadap sistem, perlu dilakukan pengaturan terhadap frekuensi relay (*under frequency relay*). Beberapa parameter yang harus diatur terlebih dahulu antara lain:

- a. Frekuensi kerja relay
- b. Waktu operasi relay
- c. Koordinasi dengan pemutus tenaga

Apabila terjadi pelepasan beban diharapkan tidak terjadi kelebihan beban yang dilepaskan karena hal ini mengakibatkan kerugian bagi pembangkit maupun pengguna. Oleh sebab itu, diperlukan beberapa tahapan pelepasan beban untuk menghindari hal tersebut. Tahap-tahap tersebut diatur pada frekuensi relay (*under frequency relay*).

Dalam menanggapi sinyal frekuensi rendah, relay membutuhkan waktu tunda untuk memastikan apakah penurunan frekuensi disebabkan oleh lepasnya suatu pembangkit dengan kapasitas yang besar atau penyebab yang lain. Setelah dipastikan bahwa penurunan disebabkan kekurangan daya pembangkitan., relay juga membutuhkan waktu untuk beroperasi. Pada umumnya, masing-masing frekuensi relay memiliki karakteristik waktu operasi tertentu yang dipengaruhi oleh laju penurunan frekuensi. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal, waktu tunda dapat disesuaikan dengan karakteristik relay.

Frekuensi relay berfungsi untuk memberikan sinyal kepada pemutus tenaga beban untuk membuka. Ketika pemutus tenaga bekerja maka jaringan beban yang terhubung dengannya lepas dari sistem. Oleh karena pemilihan beban yang akan dilepaskan berdasarkan prioritas ekonomi dan keandalan sistem, beban yang akan dilepas terletak menyebar di seluruh sistem. Untuk mengatasi hal tersebut tentu perlu pertimbangan khusus untuk memilih letak pemasangan frekuensi relay.

2.9 Prioritas Beban yang Dilepaskan^[6]

Ketika terjadi penurunan frekuensi akibat beban lebih, salah satu hal yang dapat dilakukan untuk mengatasinya adalah pelepasan beban. Pelepasan beban ini diharapkan dapat memperbaiki frekuensi secara cepat tanpa harus merugikan pengguna secara ekonomi. Oleh sebab itu, beban-beban yang disuplai oleh generator diurutkan menurut parameter-parameter sebagai berikut :

- a. Sensitif terhadap kegiatan perekonomian
 - b. Tingkat kesulitan pengasutan
 - c. Daya yang dibutuhkan
-

Beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan dalam memilih beban yang akan dilepaskan salah satunya adalah apakah beban tersebut sensitif terhadap kegiatan perekonomian. Jenis beban yang dilepaskan adalah beban yang memiliki pengaruh paling rendah bagi proses produksi.

Jika terjadi kondisi dimana beban yang besarnya sesuai dengan kebutuhan memiliki sifat starting yang sedikit lebih sulit dibandingkan dengan beban lain yang menyedap daya lebih besar, maka beban tersebut harus dipertimbangkan lagi untuk dilepas atau tidak, apabila pada saat pelepasan sistem cepat kembali normal dan tidak terjadi kelebihan suplai namun bila saat beban dihubungkan lagi kembali dengan sistem akan menimbulkan permasalahan lain maka hal tersebut sebaiknya dihindari karena yang terjadi jauh lebih besar apabila beban yang dilepas lebih besar daripada yang dibutuhkan.

2.10 Pengaturan Waktu Tunda¹⁶¹

Secara umum, penurunan frekuensi pada suatu sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain adanya penambahan beban yang signifikan pada sistem, lepasnya suatu pembangkit dengan kapasitas yang besar, dan gangguan hubung singkat. Oleh sebab itu, frekuensi relay (*under frequency relay*) harus mampu membedakan penyebab penurunan frekuensi agar tidak terjadi kesalahan kerja pada relay. Ketika penurunan frekuensi disebabkan oleh gangguan hubung singkat durasi penurunan frekuensi ini hanya sesaat dan dengan bantuan governor frekuensi akan pulih dengan sendirinya, tentu tidak dibutuhkan suatu pelepasan beban untuk memulihkan frekuensi. Sedangkan ketika penurunan frekuensi disebabkan oleh kelebihan beban pada sistem di mana governor telah mengoptimalkan sisa cadangan generator, semakin lama nilai frekuensi generator akan semakin turun karena tidak mampu memulihkan frekuensinya sendiri. Apabila tidak dilakukan pelepasan beban, frekuensi generator akan mencapai titik nol. Oleh sebab itu, diperlukan waktu tunda bagi relay untuk mendefinisikan penyebab turunnya frekuensi.

2.11 Pengendalian Frekuensi^[3]

Frekuensi pada sistem akan konstan bila total pembangkitan seimbang dengan total beban ditambah rugi-rugi jaringan. Bila pembangkitan melebihi beban ditambah rugi-rugi jaringan, maka frekuensi sistem akan naik. Bila beban ditambah rugi-rugi melebihi pembangkitan, maka frekuensi sistem akan turun. Rentang pengaturan frekuensi yang sempit diperlukan untuk menyediakan frekuensi pasokan yang stabil bagi semua pemakai jaringan.

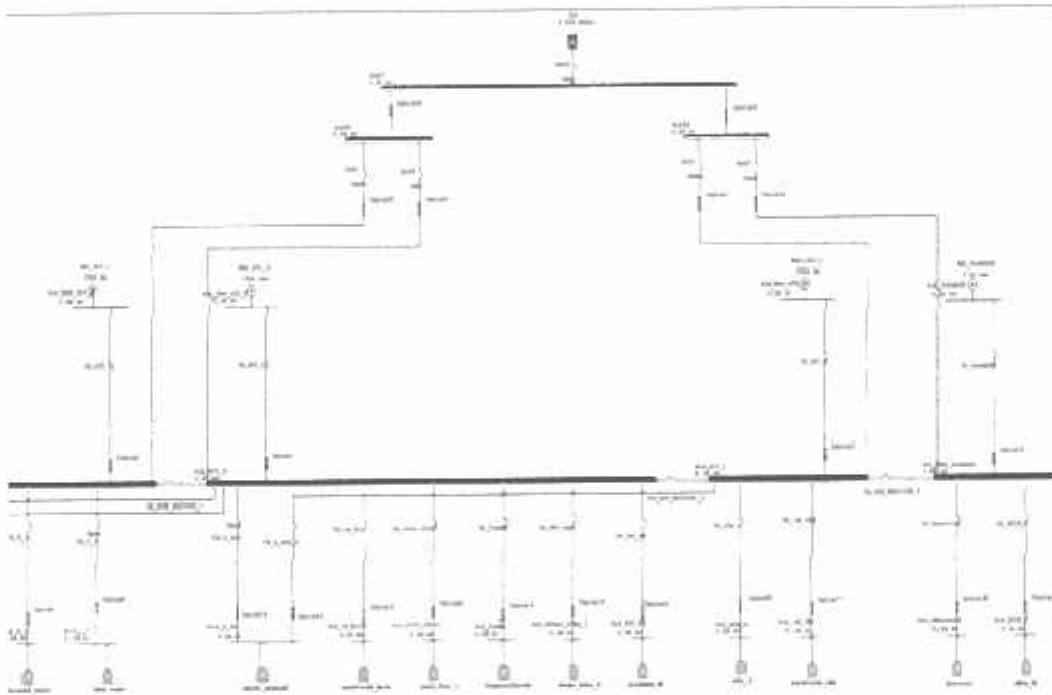
Menurut standart SPLN frekuensi sistem dipertahankan dalam kisaran $\pm 0,2$ Hz di sekitar 50 Hz, kecuali dalam periode transient yang singkat, dimana penyimpangan sebesar $\pm 0,5$ Hz, serta selama kondisi darurat. Pengendalian frekuensi dapat dilakukan dengan :

- a. Aksi governor unit pembangkit (regulasi primer);
 - b. Unit pembangkit yang memiliki automatic generation control (pengendalian sekunder);
 - c. Pengurangan beban secara manual;
 - d. Peralatan pelepasan beban otomatis dengan rele frekuensi kurang (*Under Frequency Relay*); dan,
 - e. Pelepasan generator oleh rele frekuensi lebih (*Over Frequency Relay*).
-

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sistem Kelistrikan di PT. PG. Kregbet Baru II Malang

Sumber tenaga listrik di PT. PG. Kregbet baru II Malang menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagai sumber pembangkit dan menghasilkan daya sebesar 7625 kVA yang terdiri dari 4 unit generator. Pada generator unit ECC 1, ECC 2, dan ECC 3 dengan kapasitas masing-masing 1875 kVA dan unit generator SIEMENS memiliki kapasitas 2000 kVA.



Gambar 3.1 *Single Line Diagram* PT. PG. Kregbet Baru II Malang

3.2 Software ETAP Power Station

ETAP *Power Station* merupakan program untuk menganalisa kondisi transien suatu sistem kelistrikan. ETAP *Power Station* memungkinkan antarmuka secara grafis dan komputasi yang sempurna dan secara langsung kita dapat menggambar *single line diagram*. Program ini didesain berdasarkan tiga konsep, yaitu :

a) Operasi Nyata Secara Visual (*Virtual Reality Operation*)

Pengoperasian program mirip dengan pengoperasian listrik secara nyata. Seperti ketika menutup atau membuka CB, membuat suatu elemen keluar dari rangkaian, mengganti status operasi motor dan lain sebagainya. ETAP *Power Station* memiliki konsep-konsep baru dalam menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*.

b) Data Gabungan Total (*Total Integration of Data*)

ETAP *Power Station* menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen dalam database yang sama. Sebagai contoh : sebuah kabel, tidak hanya terdiri dari data sifat –sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data – data ini menentukan konsistensi sistem secara keseluruhan dan menghindarkan dari pemasukan data yang berulang-ulang untuk elemen yang sama.

c) Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data

ETAP *Power Station* menggunakan data lengkap dan setiap peralatan listrik yang kadang hanya membutuhkan sama jenis pemasukan data. Data editor dapat mempercepat proses memasukkan data dengan membutuhkan data yang minimum.

Standar yang digunakan pada ETAP *Power Station* versi 7.0.0 ada dua yaitu ANSI dan IEC. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga di dunia terbagi dalam dua satuan umum. Analisa yang dapat dilakukan antara lain adalah analisa aliran daya, analisa hubung singkat, motor *starting*, harmonisa, stabilitas transien dan lain sebagainya. Komponen yang diletakkan pada modul dengan cara klik kiri sekali pada salah satu *tool* yang diinginkan, lalu diletakkan pada modul dengan cara klik kiri. Kemudian melakukan pengisian data dengan cara *double click* pada salah satu peralatan yang ada pada modul yang telah dipilih untuk pengisian data parameter maupun keterangan secara lengkap.



Gambar 3.2 Tampilan Lembar Kerja *software ETAP Power Station*

3.3 Analisa Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)

Percobaan aliran daya ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang berupa pengaruh dari variasi beban dan rugi-rugi transmisi pada aliran daya dan juga mempelajari adanya tegangan jatuh di sisi beban. Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik secara garis besar adalah suatu peristiwa daya yang mengalir berupa daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu sistem pembangkit (sisi pengirim) melalui suatu saluran atau jaringan transmisi hingga sampai ke sisi beban (sisi penerima). Pada kondisi ideal, maka daya yang diberikan oleh sisi pengirim akan sama dengan daya yang diterima beban. Namun pada kondisi real, daya yang dikirim sisi pengirim tidak akan sama dengan yang diterima beban. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal:

1. Impedansi di saluran transmisi.

Impedansi di saluran transmisi dapat terjadi karena berbagai hal dan sudah mencakup resultan antara hambatan resistif, induktif dan kapasitif. Hal ini yang menyebabkan rugi-rugi daya karena terkonversi atau terbuang menjadi energy lain dalam transfer energi.

2. Tipe beban yang tersambung jalur.

Ada 3 tipe beban, yaitu resistif, induktif, dan kapasitif. Resultan antara besaran hambatan kapasitif dan induktif akan mempengaruhi P.F. sehingga mempengaruhi perbandingan antara besarnya daya yang ditransfer dengan yang diterima. Sedangkan untuk melakukan kalkulasi aliran daya, terdapat 3 metode yang biasa digunakan:

- Accelerated Gauss-Seidel Method

Hanya butuh sedikit nilai masukan, tetapi lambat dalam kecepatan perhitungan.

$$[P + jQ] = [V^T] [Y_{BUS}^*] [V^*]$$

- Newton Raphson Method

Cepat dalam perhitungan tetapi membutuhkan banyak nilai masukan dan parameter. First Order Derivative digunakan untuk mempercepat perhitungan.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$

- Fast Decoupled Method

Cepat dalam perhitungan namun kurang presisi. Baik untuk sistem radial dan sistem dengan jalur panjang

$$\begin{aligned} [\Delta P] &= [J_1] [\Delta \delta] \\ [\Delta Q] &= [J_4] [\Delta V] \end{aligned}$$

3.4 Standar Frekuensi

Menurut standar IEEE.C37.106-1987 yang mengatur tentang fluktuasi frekuensi, dimana untuk batas *overfrequency* sebesar 0,8 % dari frekuensi nominal. Sedangkan untuk batas *underfrequency* sebesar -0,8 % dari frekuensi nominal. Berikut standar ANSI/IEEE.C37.106-1987 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batas durasi *overfrequency* dan *underfrequency*

<i>UnderFrequency Limit</i>	<i>Overfrequency Limit</i>	<i>Minimum Time</i>
50.0-49,6 Hz (100 %-99,2 %)	50,0-50,4 Hz (100,0%-100,8 %)	<i>N/A (continous operating time)</i>
49,5-48,8 Hz (99,0 %-97,5 %)	50,5-51,2 Hz (101,0%-102,5 %)	<i>3 minutes</i>
48,7-48,3 Hz (97,3 %-96,5 %)	51,3-51,3 Hz (102,7%-102,8 %)	<i>30 second</i>
48,2-47,8 Hz (96,3 %-95,7 %)		<i>7,5 second</i>
47,7-47,4 Hz (95,5 %-94,8 %)		<i>45 cycle</i>
47,3-47,1 Hz (94,7 %-94,2 %)		<i>7,2 cycle</i>
<i>Less than 47,0 Hz</i>	<i>Greater than 51,4 Hz</i>	<i>Instataneous trip</i>

Pada pelepasan beban secara otomatis, diperlukan pemasangan alat-alat yang dapat melindungi sistem secara cepat apabila terjadi perubahan frekuensi yang besar di dalam sistem. Oleh karena itu perlu digunakan Frekuensi Relay (*UFR/Under Frequency Relay*) yang dapat mendeteksi nilai frekuensi sistem pada suatu batas tertentu. Agar sistem dapat berjalan normal, sehingga tidak mengalami pemadaman total saat terjadi tripnya salah satu pembangkit, maka sebagian beban yang bekerja harus dilepas untuk sementara waktu, agar dapat mencapai kestabilan sistem. Pelepasan beban tersebut dilakukan berdasarkan standar ANSI/IEEE.C37.106-1987.

Tabel 3.2 Skema pelepasan beban menurut ANSI/IEEE.C37.106-1987

<i>Step</i>	<i>Frequency Trip Point (Hz)</i>	<i>Frequency Trip Point(%)</i>	<i>Percent Load Shedding (%)</i>	<i>Fixed Time Delay (Cycle) on Relay</i>	<i>Fixed Time Delay (second) on Relay</i>
1	49,40	98,83	10	6	0,1
2	49,08	98,17	15	6	0,1

Pada tabel 3.2 menjelaskan step melakukan pelepasan beban untuk standar frekuensi normal di 50 Hz, yaitu dengan melakukan step pelepasan beban di frekuensi maksimal 49,08 Hz atau 98,17 %, dengan time delay yang telah di atur pada frekuensi relay 0,1 detik, dengan pemilihan beban yang dilepas sesuai dengan yang diterapkan pada PT. PG Kerebet Baru II Malang.

3.5 Data Survey

Adapun data – data yang diperoleh dari hasil survey di PT. PG. Krobot Baru II Malang, yang mana nantinya data – data tersebut akan diinputkan ke dalam software ETAP *Power Station* untuk proses simulasi.

1. Data Pembangkit

Untuk data pembangkit di PT. PG. Krobot Baru II Malang terdapat 4 unit PLTU. Berikut adalah data pembangkit yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 3.3 Data PLTU Krobot Baru 2 Malang

No	ID Generator	Kapasitas	Tegangan	Phase / Hz	pf
1.	Generator ECC 1	1875 kVA	380 V	3 / 50 Hz	0,8
2.	Generator ECC 2	1875 kVA	380 V	3 / 50 Hz	0,8
3.	Generator ECC 3	1875 kVA	380 V	3 / 50 Hz	0,8
4.	Generator Siemens	2000 kVA	380 V	3 / 50 Hz	0,8

2. Data Beban

Berikut adalah data beban yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 3.4 Data Beban Terpasang pada Generator ECC 1

No	ID Beban	Rating Tegangan (V)	Rating Daya (kW)
1.	Compresor	380	55
2.	Boiler CCJT	380	55
3.	Feed Pump	380	111
4.	Boiler Yosh	380	111
5.	Mill	380	195
6.	Spray Pond Tengah	380	111
7.	FDF Yosh	380	111
8.	Gudang Ampas	380	117
9.	Cane Yard	380	335

Tabel 3.5 Data Beban Terpasang pada Generator ECC 2

No	ID Beban	Rating Tegangan (V)	Rating Daya (kW)
1.	Puteran WS	380	139
2.	Injection Selatan	380	195
3.	Clarification	380	139
4.	Spray Pond 3	380	Spare
5.	IDFD CCJT 1	380	195
6.	Asea	380	167

Tabel 3.6 Data Beban Terpasang pada Generator ECC 3

No	ID Beban	Rating Tegangan (V)	Rating Daya (kW)
1.	Batch Mireles	380	223
2.	Injection Tengah	380	251
3.	Acb 4	380	558

Tabel 3.7 Data Beban Terpasang pada Generator Siemens

No	ID Beban	Rating Tegangan (V)	Rating Daya (kW)
1.	Graining + Penerangan	380	335
2.	Mccb 5	380	167
3.	Injection Baru Selatan	380	257
4.	Broad Band Baru	380	167
5.	Injection Utara	380	167
6.	Spray Pond Utara	380	223
7.	Conti	380	111
8.	Injection Baru Utara	380	Spare
9.	IDF Yoshimen	380	Spare

3. Data LVCB

Untuk LVCB, data yang diinputkan disesuaikan dengan letak penempatan ACB tersebut, dalam sistem kelistrikan di PT. PG. Kribet Baru II Malang. Berikut adalah data LVCB yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 3.8 Data LVCB pada Generator

Nama	Merk	Max kA	Max kV
CB di Generator ECC 1	Merlin Gerlin	4	0,415
CB di Generator ECC 2	Merlin Gerlin	4	0,415
CB di Generator ECC 3	Merlin Gerlin	4	0,415
CB di Generator Siemens	Merlin Gerlin	4	0,415

Tabel 3.9 Data LVCB pada jalur beban Generator ECC 1

Nama	Merk	Max kA	Max kV
Compresor	Merlin Gerlin	0,4	0,415
Boiler CCJT	Merlin Gerlin	1	0,415
Feed Pump	Merlin Gerlin	0,4	0,415
Boiler Yosh	Merlin Gerlin	1	0,415
Mill	Merlin Gerlin	1	0,415

Spray Pond Tengah	Merlin Gerlin	1,6	0,415
FDF Yosh	Merlin Gerlin	3,2	0,415
Gudang Ampas	Merlin Gerlin	1	0,415
Cane Yard	Merlin Gerlin	3,2	0,415

Tabel 3.10 Data LVCB pada jalur beban Generator ECC 2

Nama	Merk	Max kA	Max kV
Puteran WS	Merlin Gerlin	1	0,415
Injection Selatan	Merlin Gerlin	1,6	0,415
Clarification	Merlin Gerlin	1	0,415
Spray Pond 3	Merlin Gerlin	1	0,415
IDFD CCJT 1	Merlin Gerlin	1	0,415
Asea	Merlin Gerlin	1,25	0,415

Tabel 3.11 Data LVCB pada jalur beban Generator ECC 3

Nama	Merk	Max kA	Max kV
Batch Mireles	Merlin Gerlin	3,2	0,415
Injection Tengah	Merlin Gerlin	1,6	0,415
Acb 4	Merlin Gerlin	3,2	0,415

Tabel 3.12 Data LVCB pada jalur beban Generator Siemens

Nama	Merk	Max kA	Max kV
Graining + Penerangan	Merlin Gerlin	3,2	0,415
Mccb 5	Merlin Gerlin	1	0,415
Injection Baru Selatan	Merlin Gerlin	1	0,415
Broad Band Baru	Merlin Gerlin	1	0,415
Injection Utara	Merlin Gerlin	1,6	0,415
Spray Pond Utara	Merlin Gerlin	1,6	0,415
Conti	Merlin Gerlin	1	0,415
Injection Baru Utara	Merlin Gerlin	1,6	0,415
IDF Yoshimen	Merlin Gerlin	4	0,415

4. Data Frekuensi Relay

Sistem pelepasan beban yang digunakan pada PG. Krebet Baru II Malang menggunakan setting frekuensi relay sebagai berikut.

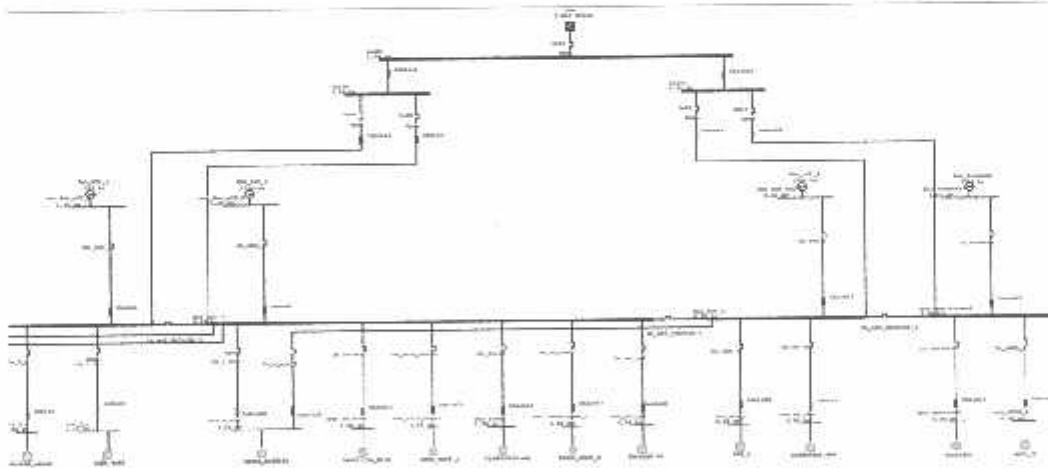
Tabel 3.13 Data frekuensi relay pada PG. Krebbe baru II Malang

Tahap	Frekuensi Setting	Waktu delay	Beban yang dilepas
1	47,5 Hz (95%)	0,1	Broad Band Baru
2	47,25 Hz (94,5%)	0,3	ACB 4

3.6 Perancangan Simulasi Menggunakan ETAP Power Station

1. Menggambar *single line diagram*

Menggambar *single line diagram* di ETAP Power Station didasarkan pada *single line diagram* dari data yang diperoleh di PT. PG. Krebbe Baru II Malang. Fitur pada ETAP Power Station yang dapat mensimulasikan suatu pelepasan beban akibat adanya gangguan generator trip adalah *Transient Stability Analysis*. Dengan menggunakan fitur ini dapat disimulasikan beberapa kondisi dimana terdapat generator yang trip dan menunjukkan respon frekuensi terhadap kejadian tersebut. Dalam skripsi ini pelepasan beban yang dilakukan mengacu kepada penurunan frekuensi akibat beban lebih. Oleh sebab itu, untuk dapat melepas beban digunakan frekuensi relay (*under frequency relay*) yang akan mengirimkan sinyal kepada pemutus tenaga agar trip pada frekuensi tertentu.



Gambar 3.3 *Single Line Diagram* Sistem Kelistrikan di PG. Krebbe Baru II Malang dalam ETAP Power Station

2. Input Data Generator

Synchronous Generator Editor - Gen_ECC_1

Protection: PSS, Harmonic, Reliability, Fuel Cost, Rotor, Comments
 Info: Rating, Capability, Imp/Model, Grounding, Inertia, Exciter, Governor

0.38 kV 1594 kW 5wng

Rating

kW	kV	% PF	kVA	% Eff	Poles
1594	0.38	85	1875	95	8
%		% of Bus kV/m	FLA	RPM	
100			2849	750	

Gen. Category	% V	Angle	kW	kvar	% PF	Qmax	Qmin
1 Design	100	0					
2 Normal	100	0					
3 Shutdown	100	0					
4 Emergency	100	0					
5 Standby	100	0					
6 Startup	100	0					

PrimeMover Rating

Continuous	Peak	Mvar Limits	Peak kvar
HP	kW	HP	kW
2128	1594	2128	1594
		5: Capability Curve	938
		User Defined	

Operating Values

% V	Vangle	kW	kvar
100	0	1130	523

Gen_ECC_1

Gambar 3.4 Input Rating Generator

3. Input Data Beban (Motor Induksi dan Penerangan)

Induction Machine Editor - Mtr38

Protection: Cable/via, Cable Amp, Reliability, Rotor, Comments
 Info: Nameplate, Model, Inertia, Load, Start Dev, Start Cur

1 195 kW 0.38 kV

Rating

kW	kV	% PF	100 %	75 %	50 %	Rated	% Slip	Poles
195	0.38	91.82	91.82	91.82	91.82		0.05	4
kVA	FLA	% Eff	% Eff	% Eff	% Eff	RPM	RPM	RPM
229	347.4	92.88	92.88	92.88	92.88	1459	1500	1500

Liberty... None SF 1

Loading

Loading Category	% Loading	kW	kvar	kW	kvar
1 Design	100	205.9	90.57	0	0
2 Normal	90	189	81.52	0	0
3 Brake	0	0	0	0	0
4 Winter Load	0	0	0	0	0
5 Summer Load	0	0	0	0	0
6 FL Reject	0	0	0	0	0
7 Emergency	0	0	0	0	0
8 Shutdown	0	0	0	0	0
9 Accident	0	0	0	0	0
10 Backup	0	0	0	0	0

Operating Load 0 kW -1 0 kvar

Mtr38

Gambar 3.5 Input Rating Beban Motor Induksi

Static Load Editor - Penerangan

Info Loading Cable/Vol Cable Amp Harmonic Reliability Remarks Comment

1 198 kW 121 kvar 0,38 kV Cable info not available

Rating

kV kVA kW kvar % PF Amps Grounding

Calculator...

Loading

Loading Category	% Loading	Load		Feeder Load	
		kW	kvar	kW	kvar
1 Design	100	198,5	121,2	0	0
2 Normal	100	198,5	121,2	0	0
3 Brake	0	0	0	0	0
4 Winter Load	0	0	0	0	0
5 Summer Load	0	0	0	0	0
6 PL Reject	0	0	0	0	0
7 Emergency	0	0	0	0	0
8 Shutdown	0	0	0	0	0
9 Accident	0	0	0	0	0
10 Backup	0	0	0	0	0

Operating Load: kW \rightarrow kvar

OK Cancel

Gambar 3.6 Input Rating Beban Penerangan

4. Input Data CB

Low Voltage Circuit Breaker Editor - CB_SCC_3

Info Rating Trip Device TCC kA Model info Reliability Checker Remarks Comment

Main Gear: 0,415 kV max. 7,5 kA @ 0,415 kV

CB3H 3 Pole Size 0,3

Main Gear: J=4

Standard: 300V Type: Model: CB3H

CB & Trip Device Library: Library... Exclude Trip Device

Rating

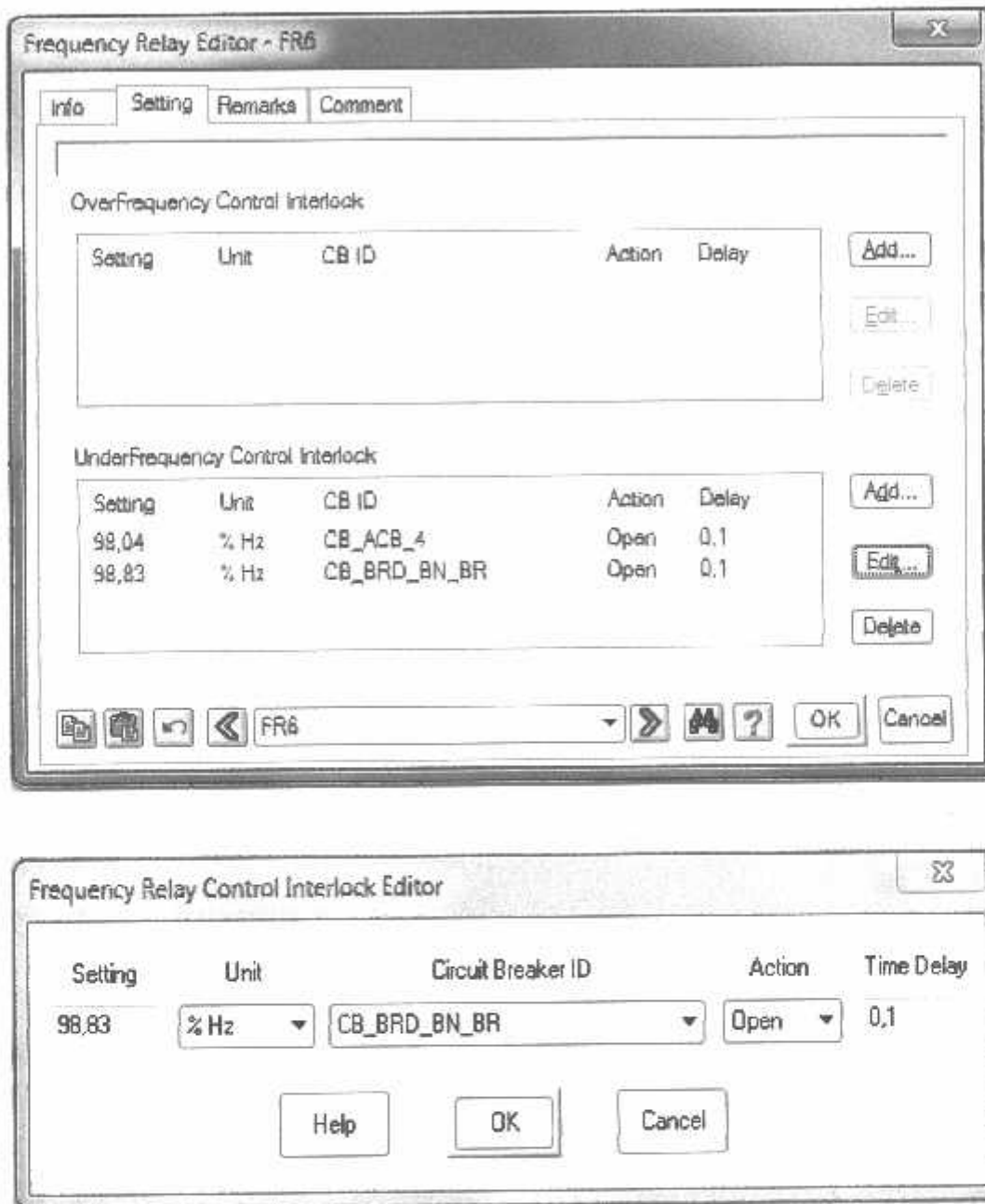
Size: 0,3 Rating Amp: 10000 Rating kV: 0,38 Min. Delay: 0

Making: 0 Ultimate Breaking: 10 Service Breaking: 7,5 Tri: 0,1 ST Withstand: 0

OK Cancel

Gambar 3.7 Input Rating LVCB

5. Input Data Frekuensi Relay



Gambar 3.8 Input Setting Frekuensi Relay

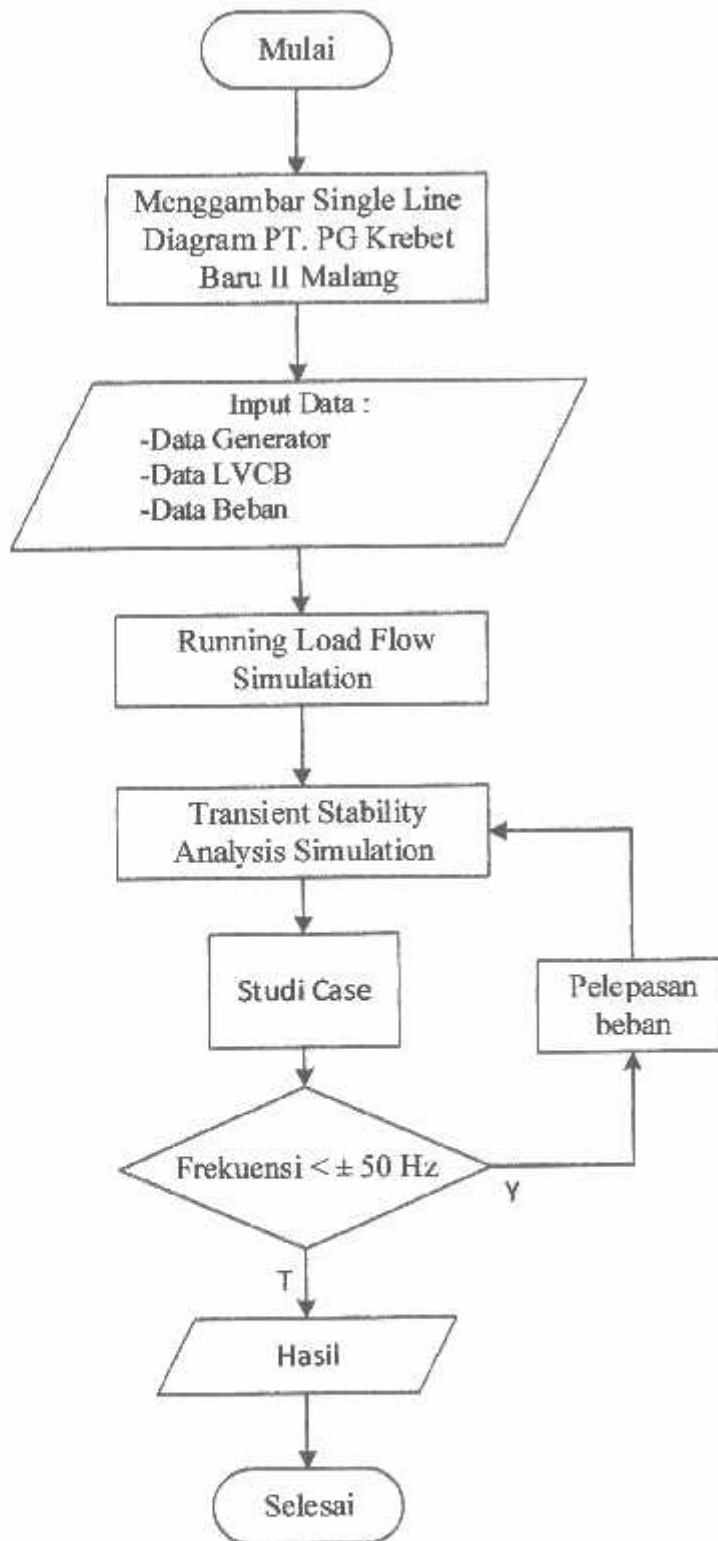
3.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan data untuk penelitian ini adalah PLTU PT. PG. Krebbe Baru II Malang, waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 14 Juni 2014 s/d 19 Juni 2014.

3.8 Algoritma Simulasi Software ETAP Power Station

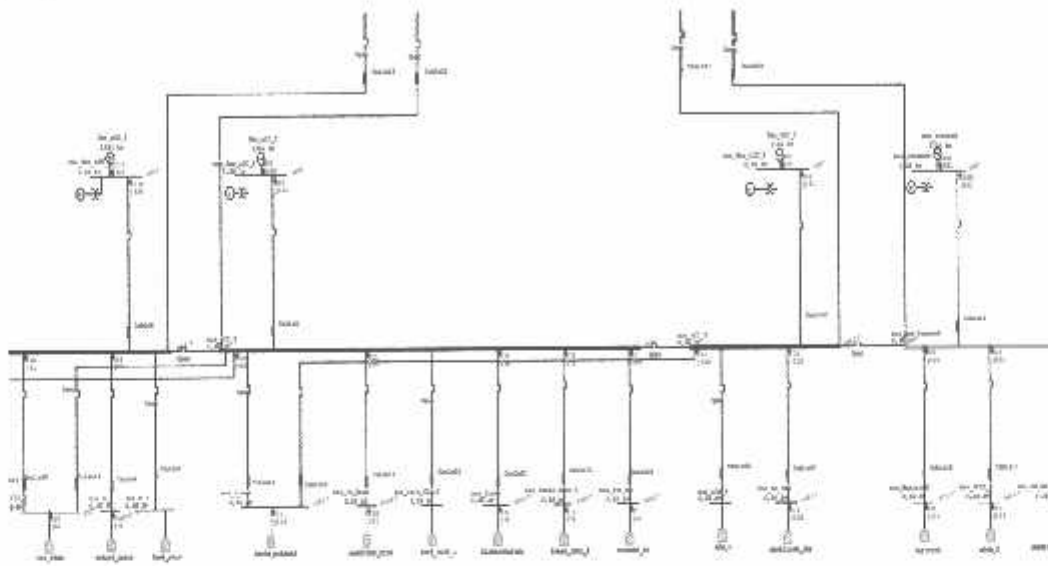
- a. Mulai
 - b. Menggambar *single line diagram* PT. PG. Kerebet Baru II Malang menggunakan software ETAP Power Station.
 - c. Menginputkan data teknis ke dalam *single line diagram* PT. PG. Kerebet Baru II Malang, yang meliputi data pembangkit, data beban, data LVCB
 - d. Menjalankan fitur program *Transient Stability Analysis* yang terdapat pada software ETAP Power Station.
 - e. Menentukan studi kasus yang digunakan untuk simulasi *Transient Stability Analysis*
 - f. Apakah frekuensi berada pada batas yang telah ditentukan yaitu ± 50 Hz?
 - g. Apabila “Tidak” cetak hasil dan analisa hasil
 - h. Apabila “Ya” lakukan pelepasan beban
 - i. Selesai
-

3.9 Flowchart

Gambar 3.9 *Flowchart* Penyelesaian Masalah

4.2 Load Flow System

Load flow system digunakan agar dapat mengetahui keadaan awal sistem yang ada di PT. PG. Krebbe Baru II Malang.

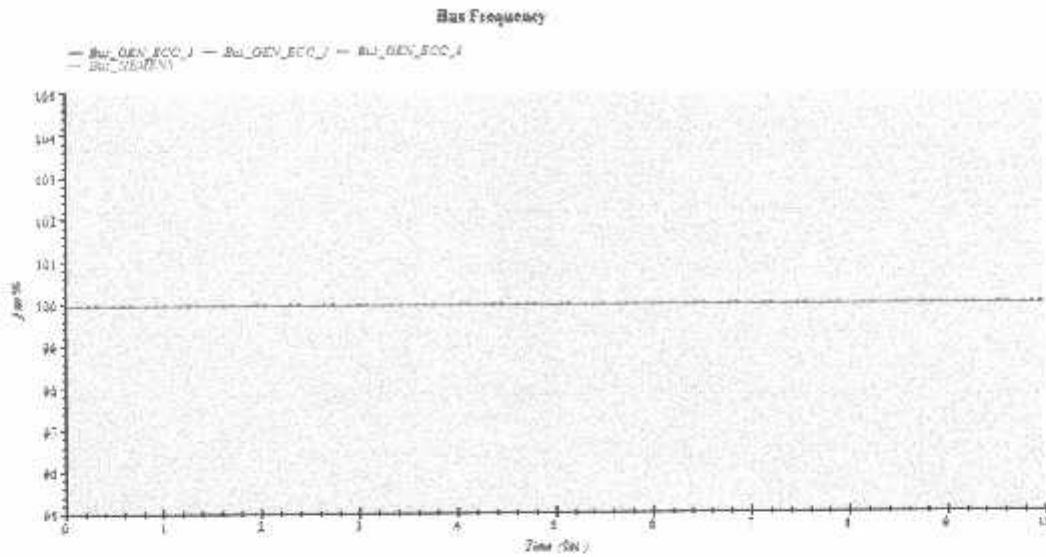


Gambar 4.2 Hasil *Load Flow system* PLTU Krebbe Baru II di *ETAP Power Station*

4.3 Hasil dan Analisa Hasil *Transient Stability*

4.3.1 Simulasi Keadaan Awal Sistem

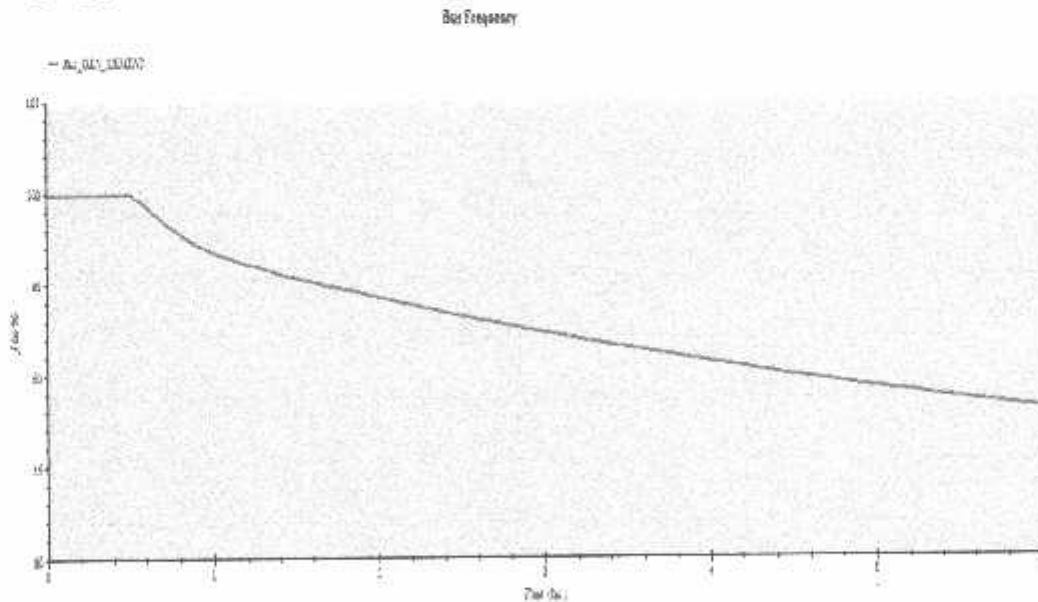
Pada Subbab ini akan membahas pengaruh transient pada kestabilan sistem tenaga listrik PG Krebbe Baru II. Ketika adanya gangguan salah satu generator yang terdapat pada PG Krebbe Baru II trip . Pada *software ETAP Power Station* menggunakan tool *Transient Stability Analysis*, diperoleh transient pada bus-bus yang menghubungkan generator ke jaringan distribusi, seperti bus generator ke bus penyulang. Berikut akan ditampilkan hasil simulasi menggunakan program *ETAP Power Station*. Berikut ini merupakan tampilan frekuensi sistem yang berjalan pada 100 % yaitu 50 Hz tanpa ada gangguan.



Grafik 4.1 Respon Frekuensi sistem saat keadaan normal

4.3.2 Studi Kasus

Pada Tahap ini akan disimulasikan pada sistem untuk melihat respon frekuensi saat tripnya salah satu generator yaitu generator ECC 1 yang berkapasitas 1875 KVA. Dengan menggunakan tool *Transient Stability Analysis*, dapat disimulasikan tripnya salah satu generator pada $t=0,5$ s yang mengakibatkan keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan total beban pada sistem terganggu.



Grafik 4.2 Respon Frekuensi pada Bus distribusi, saat salah satu generator trip tanpa adanya pelepasan beban

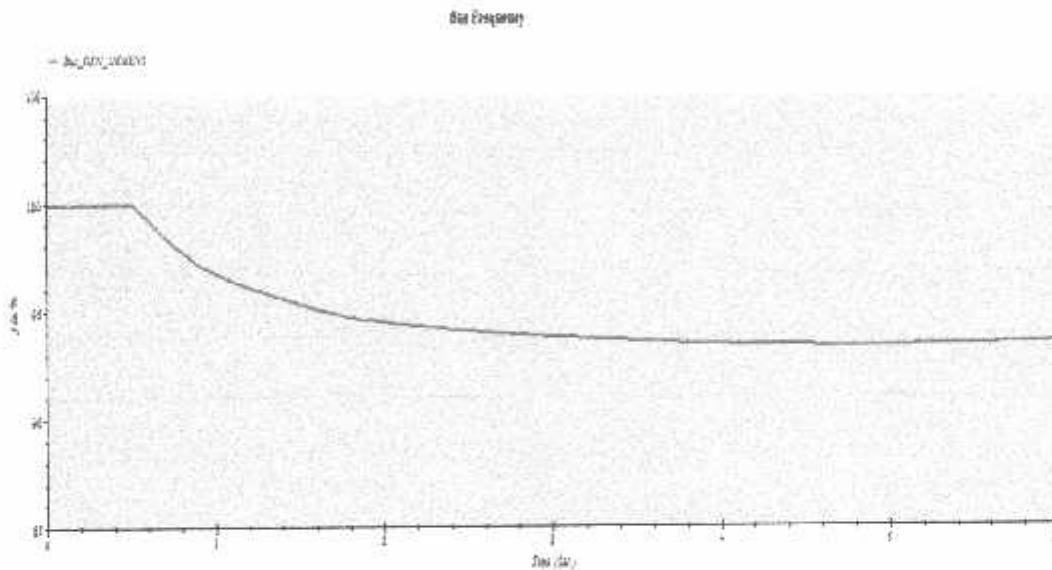
4.3.3 Simulasi Pelepasan Beban

a. Setting Frekuensi Relay PG. Kribet Baru II Malang

Sistem pelepasan beban yang terdapat pada PG. Kribet Baru II Malang menggunakan setting frekuensi relay sebagai berikut :

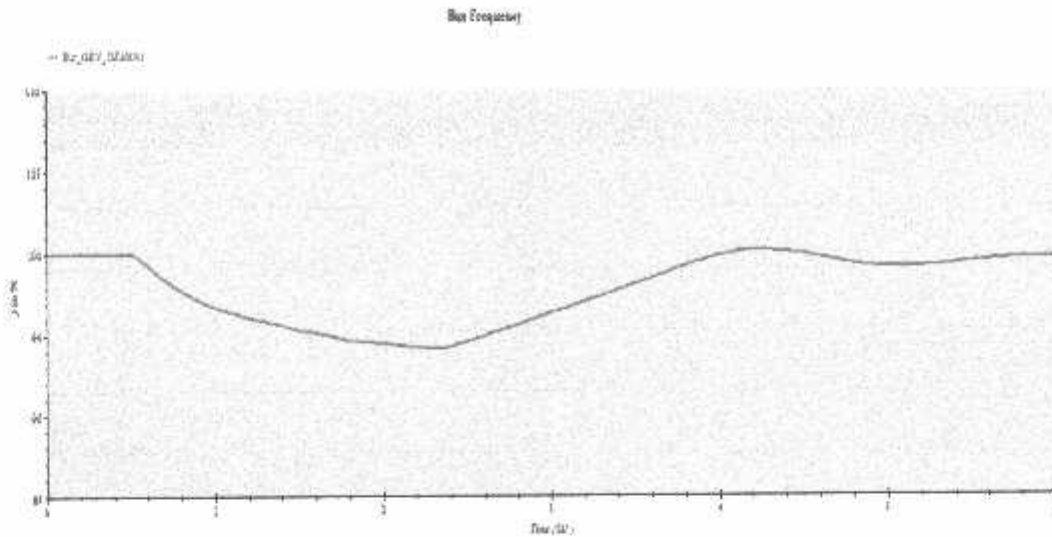
Tabel 4.1 Setting relay pada PG. Kribet Baru II Malang

Tahap	Frekuensi Setting	Waktu delay	Beban yang dilepas
1	47,5 Hz (95%)	0,1	Broad Band Baru
2	47,25 Hz (94,5%)	0,3	ACB 4



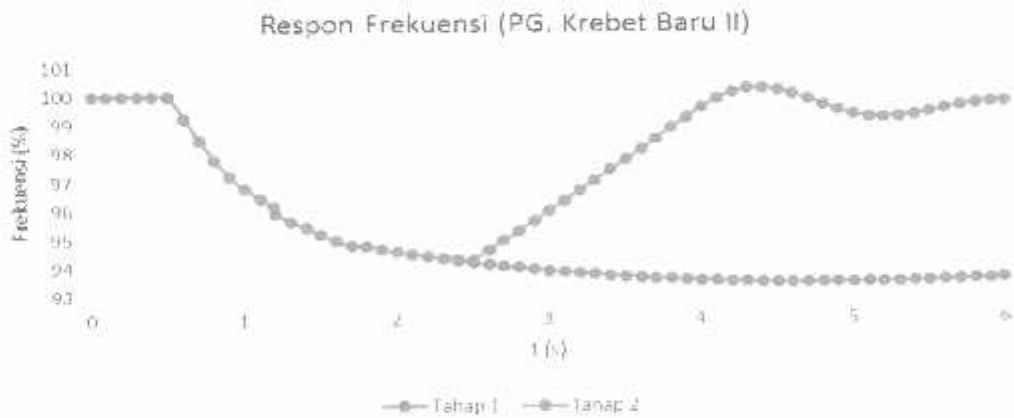
Grafik 4.3 Respon Frekuensi pada Bus distribusi saat generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 1

Pada Grafik 4.3 menerangkan tentang bentuk gelombang frekuensi pada bus distribusi saat terjadi gangguan tripnya pembangkit ECC 1 pada $t=0,5$ s. Pada saat $t=0,6$ s terjadi penurunan frekuensi, pada saat penurunan frekuensi sampai pada setting frekuensi relay, yaitu 47,5 Hz (95%) pada $t=1,61$ s frekuensi relay merespon dengan waktu tunda 0,1 s sehingga pada detik ke 1,71 s pada broad band baru terbuka, dan melepas beban broad band baru. Setelah melepas beban broad band baru terjadi penurunan frekuensi hingga akhir waktu simulasi yaitu $t=6$ s dan berhenti pada frekuensi 46,775 Hz (93,55 %).



Grafik 4.4 Respon Frekuensi pada Bus distribusi saat generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 2

Pada Grafik 4.4 menunjukkan respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap 2 dengan setting relay 47,25 Hz (94,5%), penurunan frekuensi terjadi pada 0,61 s hingga 2,11 s dan frekuensi relay mendeteksi frekuensi pada 47,25 Hz (94,5%), setelah delay selama 0,3 s frekuensi relay melepas beban tahap 2 dengan terbukanya cb ACB 4 pada 2,41 s, dan pada 2,61 s karena pengaruh bekerjanya governor dan AVR frekuensi naik hingga 50,1 Hz (100,219 %) pada 4,41 s dan pengaruh dari governor frekuensi dapat kembali ke frekuensi normal pada 5,91 s yaitu pada frekuensi 49,85 Hz (99,71%).



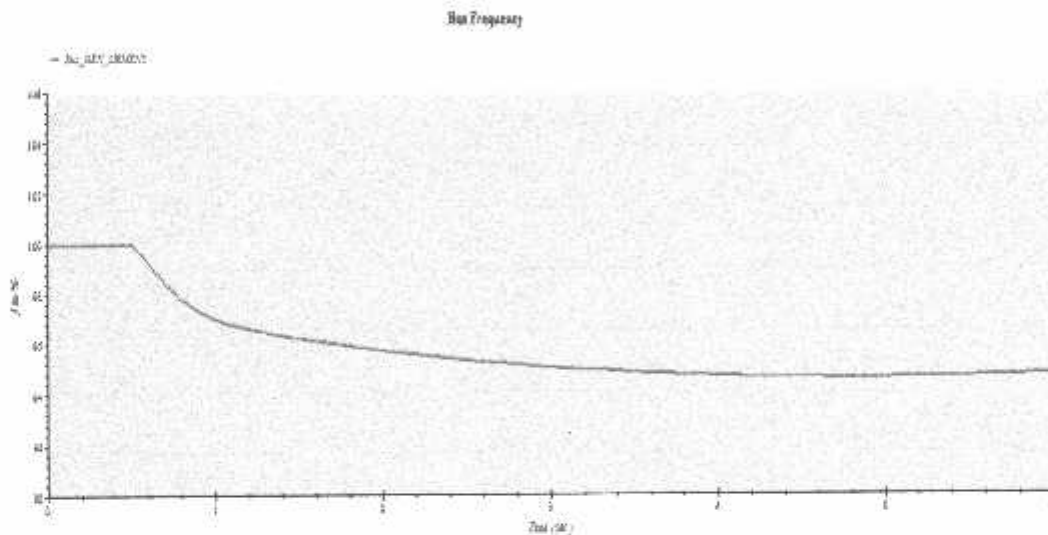
Grafik 4.5 Pelepasan beban tahap 1 dan tahap 2 menggunakan setting relay PG. Krebet Baru II

b. Setting Frekuensi Relay Standar ANSI/IEEE

Sistem pelepasan beban sesuai dengan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 dengan menggunakan setting frekuensi relay sebagai berikut :

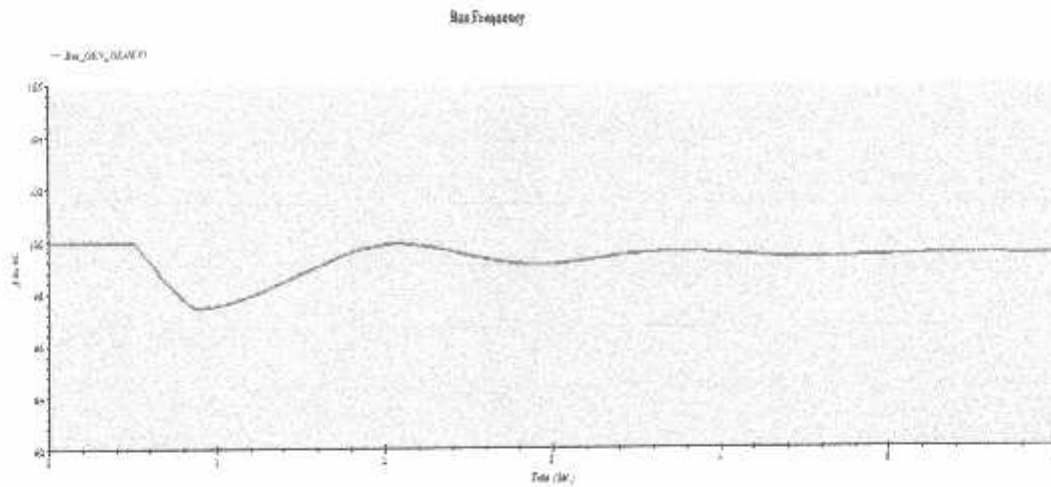
Tabel 4.2. Setting relay berdasarkan standar ANSI/IEEE

Tahap	Frekuensi Setting	Waktu delay	Beban yang dilepas
1	49,4 Hz (98,83%)	0,1	Broad Band Baru
2	49,08 Hz (98,17%)	0,1	ACB 4



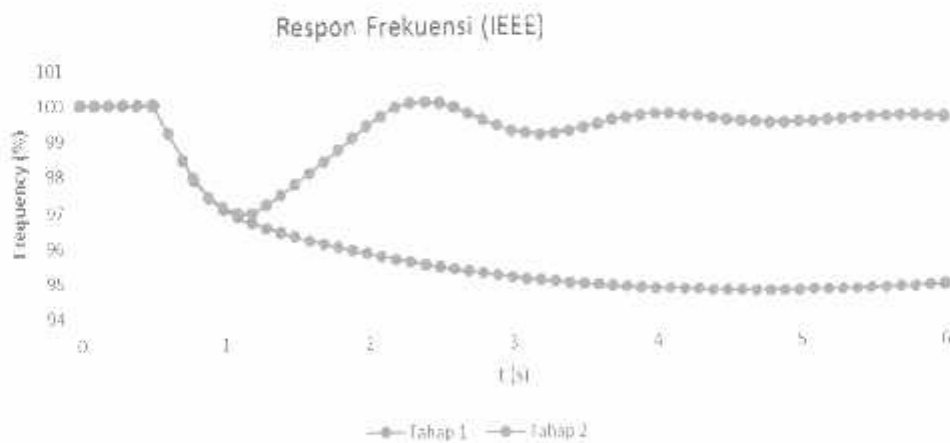
Grafik 4.6 Respon Frekuensi pada Bus distribusi saat generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 1

Pada Grafik 4.6 menerangkan tentang bentuk gelombang frekuensi pada bus distribusi saat terjadi gangguan tripnya pembangkit pada $t=0,5$ s. Pada $t=0,6$ s terjadi penurunan frekuensi, pada saat penurunan frekuensi sampai pada setting frekuensi relay, yaitu 49,4 Hz (98,83%) pada $t=0,71$ s frekuensi relay merespon dengan waktu tunda 0,1 s sehingga pada detik ke 0,81 cb pada broad band baru terbuka, dan melepas beban broad band baru. Setelah melepas beban broad band baru terjadi penurunan frekuensi hingga akhir waktu simulasi yaitu $t=6$ s dan berhenti pada frekuensi 47,4 Hz (94,8 %).



Grafik 4.7 Respon Frekuensi pada Bus distribusi saat generator ECC 1 trip pada $t=0,5$ s dan dilakukan pelepasan beban tahap 2

Grafik 4.7 menunjukkan respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap 2 dengan setting relay 49,08 Hz (98,17%), penurunan frekuensi terjadi pada 0,51 s hingga 0,99 s dan frekuensi relay mendeteksi mendeteksi frekuensi pada 49,08 Hz (98,17%), setelah delay selama 0,1 s frekuensi relay melepas beban tahap 2 dengan terbukanya cb ACB 4 pada 1,09 s, dan pada 1,19 s karena pengaruh bekerjanya governor dan AVR frekuensi naik hingga 50,025 Hz (100,05 %) pada 2,39 s dan pengaruh dari governor frekuensi dapat kembali ke frekuensi normal pada 5,39 s yaitu pada frekuensi 49,75 Hz (99,5%).

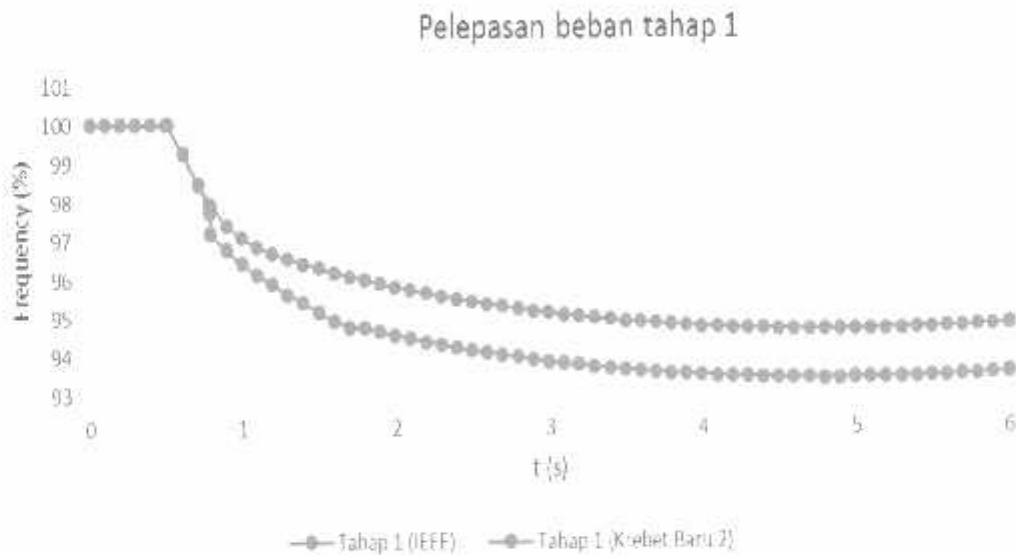


Grafik 4.8 Pelepasan beban tahap 1 dan tahap 2 menggunakan setting relay ANSI/IEEE

4.3.4 Perbandingan Hasil Simulasi Pelepasan Beban

a. Perbandingan Hasil Pelepasan Beban Tahap 1

Perbandingan hasil pelepasan beban tahap 1 antara setting frekuensi relay pada PG. Kribet Baru II Malang dengan setting frekuensi relay dengan menggunakan satandar ANSI/IEEE, dapat ditunjukkan pada grafik di bawah ini :

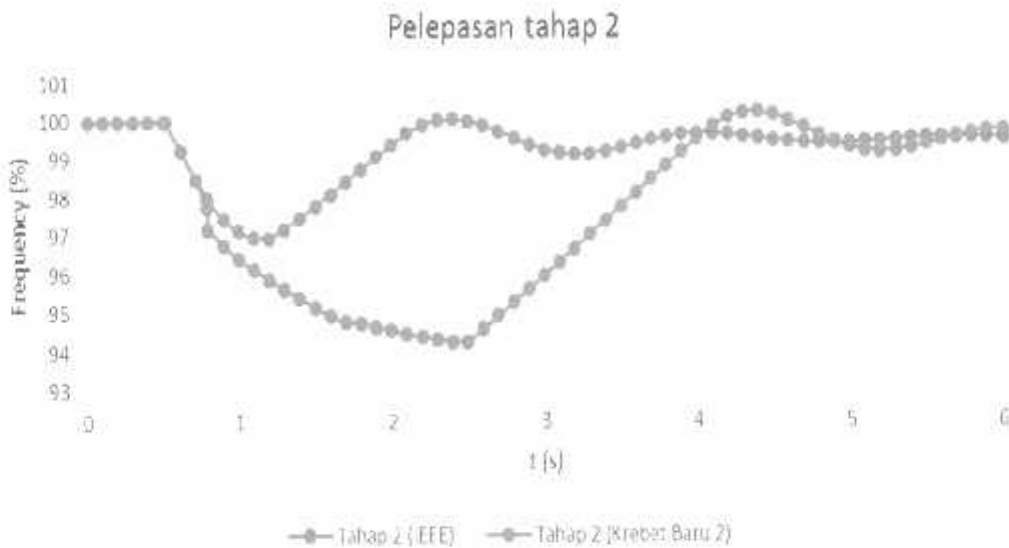


Grafik 4.9 Perbandingan hasil pelepasan beban tahap 1

Pada grafik 4.9 menunjukkan perbandingan hasil pelepasan beban tahap 1 dengan menggunakan setting relay pada PG. Kribet Baru II Malang dan terjadi penurunan frekuensi pada $t=0,6$ s hingga akhir waktu simulasi yaitu $t=6$ s dan berhenti pada frekuensi 46,775 Hz (93,55 %), sedangkan pada pelepasan beban tahap 1 dengan setting frekuensi relay sesuai standar ANSI/IEEE C37.106-1987 menunjukkan penurunan frekuensi dari $t=0,6$ s hingga akhir waktu simulasi yaitu $t=6$ s dan berhenti pada frekuensi 47,4 Hz (94,8 %). Tetapi apabila dilihat dari penurunan frekuensi yang melebihi 3% dan tidak kembali ke frekuensi normal setelah dilakukan pelepasan beban tahap 1 baik menggunakan setting relay PG. Kribet Baru II dan standar ANSI/IEEE akan menyebabkan getaran lebih (*blanding*) pada komponen PLTU, seperti sudu-sudu, rotor turbin dan lain-lainnya.

b. Perbandingan Hasil Pelepasan Beban Tahap 2

Perbandingan hasil pelepasan beban tahap 2 antara setting frekuensi relay pada PG. Kribet Baru II Malang dengan setting frekuensi relay dengan menggunakan standar ANSI/IEEE, dapat ditunjukkan pada grafik di bawah ini :



Grafik 4.10 Perbandingan hasil pelepasan beban tahap 2

Pada grafik 4.9 menunjukkan perbandingan hasil pelepasan beban tahap 1 dengan menggunakan setting relay pada PG. Kribet Baru II Malang dan terjadi penurunan frekuensi pada $t=0,6$ s hingga $t=2,49$ s karena pengaruh bekerjanya governor dan AVR frekuensi naik hingga 50,1 Hz (100,219 %) pada 4,41 s dan frekuensi dapat kembali ke frekuensi normal pada 5,91 s yaitu pada frekuensi 49,85 Hz (99,71%), sedangkan pada pelepasan beban tahap 2 dengan setting frekuensi relay sesuai standar ANSI/IEEE C37.106-1987 menunjukkan penurunan frekuensi dari $t=0,6$ s hingga $t=0,99$ s karena pengaruh bekerjanya governor dan AVR frekuensi naik hingga 50,025 Hz (100,05 %) pada 2,39 s dan frekuensi dapat kembali ke frekuensi normal pada 3,9 s yaitu pada frekuensi 49,85 Hz (99,71%). Dari perbandingan hasil pelepasan beban tahap 2 dapat dilihat bahwa setting relay dengan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 lebih efektif dalam mengatasi masalah kestabilan sistem setelah terjadi gangguan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perbandingan setting frekuensi relay yang terdapat pada PG. Krobot Baru 2 Malang dengan setting frekuensi relay sesuai standar ANSI/IEEE C37.106-1987, maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaa frekuensi relay sebagai divais untuk mendeteksi adanya penurunan frekuensi akibat beban lebih karena generator trip pada suatu sistem tenaga listrik memiliki kemampuan yang cukup baik dalam rangka upaya pemulihan frekuensi.
2. Hasil simulasi setting frekuensi relay pada PG. Krobot Baru 2 Malang, respon frekuensi kembali normal 50,1 Hz pada $t= 4,41$ s sedangkan dengan menggunakan setting frekuensi relay ANSI/IEEE C37.106-1987 respon frekuensi dapat kembali ke frekuensi normal yaitu 50,025 Hz pada $t= 2,39$ s.
3. Nilai tersebut membuktikan bahwa setting frekuensi dengan menggunakan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 lebih efektif dalam mengatasi masalah kestabilan sistem setelah terjadi gangguan.

5.2 Saran

PT. PG Krobot Baru II Malang akan merencanakan pengoperasian generator baru yang di beri nama generator TA Baru berkapasitas 7 MW yang diperkirakan akan di lakukan pada akhir tahun 2014, dan sebagai saran untuk para peneliti selanjutnya agar dapat memberikan masukan pada pembangkit tersebut untuk melakukan penelitian sekaligus penyetingan relay proteksi baru agar dapat lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANSI/IEEE C37.106-1987, "*IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plant*"
- [2] Gers, Juan M. And Edward J. Holmes. (2004). *Protection of Electricity Distribution Network*. London. The Institution of Electrical.
- [3] Saadat, Hadi, 2004, "*Power System Analysis*", Singapore, Mc.Graw Hill.
- [4] H. E. LOKAY, and V. Burtnyk, (1968). *Application of Underfrequency Relays for Automatic Load Shedding*.
- [5] Mawar Said, Sri. 2009, "*Pelepasan Beban menggunakan Under Frequency Relay pada Pusat Pembangkit Tello*". Makassar:Universitas Hassanudin.
- [6] Nugrahaeni, Ari. 2011, "*Simulasi pelepasan beban menggunakan Rele Frekuensi Pada Sistem Tenaga Listrik Cnooc Ses Ltd*". Depok:Universtas Indonesia.
- [7] Ary, Primanda "*Analisis Stabilitas dan Perancangan Pelepasan Beban Pada Sistem Kelistrikan Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur*", Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Hermanu, Chico; Soeprijanto, Adi; Pujiantoro Margo. "*Analisa Stabilitas Transien di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang Akibat Penggantian Sebuah Unit Pembangkit GTG 18 MW Menjadi STG 32 MW*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



LAMPIRAN



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

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

PT. BNI (PERSERIC) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I
Kampus II

Jl. Bercungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 552015 Malang 66145
Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : Christianus Yoga Prasetiawan
2. NIM : 1012030
3. Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul : **PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN FREKUENSI RELAY PADA PT. PG. KREBET BARU II MALANG**

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

Hari : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014
Dengan Nilai : 82,3 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. Arydanto Soetedjo, ST, MT
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
NIP. Y. 1018800189

Penguji 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 : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Christianus Yoga Prasetiawan
NIM : 1012030
Perogram Studi : Teknik Elektro S-1
Komsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Pelepasan Beban Menggunakan Frekuensi Relay pada PT. PG. Krebet Baru II Malang**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Data case studi harus ada legitimasi dari instansi atau perusahaan	
2	Perbaikan Diagram Alir	
3	Ditambahkan teori load flow yang digunakan	

Dosen Penguji I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. P. 198003012005011002



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Christianus Yoga Prasetiawan
NIM : 1012030
Perogram Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Pelepasan Beban Menggunakan Frekuensi Relay pada PT. PG. Krebet Baru II Malang**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Penulisan kata pengantar laporan / skripsi	
2	Teori metode yang digunakan tidak dicantumkan / sesuai daftar pustaka	
3	Data setting relay di PT. PG. Krebet Baru II dicantumkan dalam lampiran/pembahasan analisa	
4	Kata divais disesuaikan dengan kalimat berikutnya	

Dosen Penguji II

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

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. P. 198003012005011002



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA

CHRISTIANUS YOGA PRASETIAWAN

NIM

1012030

Perbaikan meliputi

1. Data case study harus ada legitimasi dari instansi atau perusahaan
2. Perbaiki diagram gir
3. Ditambahkan teori load flow yang digunakan

Malang, 12 AGUSTUS 2014


IR. YUSUF ISMAIL N, MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO


Formullr Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Christianus Yogni
NIM : 1012020
Perbaikan meliputi :

- Perbaikan kata pengantar / skripsi !
- Teori Merode yg di gunakan Hal di cantumkan / secara daftar pustaka !
- Data setting yang di PT. PG. kretek baru II di cantumkan dalam lampiran / Perbaikan Analisa
- kata diusah di sebarang dgn kalimat perintang








Malang.


(Ari Putra Agustini)



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014








Nama Mahasiswa : Christianus Yoga Prasetiawan
NIM : 10.12.018
Nama Pembimbing : Bambang Prio Hartono, S1, MT
Tempat Skripsi : Laboratorium Konversi Energi Elektrik
Judul Skripsi : Analisa Frequency Relay Pada

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Pembimbing
1	10/4 2014	12.00	Revisi latar belakang menyesuaikan diplotkan	
2	29/4 2014	11.35	Memperbaiki latar belakangnya	
3	3/6 2014	14.00	Relai frekuensi di perumahnya	
4	5/6 2014		kurang	
5	12/6 2014		Penentuan Pengantian dan Data	
6	20/6 2014		Judul awal yg di koreksi	
7	23/6 2014	13.20	Menciumelaborasi Relai frekuensi pd ETAP	

10/4

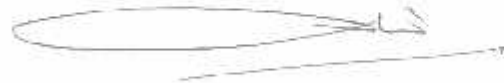
12/5

14/6

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Pembimbing
8	24/6 2014	12.30	Pelepasan Bahan Start BAB I, II dan III	 2/13
9	10/7 2014	10.00	BAB II acc	
10	11/7 2014	9.00	Jawab Judul	 2/13
11	1/8 2014	9.30	BAB III	
12	9/8 2014	9.00	BAB III	
13	9/8 2014	9.00	BAB IV	
14	9/8 2014	9.00	Acc major	

Malang,




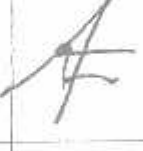



Dosen Pembimbing



Bambang Prio Hartono, S.T., MT
NIP.Y. 1028400082

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Christianus Yoga Prasetiawan
 NIM : 10.12.030
 Nama Pembimbing : Awan Uji Krismanto ST, MT
 Judul Skripsi :

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	5/4 14	08.00-15.00	→ Konsultasi → Gambar one line Diagram Pada PSCAD	
2	10/4 14		Konsultasi. Server Data	
3	14/4 14		Konsultasi. Simulasi one line diagram. Survey Data.	
4	25/4 14		Konsultasi. Simulasi one line diagram.	 23/4
5	10/5 14		Konsultasi. Single line diagram	 21/5
6	23/5 14		Review penulisan simulasi	
7	23/5 14		Review penulisan simulasi	

Malang,

Pembimbing

Awan Uji Krismanto ST, MT
NIP.P 198003012005011002

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Christianus Yoga Prasetiawan
 NIM : 10.12.030
 Nama Pembimbing : Awan Uji Krismanto ST, MT
 Judul Skripsi :

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	16/14 /6		Konsultasi, Review gambar permodelan	<i>[Signature]</i>
9	18/14 /6		Konsultasi, Review gambar permodelan	<i>[Signature]</i> 24/6
10	20/14 /6		Pengantian Software menjadi ETAP	<i>[Signature]</i>
11	24/14 /6		Permodelan Pada ETAP	<i>[Signature]</i> 24/6
12				
13				
14				

Malang,
 Pembimbing

Awan Uji Krismanto ST, MT
 NIP.P 198003012005011002



MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Christianus Yoga Prasetiawan
NIM : 10.12.030
Nama Pembimbing 1 : Bambang Prio Hartono, ST, MT
Nama Pembimbing 2 : Awan Uji Krismanto, ST, MT
Tempat Skripsi : Laboratorium Konversi Energi Elektrik
Judul Skripsi : Analisa Frequency Relay Pada

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
1	10/2014 14	09.00	Percobaan alat ukur frekuensi meter pada generator sinkron	NP
2	7/2014 14		Penelitian Buku referensi pada generator sinkron	NP
3	16/2014 14		Penelitian Buku referensi pada generator sinkron	NP
4	23/2014 14		Bab I	NP 22/4
5	29/2014 14		Penelitian referensi Pelayan menggunakan PSCAD	NP
6	10/2014 15		Revisi pemodelan simulasi	NP
7	13/2014 15		Revisi pemodelan simulasi	

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
8	14		Penyusunan modul dan simulasi	af
9	14		Penyusunan modul dan simulasi, penyusunan modul dan simulasi	af 2/14/6
10	3/14		Penyusunan modul dan simulasi ETAP	af
11	2/14		Penyusunan modul dan simulasi	af
12	13/14		Penyusunan modul dan simulasi ETAP	af 2/13/7
13				
14				

Malang,
Kepala Laboratorium Konversi
Energi Elektrik

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. 1018800188



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417656 Malang

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : CHRISTIANUS YOGA PRASETIAWAN
Nim : 1012030
Semester : VIII (Delapan)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" ANALISA FREQUENCY RELAY PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI AMPELGADING "

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Bambang Prio Hartono, ST, MT

NIP.Y. 1028400082

*) Coret yang tidak perlu



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **CHRISTIANUS YOGA PRASETIWAN**
Nim : **1012030**
Semester : **VIII (Delapan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" ANALISA FREQUENCY RELAY PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI AMPELGADING "

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Awan Uji Krismanto, ST, MT

NIP. 198003012005011002




Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut

*) Cerat yang tidak perlu



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1012030		
2.	Nama	: CHRISTIANUS YOGA PRASETIAWAN		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	27 Maret 2014	09:00	III.1.1	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA FREQUENCY RELAY PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI AMPELGADING		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
7.	Catatan :			
	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
8.	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	 (.....)	 (.....)	(.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1  M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
		(.....)	(.....)	

Form Pemantauan Seminar Progress Skripsi
Semester Genap 2013/2014
Program Studi Teknik Elektro S-1

Nama Mahasiswa : CHRISTIANUS YOGA PRASETIAWAN

NIM : 1012030

Rekomendasi/Catatan:

- Tujuan no 2 di hilangkan.
- Pada saat operasi island operation
- Permasalahannya diganti.
- Flowchart sistem.

Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1



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

Pembimbing-1

(

Pembimbing-2



)

(

)

SURAT PEMBERITAHUAN PERGANTIAN JUDUL SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Christianus Yoga Prasetiawan

NIM : 1012030

Jurusan/Konsentrasi : Teknik Elektro S-1/Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi :

"ANALISA FREQUENCY RELAY PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
AIR DI AMPELGADING"

Memberitahukan bahwa mengganti judul skripsi di atas menjadi :

"PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN FREKUENSI RELAY pada PT. PG
KREBET BARU 2 MALANG"

Demikian surat pemberitahuan ini saya sampaikan. Terima kasih.

Malang, 11 Juli 2014

Mahasiswa Yang Bersangkutan



Christianus Yoga Prasetiawan
NIM. 1012030

Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1



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

Dosen Pembimbing 2

Awan Uji Krisyanto, ST, MT
NIP.P. 198003012005011002

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Christianus Yoga Prasetiawan

NIM : 1012030

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi 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, Agustus 2014

Yang membuat Pernyataan,


METERAI
TEMPEL
Rp. 6000
8480EABF633101775
DJP

Christianus Yoga Prasetiawan

NIM : 1012030

LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi oh skripsi, kau yang membuatku selama 4bulan ini mengenal arti hidup sebenarnya, dimana seluruh tenagaku dan pikiranku aku fokuskan hanya untuk mu demi cita-cita dalam hidupku, dan Puji Tuhan pada akhirnya aku pun menaklukan kamu sehingga apa yang aku impikan lulus dengan waktu 4 tahun dan dengan nilai yang memuaskan dapat terwujud.

Puji Tuhan hanya itu saja yang bisa saya ucapkan kepada -Mu Tuhan Yesus, pengorbananku, jerih payahku selama ini kututup dengan lembaran manis penuh kasih.

Dan tidak lupa saya berterima kasih bapak, mama, adek, kakak, tante, om, pakde, bukde, dan seluruh beluargaku yang aku sayangi, yang selalu memberikan semangat dan sedikit hiburan disaat penyusunan skripsi mengalami kendala.

Ucapan terima kasih tak luput saya berikan kepada Bapak Awan Uji Krisyanto, ST, MT selaku kepala Lab. Simulasi Sistem Tenaga Elektrik telah memberikan bimbingan yang sangat luar biasa terhadap perkembangan ilmu saya dalam ilmu energi listrik dan disamping itu terima kasih atas kesempatan saya bisa bermain futsal dan PES. Semoga Bapak sukses dalam berkarir dan dalam study nya di Quensland University

Dan kepada semua teman-teman seperjuangan yang selalu memberi semangat dan motivasi saat saya kesulitan dan terpuruk, smes (dudik), kentung (afif), gendut (sandi), Slatem, Yoga, lpank, Aris (Mote), serta semua aslab SSTE dan TDDE yang mau meluangkan waktunya untuk saya, maaf tidak saya sebutkan satu persatu. Semoga kalian semua sukses dan berguna bagi diri serta orang lain.

Thanx All, U'r will be in my mind

Terima
kasih

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Kota Malang pada tanggal 25 Desember 1991 dari ayah Tjoek Widodo Prasetio dan ibu Dwi Soelistijaningsih. Penulis Merupakan putra kedua dari tiga bersaudara. Penulis memulai Pendidikan pada tahun 1998 di SDK Santa Maria I Kota Malang. Pertengahan tahun 2004 penulis menempuh pendidikan di SMPK Santa Maria I Malang sampai tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Nasional Malang jurusan pemanfaatan tenaga listrik mulai tahun 2007 dan lulus tahun 2010, kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi

Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis memilih Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri dan diwisuda tanggal 27 September 2014, dengan judul Skripsi “ Pelepasan Beban Menggunakan Frekuensi Relay pada PT. PG. Kribet Baru II Malang”.
