

SKRIPSI

ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 kV TIMOR AKIBAT *LOAD SWITCHING* MENGGUNAKAN *ETAP* *POWER STATION*



Disusun Oleh :

Nama : EFREDNER IMANUEL PELLOKILA
NIM : 11.12.025

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

2012
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
COMMUNICATIONS SECTION
WASHINGTON, DC 20535

TO : DIRECTOR
FROM : SAC, NEW YORK

DATE: 05/15/12

RE: [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

BT

LEMBAR PERSETUJUAN
“ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 kV
TIMOR AKIBAT *LOAD SWITCHING* MENGGUNAKAN *ETAP*
***POWER STATION*”**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

Nama : Efredner Imanuel Pellokila

Nim : 11.12.025

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

NIP. 196105031992021001

Dosen Pembimbing II



Ir. Choirul Saleh, MT

NIP. Y. 1018800190



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
2015

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Efredner Imanuel Pellokila

NIM : 11.12.025

Program Studi : Teknik Elektro

Kosentrasi : Energi Listrik S-1

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil karya saya 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, November 2015

Yang membuat pernyataan,



Efredner Imanuel Pellokila



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Efredner Imanuel Pellokila
NIM : 1112025
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : **ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 KV
AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER
STATION**

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

Hari : Kamis
Tanggal : 27 Agustus 2015
Dengan Nilai : **80 (A)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

(M. Ibrahim Ashari, ST, MT)

NIP.P.1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

(Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT)

NIP. P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. Eko Nurcahyo, MT)

NIP. Y. 1028700172

Penguji II

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)

NIP. Y. 1028400082

ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 kV TIMOR AKIBAT *LOAD SWITCHING* MENGGUNAKAN *ETAP POWER STATION*

**Efredner Imanuel Pellokila
1112025**

**Dosen Pembimbing : Dr.Eng.Ir.I Made Wartana^[1], dan
Ir.Choirul Saleh, MT^[2]**

**Jurusan Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : efrednerimanuel@gmail.com**

ABSTRAK

Pertumbuhan beban pada sistem 70 kV di Timor (Kupang), NTT semakin hari semakin meningkat. Penyebabnya yaitu pembangunan besar – besaran yang dilakukan saat ini. Pertumbuhan beban tersebut memperbesar kemungkinan jumlah beban akan melebihi kapasitas pembangkit yang ada di masa depan. Dengan pertumbuhan beban yang terus meningkat semakin memperbesar terjadinya pemadaman. Pemadaman atau load switching tersebut mengakibatkan timbulnya kondisi transient. Namun karena kurang perhatiannya PLN akan hal itu, pada pembangkit yang ada tidak dipasang alat untuk meningkatkan kestabilan transien. Salah satu cara untuk mengatasi timbulnya kondisi transien tersebut adalah dengan memasang Power System Stabilizer pada generator. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kestabilan transien untuk mengetahui respon sistem dan mengusahakan sehingga dapat meningkatkan kestabilan transien pada sistem Timor. Analisa kestabilan transien meliputi respon daya aktif, kecepatan rotor, dan daya mekanik yang dibangkitkan generator. Pengamatan akan perubahan yang timbul akan menunjukkan seberapa besar pengaruh Power System Stabilizer tersebut dalam meningkatkan kestabilan transien. Pada hasil akhir dapat dilihat bahwa kestabilan transien meningkat setelah dimanfaatkannya Power System Stabilizer dengan tipe PSS1A.

Kata kunci : *ETAP Power Station, load switching, PSS (Power System Stabilizer),transient*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan YME atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul “**ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 kV TIMOR AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION**” dapat terselesaikan. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi 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 karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr.Ir.Lalu Mulyadi,MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Anang Subardi,MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknolgi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari,ST.MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr.Eng.Ir.I Made Wartana_selaku Dosen Pembimbing I
5. Ir.Choirul Saleh,MT_selaku Dosen Pembimbing II
6. Rekan - rekan Asisten Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik
7. Ayah dan Ibu tercinta atas jasa – jasanya, kesabaran, dan doa yang diberikan kepada penulis dengan tulus & ikhlas sejak kecil.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan – kekurangan sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun. Akhirnya hanya kepada Tuhan YME penulis serahkan segalanya mudah – mudahan dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi kita semua

Malang, Agustus 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

	Hal:
LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Prosedur Penulisan	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Sistem Tenaga Listrik	4
2.2. Kestabilan Transien	4
2.2.1. Hal – hal yang mempengaruhi kestabilan sistem.....	6
2.2.2. Transien	7
2.2.3. Pengaruh Transien terhadap kualitas daya.....	11
2.2.4. Pengaruh Transien pada sistem tegangan	11
2.2.5. Pengaruh Transien pada Transformator.....	13
2.2.6. Perbedaan Stabil dan Steady State.....	13
2.2.7. Pemutusan Beban (Load Switching).....	13
2.2.8. Aliran Daya (Load Flow).....	14
2.2.9. Metode Newton Rhapson.....	16
2.2.10. PSS (Power System Stabilizer).....	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode yang Digunakan	19
3.2. Software ETAP Power Station	19
3.3. Load Flow Analysis	21
3.4. Transient Stability Analysis	22
3.5. Algoritma Simulasi pada software ETAP Power Station.....	23
3.6. Flowchart.....	24

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Data – data yang dikumpulkan	25
4.1.1. Data Generator.....	25
4.1.2. Data Transformator.....	25
4.1.3. Data Saluran.....	26
4.1.4. Data Beban.....	26
4.1.5. Single Line Diagram.....	27
4.2. Simulasi pada ETAP Power Station	28
4.2.1. Simulasi Pemutusan Beban.....	29
4.2.2. Analisis Stabilitas Transien sebelum pemasangan PSS...	30
4.2.3. Analisis Stabilitas Transien setelah pemasangan PSS.....	33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	38

DAFTAR GAMBAR

		Hal:
Gambar	2.1. Impulsive Transien.....	8
Gambar	2.2. Oscillatory Transien	9
Gambar	3.1. Tampilan Utama Software ETAP Power Station.....	20
Gambar	3.2. Report tidak terdapat error pada Load Flow	21
Gambar	3.3. Transient Stability Study Case	22
Gambar	3.4. Flowchart	24
Gambar	4.1. Single Line Diagram sistem 70 kV Timor	27
Gambar	4.2. Single Line Diagram pada ETAP Power Station	28
Gambar	4.3. Total Bus yang terpakai untuk analisa aliran daya.....	29
Gambar	4.4. Pemutusan Beban (Load Switching)	30
Gambar	4.5. Daya Aktif pada Generator sebelum pemasangan PSS.....	30
Gambar	4.6. Rotor Speed pada Generator sebelum pemasangan PSS	31
Gambar	4.7. Daya Mekanik pada Generator sebelum pemasangan PSS	32
Gambar	4.8. Pemasangan PSS pada Generator Unit 2 PLTU Bolok.....	33
Gambar	4.9. Penginputan parameter PSS	34
Gambar	4.10. Daya Aktif pada Generator setelah pemasangan PSS.	34
Gambar	4.11. Rotor Speed pada Generator setelah pemasangan PSS.....	35
Gambar	4.12. Daya Mekanik pada Generator setelah pemasangan PSS	36

DAFTAR TABEL

	Hal:
Tabel 2.1 Standar Transien untuk Undervoltage.....	12
Tabel 4.1 Spesifikasi Generator PLTU Bolok unit 1 & 2	25
Tabel 4.2. Transformator Step Up & Step Down.....	25
Tabel 4.3. Transformator Mitsubishi Unit 1,2 & 3	26
Tabel 4.4 Total Pengukuran Beban	26
Tabel 4.5. Output Waktu Transien	31
Tabel 4.6. Output Waktu Transien	32
Tabel 4.7. Output Waktu Transien	33
Tabel 4.8. Output Waktu Transien	35
Tabel 4.9. Output Waktu Transien	36
Tabel 4.10. Output Waktu Transien	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi semakin pesat, hal ini ditandai dengan adanya industri maupun rumah tangga yang menggunakan peralatan listrik berkapasitas besar, maka kualitas tegangan yang baik sangat dibutuhkan dalam penyaluran tenaga listrik agar pengiriman listrik yang diterima oleh konsumen dapat diterima dengan baik pula. Seiring dengan perkembangan yang sangat pesat di bidang ketenagalistrikan salah satu permasalahan gangguan pada sistem tenaga listrik adalah adanya transien, dimana transien ini didefinisikan sebagai fenomena naiknya tegangan hingga ribuan volt dan terjadi dalam waktu yang sangat cepat. Karena berlangsung dalam tempo yang sangat cepat, maka tidak semua power meter mampu mendeteksi adanya transien.^[1]

Penyebab dari transien antara lain *load switching* (penyambungan dan pemutusan beban), *capacitance switching*, *recovery voltage*. Gangguan pada saluran transmisi atau distribusi dapat menyebabkan adanya *transient* pada sistem. Penurunan tegangan dan kenaikan tegangan secara tiba – tiba dapat mengakibatkan peralatan listrik menjadi gagal atau berhenti beroperasi.^[2]

Pada sistem 70 kV Timor, sering terjadi pemadaman listrik karena beban yang semakin hari semakin besar dan hal tersebut membutuhkan suplay daya dan tegangan listrik yang sangat besar sehingga berbanding lurus dengan banyaknya gangguan penurunan tegangan pada sistem tersebut.

Berdasarkan alasan tersebut, penulis mencoba untuk membuat simulasi untuk meningkatkan kestabilan transien pada sistem 70 kV Timor apabila terjadi pemutusan beban dengan program *ETAP Power Station*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana meningkatkan kestabilan *transient* pada sistem akibat *load switching*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan skripsi ini yaitu :

Meningkatkan kestabilan *transient* pada sistem 70 kV Timor apabila terjadi *load switching* dengan pemasangan *PSS (Power System Stabilizer)*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka pada penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

- a. *Study Case* yang akan dilakukan adalah sistem 70 kV Timor.
- b. Analisa stabilitas *transient* dilakukan untuk mengetahui pengaruh dan respon kestabilan pada sistem setelah adanya gangguan atau *load switching*.
- c. Tidak membahas penyetelan rele pengaman.
- d. Penggambaran *Single Line Diagram* dan simulasi dilakukan dengan program *ETAP POWER STATION*.
- e. Tipe *PSS* yang digunakan *PSS1A*
- f. Analisa stabilitas *transient* mencakup daya aktif, kecepatan rotor, dan daya mekanik.

1.5 Prosedur Penulisan

Prosedur pada penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Kajian literatur

Kajian literatur yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori – teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan. Studi literature yang digunakan meliputi buku, junal ilmiah, beberapa user manual peralatan dan dari nara sumber yang kompeten.

2. Pengumpulan data

Bentuk data yang digunakan adalah :

- Data kuantitatif, yaitu berupa data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka guna mempermudah proses pengerjaan skripsi yaitu data generator , data trafo, data saluran, data beban.

- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini berupa *single line diagram* dari system 70 kV Timor.
3. Menganalisa data – data yang telah dikumpulkan dari PT PLN (PERSERO) Kupang.
 4. Menguji sistem 70 kV Timor dan membandingkan *Power Quality* dari pengaruh *transient* sebelum dan sesudah analisa.
 5. Kesimpulan
Menarik kesimpulan dari hasil analisa data.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut :

- BAB I : PENDAHULUAN**
Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.
- BAB II : KAJIAN PUSTAKA**
Pengertian tentang teori system tenaga listrik, penjelasan tentang *transient*.
- BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**
Metode yang digunakan serta program *ETAP POWER STATION*.
- BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL**
Pada bab ini berisi data dan hasil simulasi dari *ETAP*.
- BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**
Bab ini berisikan kesimpulan dan saran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pembangkit tenaga listrik, penyaluran tenaga listrik, dan distribusi tenaga listrik. Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi, dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat – pusat beban. Untuk memenuhi tujuan tersebut, pembangkit, penyaluran, dan distribusi tidak dapat dipisahkan.^[3]

Tujuan dari sistem tenaga listrik mengacu pada tiga hal yaitu :

1. *Economy*, listrik harus dioperasikan secara ekonomis, tetapi dengan tetap memperhatikan keandalan dan kualitasnya.
2. *Security* (keandalan), merupakan tingkat keamanan sistem terhadap kemungkinan terjadinya gangguan. Sedapat mungkin gangguan di pembangkit maupun transmisi dapat diatasi tanpa mengakibatkan pemadaman di sisi konsumen.
3. *Quality*, tenaga listrik yang diukur dengan kualitas tegangan dan frekuensi yang dijaga sedemikian rupa sehingga tetap pada kisaran yang ditetapkan.

Untuk mendapatkan suatu kualitas yang baik dari sistem tenaga listrik, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah kehandalan sistem dimana apakah sistem tersebut mampu untuk mempertahankan kestabilan saat terjadi kondisi darurat akibat gangguan yang timbul.

2.2 Kestabilan Transien

Kemampuan dari suatu sistem tenaga listrik untuk mempertahankan sinkronisasi dalam suatu sistem setelah terjadi gangguan. Studi kestabilan transient diperlukan untuk memastikan kemampuan system untuk bisa menahan kondisi transien setelah terjadinya gangguan besar.

Besar daya yang ditransfer dari pembangkit ke beban :

$$P = \frac{V_t \cdot V^\infty}{X} \sin \theta \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : ***P*** : Daya yang dibangkitkan generator
 V_t : Tegangan terminal generator
 V[∞] : Tegangan Bus
 X : Sudut rotor

Ada dua tipe batas kestabilan sistem tenaga yaitu

- Batas stabilitas *steady-state*

Stabilitas pada kondisi bertahap atau perubahan kecil dalam sistem, kestabilan ini dapat ditemukan dengan perhitungan aliran daya untuk operasi *steady-state* atau ditentukan dengan studi stabilitas *transient* bila ada perubahan sistem atau gangguan. Sistem dikatakan stabil *steady-state* bila selama gangguan kecil atau bertahap, semua mesin sinkron pada kondisi *steady state* identik dengan kondisi operasi sebelum gangguan. Batas stabilitas *steady state* untuk sebuah mesin sinkron adalah ketika sudut rotor kurang dari 90°.

- Batas stabilitas *transient*

Kestabilan selama dan sesudah perubahan mendadak pada beban dan saluran yang terganggu. Sistem dikatakan stabil *transient* bila selama beberapa gangguan, semua mesin sinkron beroperasi pada kondisi *steady-state* tanpa memperpanjang rugi sinkronisasi atau keluar dengan mesin yang lain.^[4]

Tergantung pada sebab ketidakstabilan, beberapa perbaikan dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas sistem, diantaranya :

- Memperbaiki konfigurasi dan desain sistem
- Gunakan PSS (*Power System Stabilizer*)
- Digunakan motor induksi, meningkatkan moment inersia, mengurangi reaktansi *transient*, perbaikan regulator tegangan dan karakteristik exciter.
- Tambah sistem proteksi – penghilangan gangguan dengan cepat, pemisah sistem, dll.

2.2.1 Hal – hal yang Mempengaruhi Kestabilan Sistem

Ada 3 hal utama yang dapat mempengaruhi kestabilan suatu sistem antara lain:

- **Hubung Singkat**
Gangguan tunggal dari saluran ke tanah adalah yang paling sering terjadi, sedangkan gangguan 3 fasa adalah yang paling jarang.
- **Starting Motor**
Proses motor starting akan muncul di sistem sebagai sebuah impedansi yang terhubung dengan bus sehingga arus yang besar menyebabkan drop tegangan.
- **Perubahan beban**
Perubahan beban secara tiba-tiba dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan ketidakseimbangan antara kebutuhan daya dan suplai beban sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem baik perubahan itu disebabkan oleh pelepasan beban atau penambahan beban.

Mesin sinkron berperan penting dalam stabilitas sistem tenaga karena selama dan setelah gangguan, sudut rotor akan berisolasi yang dapat mengakibatkan osilasi aliran daya dalam sistem. Berdasarkan level osilasi ini, keseimbangan elektromekanis dalam sistem dapat hilang dan ketidakstabilan dapat terjadi. Sehingga stabilitas sistem tenaga kadang – kadang ditujukan pada stabilitas sudut rotor mesin sinkron. Persamaan ayunan menunjukkan sudut rotor sebagai fungsi dari keseimbangan antara daya mekanis dan daya listrik. Setiap perubahan dalam sistem yang merusak keseimbangan ini akan mengakibatkan sudut rotor menuju posisi baru pada kondisi osilasi.

Osilasi ini biasa disebut *swing* sudut rotor.

$$M \frac{d^2\delta}{dt^2} + D \frac{d\delta}{dt} = P_{mech} - P_{elec} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : M = Konstanta Inersia
 D = Konstanta damping
 P_{mech} = daya mekanis input
 P_{elec} = daya listrik output

Pada sistem tenaga listrik yang beroperasi stabil terdapat keseimbangan antara daya input mekanis pada penggerak utama dengan daya output elektrik pada beban, sehingga menghasilkan suatu kondisi *steady state* yang baru. Gangguan – gangguan yang dimaksud adalah gangguan – gangguan yang mungkin terjadi pada suatu sistem kelistrikan industri, seperti lepasnya generator atau *utility* PLN, hubung singkat, lepasnya saluran atau kombinasi diantaranya.

2.2.2 Transien

Transien merupakan fenomena naiknya peak tegangan hingga ribuan volt dan terjadi dalam waktu yang sangat singkat.

Penyebab terjadinya *transient* antara lain :

- *Load Switching* (penyambungan dan pemutusan beban)
- *Capacitance switching*
- *Transformer Inrush Current*
- *Recovery voltage*

Faktor yang mempengaruhi kestabilan *Transient* :

1. Seberapa besar Generator dibebani
2. Output generator selama gangguan. Ini tergantung dari lokasi gangguan dan type gangguan
3. Waktu pemutus gangguan
4. Reaktansi Generator. Reaktansi yang rendah meningkatkan daya puncak
5. Reaktansi Transmisi setelah gangguan
6. Inersia Generator. Inersia yang besar menyebabkan perubahan sudut lambat. Ini menurunkan T_{inerti} T_{inerti} yang diperoleh saat gangguan.

Gejala transient diklasifikasikan menjadi 2 jenis :

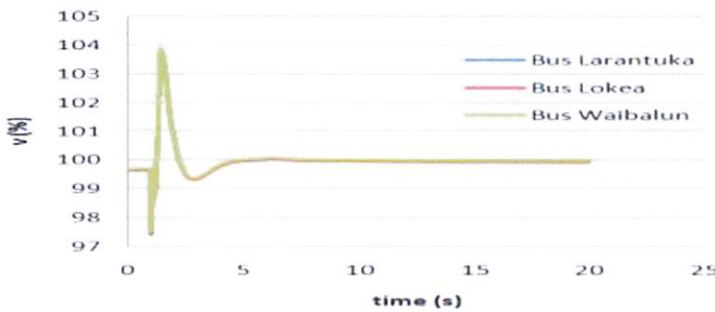
- *Impulsive Transient*

Transien Impulsif adalah perubahan tiba – tiba dari tegangan, arus atau keduanya dalam keadaan *steady state* dengan polaritas positif atau negatif. Karakteristik dapat ditentukan oleh *rise time* dan *decay time*. Jenis

peristiwa dapat dikategorikan lebih lanjut dengan melihat kecepatan (cepat, sedang, lambat). Transien impulsif bisa terjadi dengan sangat cepat dengan kisaran waktu selama 5 ns.

Catatan [1000 ns = 1 mikrodetik] [1000 mikrodetik = 1 ms] [1000 ms = 1 detik].

Pada Umumnya transien impulsif disebabkan oleh sambaran petir. Salah satu contoh Transien impulsif disebabkan oleh *Electrostatic Discharge* dan dapat diilustrasikan dengan gambar berikut :



Gambar 2.1

Impulsive Transient

Sumber : “*Analisis Stabilitas Transient pada Sistem Kelistrikan Larantuka (NTT) akibat penambahan PLTU 2 X 4 MW pada tahun 2013*”

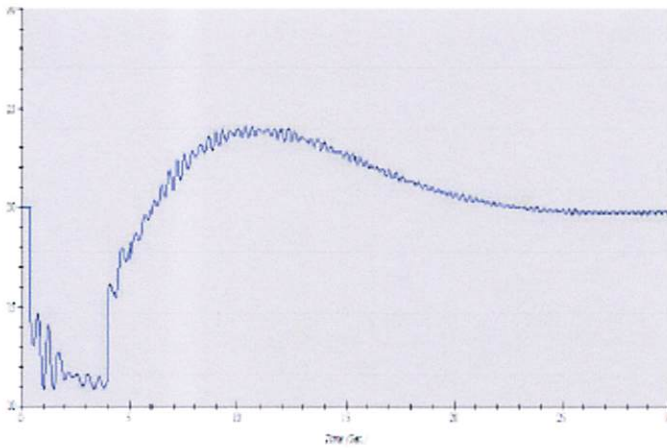
Transien impulsif seringkali ditinjau dari beberapa karakteristik penting yang menunjukkan respon impulsif tersebut, seperti besar respon maksimum (I_{max} atau V_{max}), waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi maksimum dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan *steady state*. Karakteristik tersebut biasanya dinyatakan oleh notasi, contohnya $1.2 \times 50 \mu s$ 2000 V. Ini artinya transien impulsif nilainya naik dari nol menuju nilai puncak 2000 Volt dalam 1.2 mikrodetik dan turun sampai setengahnya dalam waktu 50 mikrodetik.

Karena peralihan ini dalam frekuensi yang tinggi maka bentuk dari gelombang peralihan dapat berubah secara cepat oleh komponen rangkaian dan akan mempunyai bentuk gelombang yang berbeda bila dilihat pada komponen lain dari sistem daya.

- *Oscillatory Transient*

Transien Osilasi adalah suatu respon lonjakan sesaat dari karakteristik arus atau tegangan tanpa mengubah frekuensi dari kondisi *steady state* dengan bentuk gelombang yang memiliki polaritas bolak – balik (positif dan negatif). Transien Osilasi ini dapat terjadi karena adanya gangguan (*fault*) atau karena operasi pensaklaran (*switching*).

Bentuk gelombang transien osilasi sesuai dengan persamaan eksponensial dengan fungsi sinusoidal. Sama halnya dengan transien impulsif, transien osilasi juga ditinjau dari respon maksimum (I_{max} atau V_{max}), waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi maksimum dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state*.



Gambar 2.2

Oscillatory Transient

Sumber : Jurnal “*Analisis Kestabilan Transien dengan Pelepasan Beban (Generation Load Shedding) pada Sistem Jaringan Distribusi Tragi Sibolga*”

Dalam bidang ilmu ketenagalistrikan, transien osilasi dibagi menjadi 3, yaitu :

1. Transien Osilasi frekuensi tinggi, dengan frekuensi lebih besar dari 500 kHz dan durasi waktunya terukur dalam mikrodetik untuk beberapa siklus. Transien ini biasanya terjadi karena respon dari sistem terhadap transien impulsif.

2. Transien Osilasi frekuensi menengah, dengan frekuensi komponen diantaranya 5 – 500 kHz dan durasi waktunya terukur dalam puluhan mikrodetik. Transien ini terjadi karena pensaklaran kapasitor ataupun pensaklaran beban. Transien ini juga dapat terjadi karena respon dari sistem terhadap transien impulsif.
3. Transien Osilasi frekuensi rendah, dengan frekuensi dibawah 5 kHz dan durasi waktunya 0,3 – 0,5 ms. Transien ini biasanya terjadi pada sistem subtransmisi dan distribusi, dan dapat disebabkan oleh beberapa kejadian. Paling sering adalah karena pelepasan energy dari kapasitor bank yang menghasilkan transien dengan frekuensi 300 – 900 Hz.

Transien frekuensi rendah biasanya mempunyai frekuensi pokok kurang dari 300 Hz dan terjadi dalam sistem distribusi. Hal ini terkait dengan pelepasan energi transformator. Transien dikarenakan kapasitor terhubung seri juga masuk kategori ini.

Peralihan dalam rangkaian listrik bisa dianggap sebagai hal yang diinginkan ataupun yang tidak diinginkan. Dalam jaringan sistem daya, fenomena transien tidak diinginkan sepenuhnya saat transien ini meningkatkan nilai dari tegangan, arus, dan kerapatan energi pada sebagian atau semua bagian sistem daya modern. Semuanya ini dapat menghasilkan distorsi peralatan, kenaikan suhu, dan atau kehancuran elektrodinamik, interfensi stabilitas sistem, dan pada kasus ekstrim dapat menyebabkan kerusakan dari keseluruhan sistem.

Namun ada juga kondisi transien yang yang diinginkan yaitu keadaan transien yang bisa dikontrol dan diperlukan, yang terjadi pada peralatan elektronik untuk komunikasi, kendali, dan sistem komputasi yang pada operasi normal bekerja dengan prinsip pensaklaran.

Fenomena transien yang terjadi pada rangkaian listrik bisa dikarenakan pensaklaran yang disengaja, yang termasuk di dalamnya peralatan untuk pensaklaran, atau bisa juga dikarenakan pensaklaran yang tidak disengaja yang dapat berasal dari adanya gangguan pentanahan (*ground fault*), rangkaian

hubung singkat, kerusakan induktor, dan atau kapasitor, dan juga sambaran petir.

2.2.3 Pengaruh Transien terhadap Kualitas Daya

Fakta menunjukkan bahwa permasalahan *power quality* saat ini tidaklah sesederhana 10 atau 20 tahun yang lalu. Berkembangnya beban-beban non linier serta ditemukannya sumber-sumber energy baru telah menimbulkan permasalahan baru pula pada sisi *power quality*. Pada kasus ini, persoalan kualitas daya akan difokuskan pada parameter pengukuran listrik yang dapat digunakan dalam menganalisa point –point penghematan. Penghematan akan difokuskan kepada aspek stabilitas transient, guna meningkatkan performa sistem.

2.2.4 Pengaruh transien pada sistem tegangan

Tegangan transien disebabkan oleh petir, proses switching dan gangguan yang terjadi dalam sistem tenaga, besaran transient ini tergantung dari waktu timbulnya, nilai maksimumnya, bentuk gelombang dan frekuensi yang terjadi pada komponen sistem tenaga. Akibatnya adalah kerusakan pada peralatan konsumen, kerusakan pada masalah operasi, mempercepat lifetime peralatan dan kerusakan mendadak pada peralatan. Kapasitor bank merupakan suatu kompensator yang digunakan untuk menyuplai daya reaktif dan memperbaiki faktor daya, umumnya pemerintah menetapkan standar khususnya Industri untuk menjaga faktor daya pada suatu nilai, hingga apabila factor daya mengalami penurunan, maka kapasitor bank akan diparalelkan dengan beban untuk mengatasinya.

Proses switching dapat menimbulkan *transient overvoltage* dan mempengaruhi kestabilan transient. Beberapa faktor yang mempengaruhi penguatan tegangan transient selama proses switching kapasitor bank adalah ukuran kapasitor bank, kapasitas hubung singkat pada lokasi dimana kapasitor disimpan, daya transformator pelanggan dan karakteristik beban pelanggan. Beberapa teknik diterapkan untuk mengurangi efek transient ini, diantaranya

memasukkan inductor dan resistor bersama kapasitor, waktu switching dan lokasi kapasitor.

Transient dapat muncul dalam dua kondisi yakni :

- *Diferential mode* : antara live konduktor : fasa – fasa, fasa – netral
- *Common mode* : antara live konduktor dengan *earth*

Sedangkan jika dilihat dari jenisnya, setidaknya terdapat 3 jenis transient :

- *Temporary Transient* : disebabkan oleh fault, over compensation reactive power, dsb
- *Switching overvoltage transient* : disebabkan oleh proses switching dari beban normal.
- *Lightning overvoltage transient* : disebabkan oleh sambaran petir.

Tabel 2.1 : Standar *Transient* untuk *Undervoltage*

Tegangan	Batas Max	Batas Min
20 kV	5%	10%
70 kV	5%	10%
150 kV	5%	10%
500 kV	5%	5%

Sumber : Jurnal “*Analisis Stabilitas Transient pada Sistem Kelistrikan Larantuka (NTT) akibat penambahan PLTU 2 X 4 MW pada tahun 2013*”

Selain potensi kerusakan, fenomena transient dapat membahayakan keselamatan kerja. Menurut data statistic yang dihimpun oleh U.S. Bureau of Labor, tercatat sepanjang tahun 1992 hingga 1998, sebanyak 329 pekerja elektrik meninggal karena kecelakaan kerja yang mana 68 orang diantaranya meninggal akibat kontak dengan alat ukur listrik. Yang terjadi pada saat itu adalah fenomena *fault current* dimana alat ukur tidak mampu menahan arus yang besar pada saat terjadi transient tegangan.

2.2.5 Pengaruh Transien pada Transformator

Peristiwa alih hubung singkat pada suatu rangkaian listrik menyebabkan adanya sentakan tegangan dan arus yang disebut dengan arus transient. Saat terjadi transient komponen – komponen mengalami tekanan yang sangat besar berupa tegangan dan arus terutama pada transformator yang mensuplai beban, hal ini menyebabkan penurunan waktu kerja transformator tersebut. Dengan membandingkan hasil data berupa kurva gelombang arus transient beberapa tipe beban dengan SPLN 64 : 1985 pasal enam mengenai pengaman trafo distribusi terhadap arus transient inrush dan beban peralihan.

Berdasarkan hasil simulasi beberapa tipe beban, arus masuk awal maksimum terjadi pada beban lampu tabung sebesar 1531,81 Ampere dalam selang waktu 0,01 detik. Selama 2,066 detik, tipe beban lampu pijar mendekati batas ketahanan transformator sebesar 867,41 Ampere setara dengan 2,17 kali lipat dari arus nominal dari batasan sebesar 3 kali lipat dalam waktu 10 detik. Sesuai dengan standar (SPLN 64:1985), transformator masih berada dalam kondisi batas aman.

2.2.6 Perbedaan Stabil dan *Steady State*

Sistem dikatakan stabil bila sinyal/respon tidak mengalami perubahan yang menyebabkan bentuk dari sinyal itu berubah – ubah. Misalnya jika ada sebuah sinyal periodik dengan frekuensi tertentu dan amplitudo tertentu, maka sinyal yang dihasilkan adalah sinyal yang berdasarkan parameter frekuensi dan amplitudo tersebut. Jika amplitudo atau frekuensi tersebut terus berubah – ubah, maka itulah yang dikatakan sistem tidak stabil.

Sistem dikatakan *steady state* bila ada sebuah perubahan dari sinyal *transient* menjadi sinyal yang nilainya tidak mengalami perubahan lagi (konstan).

2.2.7 Pemutusan atau Penyambungan Beban (*Load Switching*)

Pemutusan beban (*load switching*) secara umum dilakukan untuk mencegah terjadinya *collapse*.^[5]

Namun pemutusan beban tersebut menimbulkan penurunan frekuensi yang drastis. Maka perlu diketahui faktor – faktor yang mempengaruhi besar laju penurunan frekuensi. Faktor – faktor tersebut antara lain :

- a. Konstanta Inersia
- b. Daya mekanik Generator
- c. Daya eletrik yang dibutuhkan beban

Dalam suatu sistem tenaga listrik terdapat berbagai jenis beban. Beban tersebut dapat berupa motor – motor induksi yang dimanfaatkan di lingkungan industry maupun penerangan di bangunan dan jalan. Beban – beban tersebut memiliki nilai prioritas kebutuhan dan nilai ekonomi bagi penggunaanya.

Besar kebutuhan beban biasanya dinyatakan dalam prosentase (H.E. Lokay, 1968).

$$\text{Kelebihan beban} = \frac{\text{beban-supply generator}}{\text{supply generator}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\text{Kelebihan beban} = \frac{\text{kekurangan pembangkit}}{\text{pembangkitan tersisa}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Berdasarkan hal tersebut, beban – beban yang disuplai dari pembangkit yang terpasang sebaiknya diurutkan menurut parameter – parameter antara lain:

- a. Sensitif terhadap kegiatan perekonomian
- b. Tingkat kesulitan pengasutan (*starting*)
- c. Daya yang dibutuhkan

2.2.8 Aliran Daya (*Load Flow*)

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknik yang sudah ditetapkan sebelumnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik jaringan. Salah satu tujuannya yaitu untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus.

Pada setiap bus dari jaringan – jaringan terdapat parameter – parameter yaitu : daya aktif (P), daya reaktif (Q), rating tegangan $|V|$ dalam satuan PU dan sudut fasa tegangan δ .

Bus diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Bus Beban (*Load Bus*) (PQ)

Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk memenuhi kebutuhan beban dimana P daya aktif dan Q daya reaktif diketahui, sementara $|V|$ dan δ berubah – ubah menurut kebutuhan. Oleh karena itu, $|V|$ dan δ harus ditentukan (dicari).

2. Bus Generator (PV)

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkit dimana $|V|$ diatur menggunakan regulator tegangan dan P diatur dengan governor. Sehingga untuk bus ini P dan $|V|$ diketahui. Sementara Q (daya reaktif) dan δ (sudut fasa) dicari.

3. Bus Slack

Pada bus ini $|V|$ dan δ sudah ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai $|V|$ adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan δ bernilai nol, karena fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi. Daya total yang mengalir pada setiap bus dituliskan sebagai berikut :

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k \times I_k \dots \dots \dots (2.5)$$

atau

$$P_k + jQ_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots \dots \dots (2.6)$$

Dari persamaan $V_k = v_k + j\delta_k$ dan $Y_{k11} = G_{k11} + jB_{k11}$ maka menjadi :

$$P_k - jQ_k - (v_k + j\delta_k) = \sum_{n=1}^N (G_{k11} + jB_{k11})(V_n + j\delta_n) \dots \dots \dots (2.7)$$

Bila dituliskan dalam bentuk real dan imajener maka persamaan di atas menjadi :

$$P_k = \sum_{n=1}^N \{v_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N \{\delta_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) - v_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots \dots \dots (2.9)$$

(Hadi Saadat, 2004)

2.2.9 Metode Newton Rhapson

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data ($P_{k.sched}$ dan $Q_{k.sched}$) dengan daya hasil perhitungan ($P_{k.calc}$ dan $Q_{k.calc}$) menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9) di atas. Selisih daya yang diterapkan dan perhitungan (ΔP_k dan ΔQ_k) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k.sched} - P_{k.calc} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k.sched} - P_{k.calc} \dots \dots \dots (2.11)$$

Selisih daya dihitung dengan persamaan (2.9) dan persamaan (2.11) untuk menghitung nilai perubahan parameter tegangan bus, yaitu $\Delta|V_k|$ dan $\Delta|\delta|$, yaitu dengan menggunakan elemen Jacobian, sehingga koreksi terhadap nilai parameter tegangan yang telah ditetapkan nilai awal sebelumnya. Elemen Jacobian sendiri merupakan turunan persial P dan Q terhadap masing – masing variable pada persamaan (2.8) dan (2.9), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \dots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \dots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_3 \\ J_2 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |v| \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.12)$$

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung kembali daya $P_{k.calc}$ dan $Q_{k.calc}$. Proses ini terus berulang, hal inilah yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya ΔP dan ΔQ konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan (bekisar 0,001 hingga 0,0001 pu).

Maka kesimpulan dari *Load Flow Analysis* pada *ETAP* adalah : berfungsi untuk menghitung tegangan bus, faktor daya pada cabang – cabang dan daya yang mengalir di seluruh sistem tenaga elektrik. *ETAP* memberikan fasilitas untuk menentukan kondisi *power plant* yang berfungsi sebagai *swing* atau *voltage regulated* dengan beberapa hubungan *power grid* dan generator. *ETAP* memungkinkan melakukan perhitungan analisa aliran daya baik pada *system radial* maupun *system loop* dengan beberapa metode perhitungan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang paling baik (Raj, Pushp. April 2009).

2.2.10 *PSS (Power System Stabilizer)*

Kestabilan dalam sistem tenaga listrik ditentukan oleh kemampuan berbagai komponen pembangkit dalam pemberian transfer respon terhadap perubahan beban yang terjadi. Perubahan beban yang terjadi secara tiba – tiba dan periodik tidak dapat direspon dengan baik oleh generator sehingga dapat mempengaruhi kestabilan dinamik sistem. Respon yang kurang baik dapat menimbulkan osilasi frekuensi dalam periode yang lama. Hal itu akan mengakibatkan pengurangan kekuatan transfer daya yang dapat diatasi menggunakan peralatan tambahan yang disebut *Power System Stabilizer*.

PSS merupakan peralatan yang menghasilkan sinyal kontrol untuk diumpankan pada sistem eksitasi. Namun pada pendekatan yang lebih baru, sinyal kontrol yang keluar dari *PSS* diumpankan juga ke sisi turbin. Fungsi dasar *PSS* adalah menambah batas kestabilan dengan mengatur eksitasi generator untuk memberi redaman terhadap osilasi rotor mesin sinkron. Ketidakmampuan meredam osilasi dapat membatasi kemampuan transfer daya.

PSS terdiri dari beberapa komponen antara lain :

- *Gain*, berfungsi untuk mengatur besar penguatan agar diperoleh besaran torsi sesuai dengan yang diinginkan.
- *Washout filter*, berfungsi untuk menyediakan bias *steady state* output *PSS* yang memodifikasi tegangan terminal generator.
- *Limiter*, output *PSS* dibatasi agar aksi *PSS* pada *AVR* sesuai dengan yang diharapkan. Sebagai contoh, pada saat terjadi pelepasan beban *AVR* beraksi untuk mengurangi tegangan terminal generator pada

saat *PSS* menghasilkan sinyal kontrol untuk menaikkan tegangan (karena kecepatan rotor generator bertambah besar pada saat pelepasan beban). Pada kondisi ini sangat diperlukan untuk menonaktifkan *PSS*. Hal ini menunjukkan pentingnya pembatasan nilai sinyal output *PSS* yang dapat dilakukan oleh *limiter*. Perlu diperhatikan bahwa nilai batasan negatif yang tinggi dapat mengganggu kestabilan ayunan pertama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode yang Digunakan

Dalam analisa kestabilan transient menggunakan acuan standart ANSI/IEEE. Analisa dilakukan dengan *Transient Stability Analysis* yang terdapat di dalam *software ETAP* untuk mengetahui seberapa besar perubahan dan lama waktu kondisi transient saat sistem beroperasi.

3.2 Software ETAP Power Station

ETAP merupakan software full grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisa untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. *ETAP* dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik secara *off line* dalam bentuk modul simulasi, monitoring data operasi secara *real time*, simulasi *system real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. *ETAP* didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi sistem tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility*. *Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC (*AC and DC Networks*), desain jaringan kabel (*cable raceways*), *grid* pentanahan (*ground grid*), GIS, desain panel, *arc-flash*, koordinasi peralatan proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/DC kontrol sistem diagram (D.William, and Jr.Stevenson, 1990).

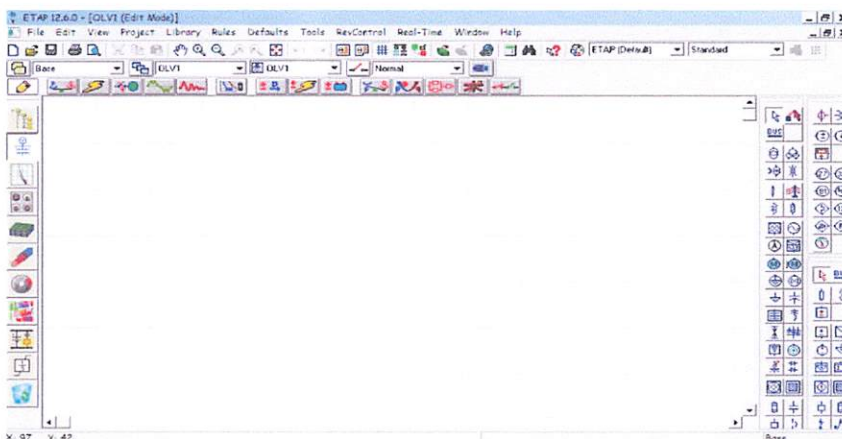
ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. *Software* ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modeling peralatan dan alat – alat pendukung berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data motor, data kabel, dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektris yang khusus dan

saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap *plant* harus menyediakan *data base* untuk keperluan itu.

ETAP Power Station dapat digunakan untuk menggambarkan *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), *motor starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah: (D.William, and Jr.Stevenson, 1990)

- **One line diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail dan lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- **Standart**, biasanya mengacu pada standart *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
- **Data**, kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisa akan sangat membantu hasil simulasi/analisa dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.



Gambar 3.1

Tampilan Utama *Software ETAP Power Station*

Sumber : Software ETAP Powe Station

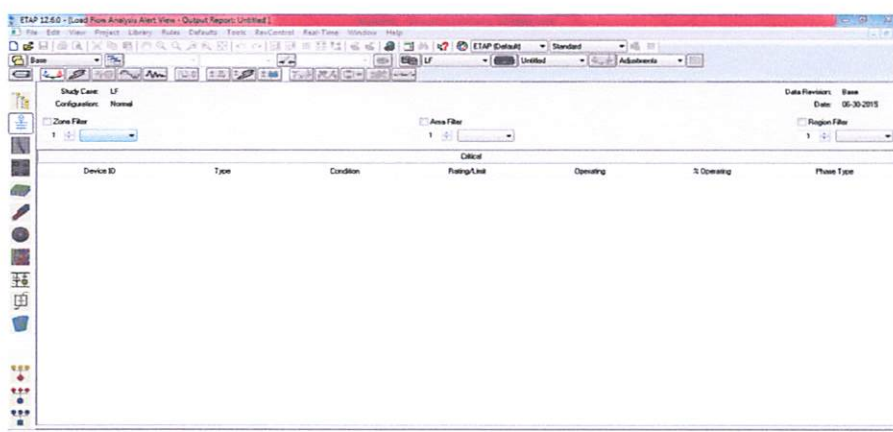
3.3 Load Flow Analysis

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknik yang sudah ditetapkan sebelumnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik jaringan (D. William, and Jr. Stevenson, 1990).

Tujuan dari analisa aliran daya adalah sebagai berikut :

1. Mencari daya reaktif dan sudut fasa tegangan δ dari generator.
2. Untuk mendapatkan nilai daya aktif dan daya reaktif pada bus.
3. Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas – batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya.
4. Untuk mengetahui kondisi awal pada sistem.
5. Untuk mengetahui daya yang mengalir di setiap saluran jaringan tenaga listrik.
6. Untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus.

Load flow dapat dikatakan sudah baik apabila tidak terdapat lagi error di dalamnya. Jika terdapat error maka akan terdapat report yang menunjukkan lokasi error yang disebabkan oleh beberapa hal seperti penempatan trafo yang terbalik atau penginputan parameter yang belum sesuai.



Gambar 3.2

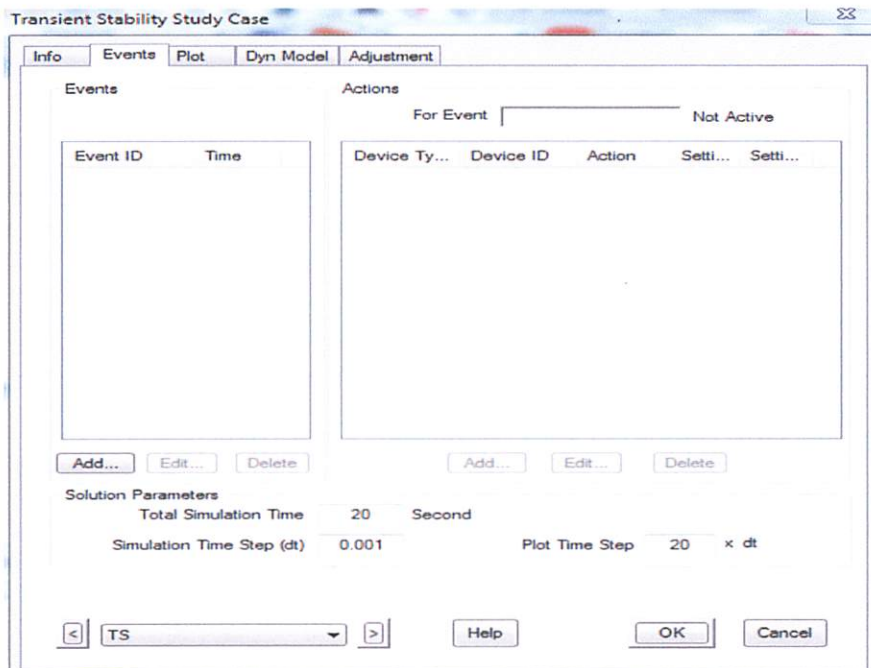
Report yang menunjukkan tidak terdapat error pada *load flow*

Sumber: ETAP Power Station

3.4 Transient Stability Analysis

Program *Transient Stability Analysis Power Station* digunakan untuk menyelidiki batas kestabilan sistem tenaga sebelum, selama dan setelah terdapat perubahan sistem atau terdapat gangguan. Program ini memodelkan karakteristik dinamis dan sistem tenaga, menerapkan events dan tindakan yang diinginkan *user*, menyelesaikan persamaan sistem dan persamaan turunan mesin untuk mengetahui respon sistem dan mesin dalam daerah waktu. Dari respon ini *user* dapat menentukan sifat *transient* sistem, membuat perkiraan kestabilan, men-setting peralatan pengaman dan melakukan perbaikan stabilitas sistem.

Keandalan dinamis sangat penting dalam mendesain dan mengoperasikan sistem tenaga. *Transient Stability Analysis* memberikan sudut daya mesin dan simpangan kecepatan, frekuensi sistem, aliran daya aktif dan reaktif dari mesin, aliran daya saluran dan transformator serta level tegangan dari bus dalam sistem. Hasilnya akan ditampilkan pada one-line diagram dan dapat diprint atau diplot. Untuk *Transient Stability Analysis* diperlukan model berbagai grup mesin dalam sistem yang memiliki pengaruh penting dalam operasi sistem tenaga.



Gambar 3.3

Transient Stability Study Case

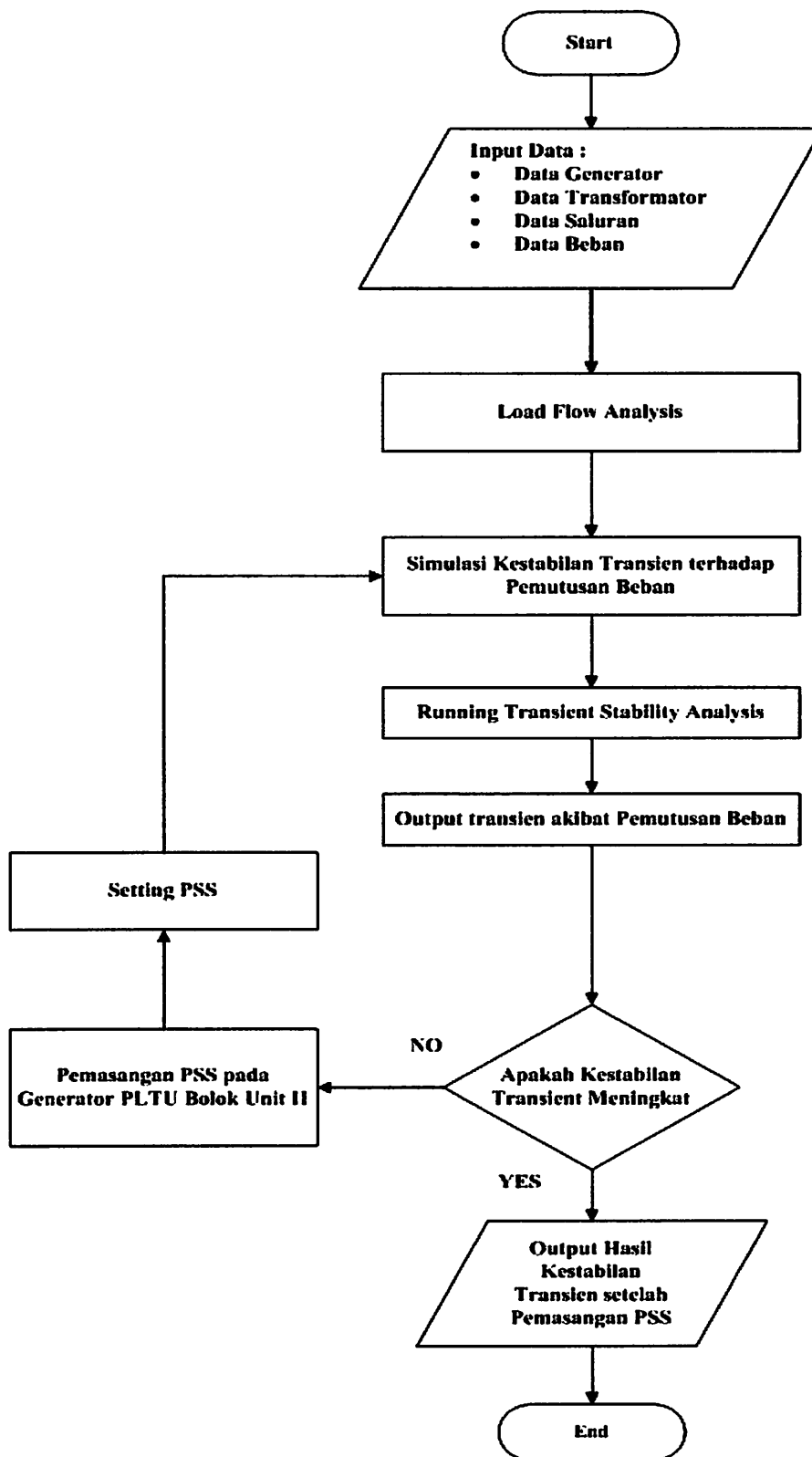
Sumber : ETAP Power Station

Pada *Transient Stability Study Case* diinputkan setting waktu dan jenis penyebab timbulnya kondisi *transient*.

3.5 Algoritma Simulasi pada software *ETAP POWER STATION*

1. Start
2. Pengumpulan data yang diambil di PT.PLN Kuanino Kupang pada saat melakukan penelitian
3. Membuat pemodelan single line diagram sistem 70 kV Kupang pada software *ETAP Power Station*
4. Memasukan semua data yang telah diperoleh ke dalam *single line* yang telah digambarkan pada *ETAP Power Station*
5. Menjalankan program (*load flow*)
6. Melihat apakah ada kesalahan yang terjadi setelah program *load flow* dijalankan
7. Mensimulasikan pemutusan beban (*load switching*) pada sistem.
8. Menjalankan program *Transient Stability Analysis* untuk melihat performa generator dan bagaimana kondisi *transient* yang muncul.
9. Memasang *PSS (Power System Stabilizer)* pada generator yang tepat.
10. Menganalisis stabilitas transien sebelum & sesudah pemasangan *PSS*.
11. Menentukan apakah setingan *PSS* itu sudah benar, ataukah perlu diseting ulang
12. Kesimpulan dari pengujian yang dilakukan
13. Selesai

3.6 Flowchart (Desain Sistem)



Gambar 3.4
Flowchart

BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1 Data – data yang dikumpulkan

4.1.1 Data Generator

- **Generator PLTU Bolok**

Tabel 4.1 : Spesifikasi Generator PLTU Bolok Unit 1 & 2

Kapasitas	16.5 MW
Tegangan	10.5 kV
Arus	1037 A
Putaran	3000 rpm
Faktor Kerja	0.85 delay
Jumlah kutub	2
Hubungan	Y (Bintang)

Sumber : PT. PLN Kupang

Generator yang digunakan untuk analisis kestabilan transien pada sistem 70 kV Timor adalah jenis generator dengan pemanfaatan Uap atau PLTU sebanyak 2 unit dengan kapasitas 16.5 MW, tegangan 10.5 kV dan kecepatan rotor 3000 rpm seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

4.1.2 Data Trafo

- **Transformator PLTU Bolok**

Tabel 4.2 : Transformator Step Up & Step Down

Step Up	
Kapasitas	20 MVA
Tegangan	10.5 / 70 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	8.50%
Frekuensi	50 Hz
Step Down	
Kapasitas	30 MVA
Tegangan	70 / 20 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	8.50%
Frekuensi	50 Hz

Sumber : PT. PLN Kupang

- **Transformator PLTD Tenau**

Tabel 4.3 : Trafo Mesin Mitsubishi Unit 1,2, dan 3

Kapasitas	6500 KVA
Frekuensi	50 Hz
Phase	3 Phase
Tegangan Nominal	0.4 / 20 kV
Impedansi	8%

Sumber : PT. PLN Kupang

4.1.3 Data Saluran

Tegangan	: 70 kV
Panjang	: 14.373 km
Tinggi	: 88.58 ft
Type	: Vertikal
Jarak antar konduktor	: AB = 14.76 ft, BC = 14.76 ft, AC = 29.52 ft
Ground Wire	: 2
GMD	: 18.596 ft

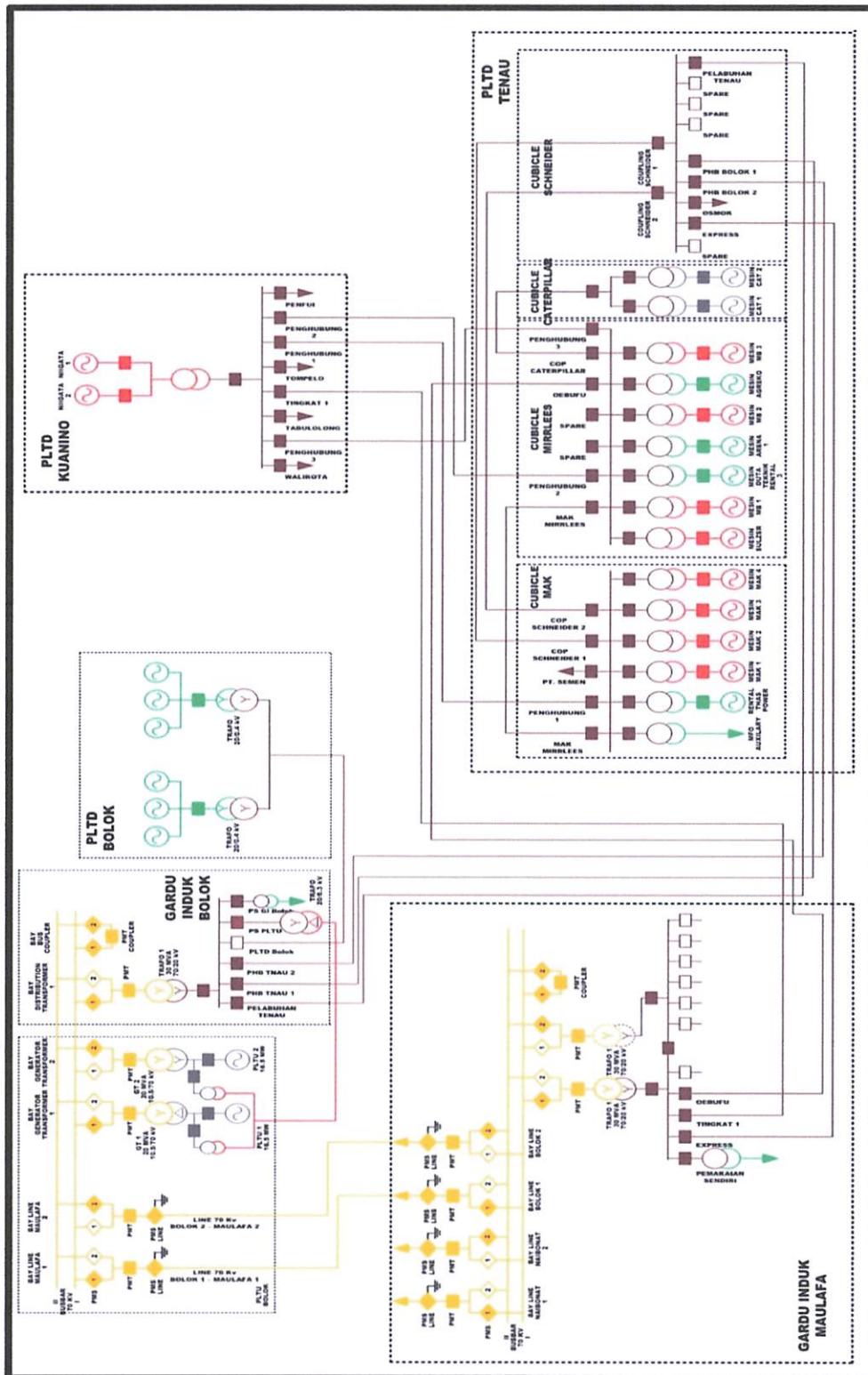
4.1.4 Data Beban

Tabel 4.4 : Total Pengukuran Beban

WILAYAH	BEBAN (KVA)	KW
EXPRESS	49.7	42.245
OSMOK	1100	935
PELABUHAN TENAU	81	68.85
OEBUFU	80	68
PT. SEMEN	478	440
PS GI MAULafa	12.9	11.4
PS GI BOLOK	68.9	65
WALIKOTA	1878	1596
TABULOLONG	172	146
PENFUI	3052	2594
TOMPELO	178	151
TOTAL	7150.5	6117.495

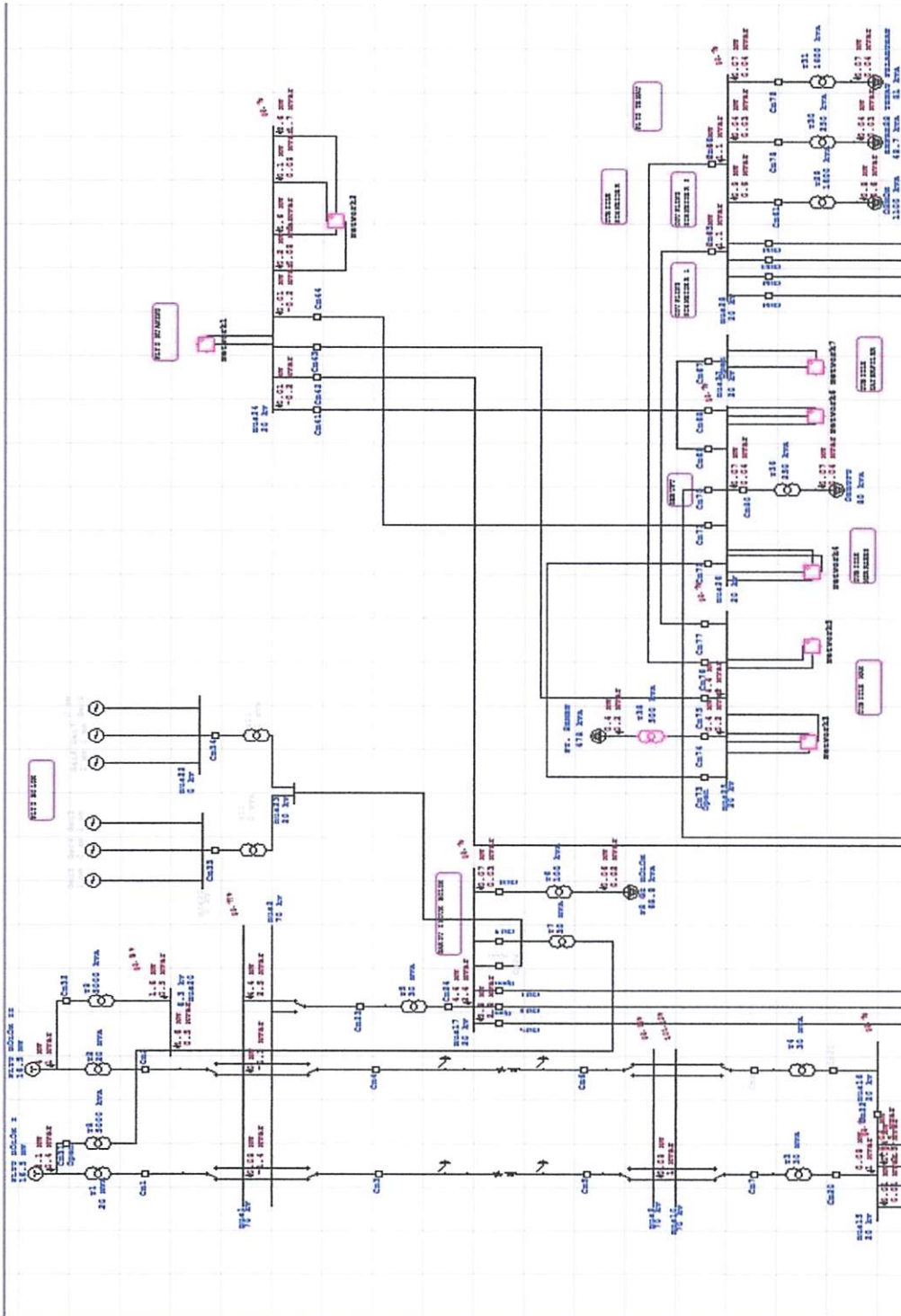
Sumber : PT. PLN Kupang

4.1.5 Single Line Diagram



Gambar 4.1
 Single Line Diagram
 Sumber : PT. PLN Kupang

4.2 Simulasi pada ETAP POWER STATION



Gambar 4.2

Single Line Sistem 70 kV Timor pada ETAP Power Station

Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.0H	Date:	07-09-2015
Contract:		SN:	
Engineer:		Revision:	Base
Filename: EfredSkripsi	Study Case: LF	Config:	Normal

Electrical Transient Analyzer Program

Load Flow Analysis

Loading Category (1): Design
 Generation Category (1): Design
 Load Diversity Factor: None

	Swing	V-Control	Load	Total
Number of Buses:	1	1	30	32

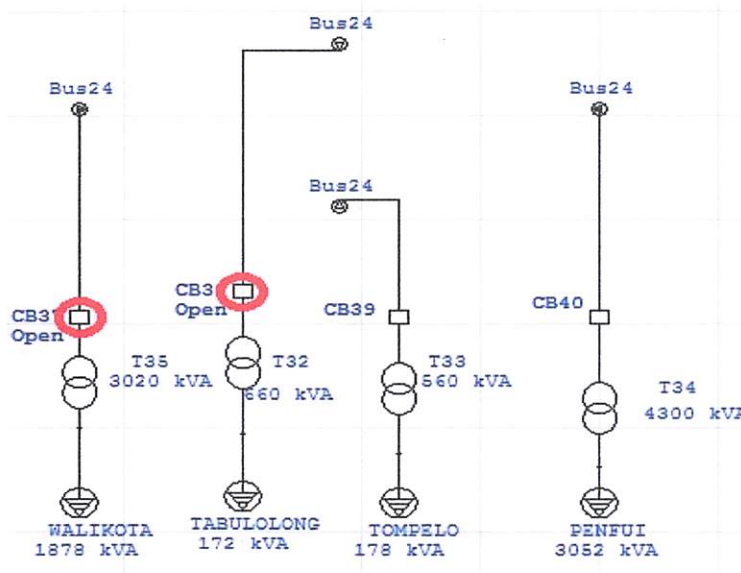
Gambar 4.3

Total bus yang terpakai untuk analisa aliran daya

Dari total jumlah bus yaitu 54 bus, yang digunakan untuk analisa berjumlah 32 bus. Bus tersebut meliputi 2 bus di sisi pembangkit dan 30 bus di sisi beban.

4.2.1 Simulasi Pemutusan Beban

Dalam menjalankan program *Transient Stability Analysis* pada *ETAP POWER STATION* dipilih penyulang Kuanino sebagai fokus analisa dimana pada penyulang tersebut terdapat beban yang paling besar dibanding penyulang yang lain. Dalam sistem yang sudah digambar pada *ETAP* disimulasikan pemutusan beban atau *load switching* pada penyulang Walikota dan penyulang Tabulolong yang terhubung pada Gardu Induk Kuanino.



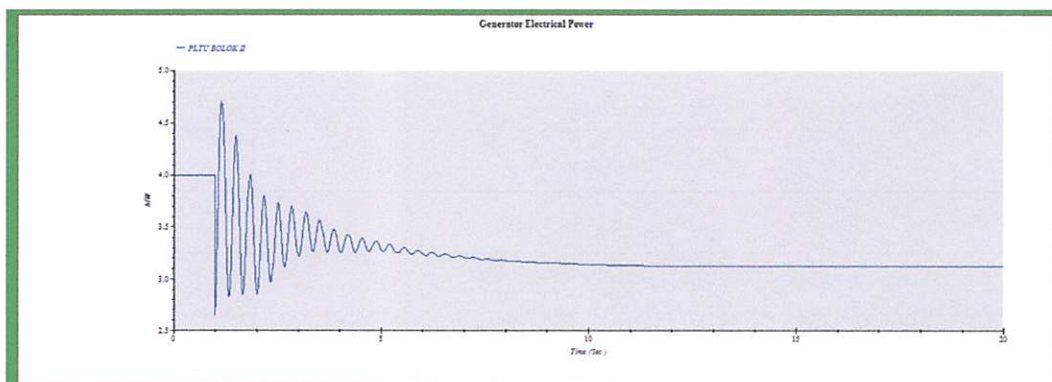
Gambar 4.4

Pemutusan Beban (*load switching*)

Pada sistem, CB 37 yang terhubung pada penyulang Walikota dan CB 38 yang terhubung pada penyulang Tabulolong dikondisikan dalam keadaan *open* pada detik ke-1 sehingga menimbulkan *transient*. Yang menjadi fokus munculnya kondisi *transient* adalah pada Generator PLTU Unit II.

4.2.2 Analisis Stabilitas Transien sebelum pemasangan PSS

Hasil Simulasi *Transient Stability Analysis* terhadap *Load Switching*



Gambar 4.5

Daya Aktif pada Generator Unit 2 PLTU BOLOK sebelum pemasangan PSS

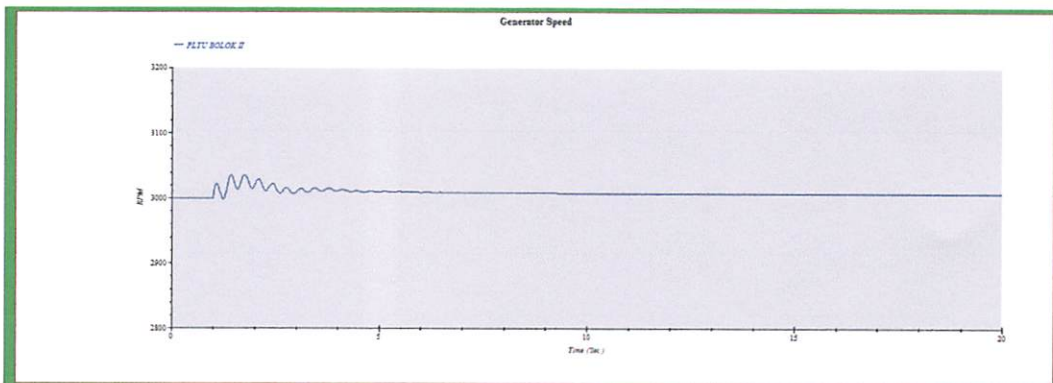
Gambar 4.5 menunjukkan adanya perubahan suplai daya setelah pemutusan beban dan memasuki kondisi peralihan dengan selang waktu selama 10 detik

dimana sumbu X menunjukkan waktu (detik) dan sumbu Y menunjukkan besar daya aktif (MW).

Tabel 4.5 : *Output Waktu Transient*

X	Y
11.34	3.13
11.36	3.13
11.38	3.13
11.4	3.129
11.42	3.129
11.44	3.129
11.46	3.129
11.48	3.129
11.5	3.129

Kondisi peralihan (*Transient*) timbul pada detik ke-1 saat terputusnya beban dari sistem dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-11 seperti yang ditunjukkan tabel 4.5.



Gambar 4.6

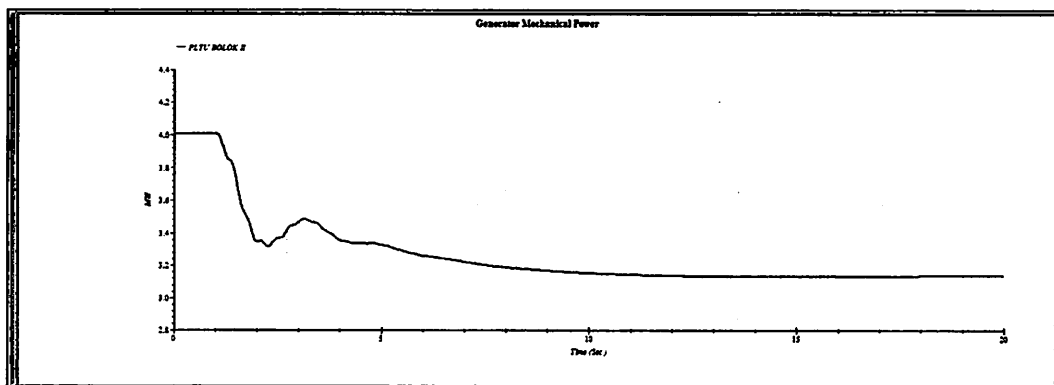
Rotor Speed pada Generator Unit 2 PLTU BOLOK sebelum pemasangan *PSS*

Gambar 4.6 menunjukkan adanya perubahan kecepatan rotor pada Generator unit 2 setelah pemutusan beban dimana sumbu X menunjukkan waktu (detik) dan sumbu Y menunjukkan kecepatan rotor (rpm). Selang waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state* selama 7 detik.

Tabel 4.6 : *Output Waktu Transient*

X	Y
8.901	3008.04
8.921	3008.04
8.941	3008.04
8.961	3007.98
8.981	3007.98
9.001	3007.98
9.021	3007.98
9.041	3007.98
9.061	3007.98

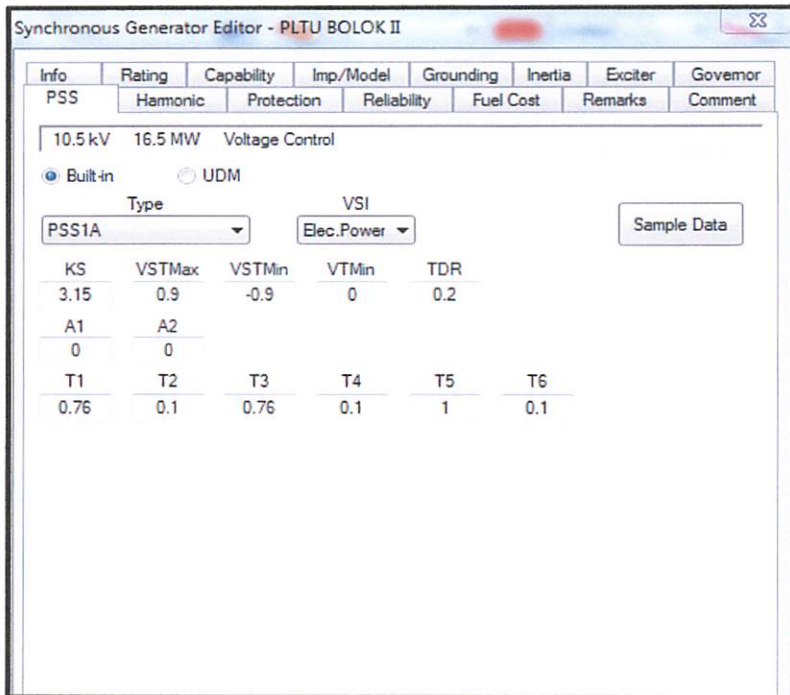
Kondisi Peralihan timbul pada detik ke-1 saat terputusnya beban dari sistem sehingga kecepatan rotor mengalami peningkatan dari 3000 rpm hingga kecepatan maksimal 3036 rpm dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-8 seperti yang ditunjukkan tabel 4.6.



Gambar 4.7

Daya mekanik pada Generator Unit 2 PLTU BOLOK sebelum pemasangan PSS

Gambar 4.7 menunjukkan perubahan pada daya mekanik yang dibangkitkan Generator setelah pemutusan beban dimana sumbu X menunjukkan waktu (detik) dan sumbu Y menunjukkan Daya Mekanik yang dibangkitkan Generator (MW). Kondisi peralihan terjadi dalam selang waktu selama 11 detik.

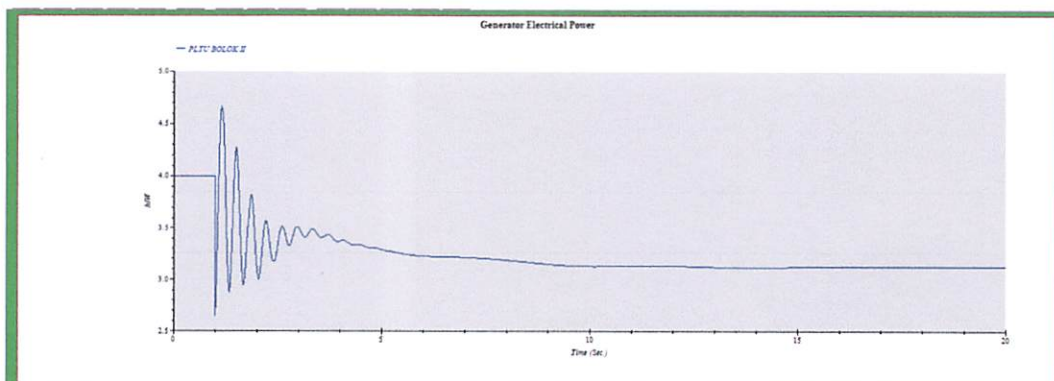


Gambar 4.9

Penginputan parameter *PSS* (*Power System Stabilizer*)

Dalam meningkatkan kestabilan *transient* diperlukan *PSS* yang sesuai karena jika tidak sesuai maka tidak akan menimbulkan perubahan pada kestabilan atau meningkatkan kestabilan *transient*. *PSS* yang digunakan untuk meningkatkan kestabilan *transient* adalah *PSS* tipe PSS1A.

Hasil simulasi setelah menggunakan *PSS* (*Power System Stabilizer*)



Gambar 4.10

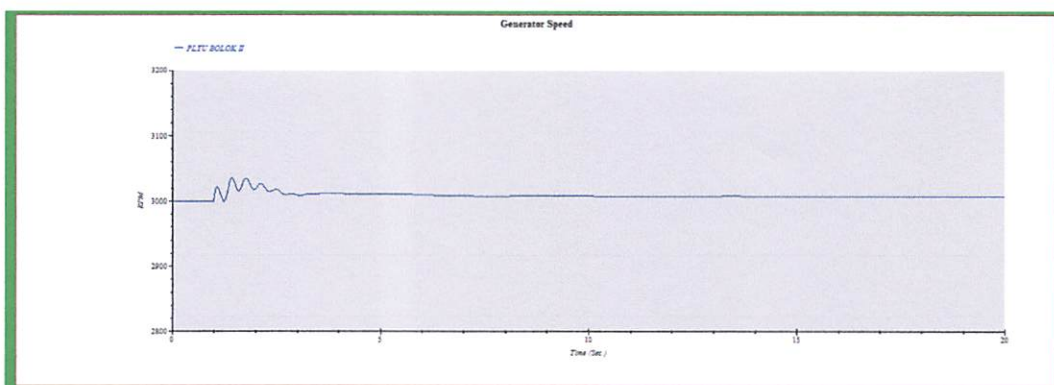
Daya Aktif pada Generator Unit II PLTU BOLOK setelah pemasangan *PSS*

Gambar 4.10 menunjukkan respon daya aktif dimana sumbu X menyatakan waktu (detik) dan sumbu Y menyatakan besar daya aktif (MW). Gambar menunjukkan adanya perubahan suplai daya pada detik ke-1 saat terputusnya beban dari sistem yang mengakibatkan timbulnya *transient*.

Tabel 4.8 : *Output Waktu Transient*

X	Y
7.501	3.202
7.521	3.201
7.541	3.201
7.561	3.2
7.581	3.2
7.601	3.199
7.621	3.199
7.641	3.198
7.661	3.197

Seperti yang ditunjukkan tabel 4.8 kondisi peralihan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-7. Jika dibandingkan dengan *transient stability* pada simulasi sebelumnya dapat dilihat adanya perubahan pada magnitude dan selang waktu terjadinya *transient*.



Gambar 4.11

Rotor Speed pada Generator Unit II PLTU Bolok setelah pemasangan *PSS*

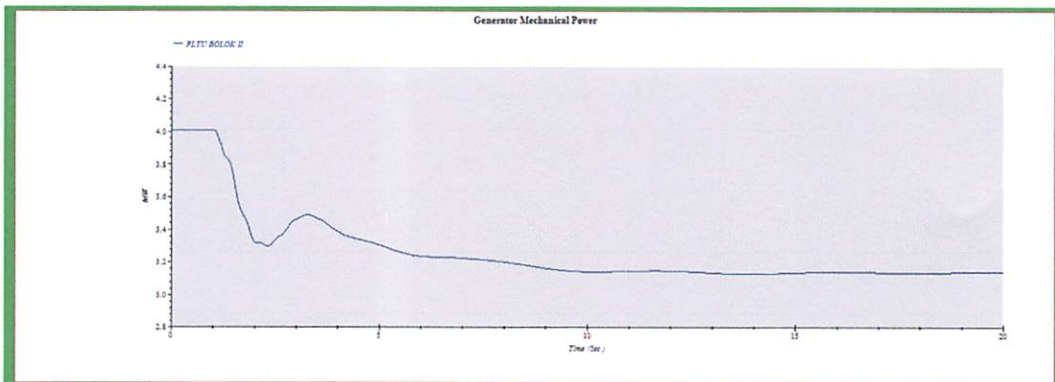
Gambar 4.11 menunjukkan output kecepatan rotor pada Generator dimana sumbu X menyatakan waktu (detik) dan sumbu Y menyatakan kecepatan rotor (rpm). Gambar menunjukkan adanya perubahan dimana kecepatan rotor mengalami

peningkatan hingga mencapai putaran maksimal 3035 rpm setelah pemutusan beban pada detik ke-1.

Tabel 4.9 : *Output Waktu Transient*

X	Y
6.621	3009
6.641	3009
6.661	3008
6.681	3008
6.701	3008
6.721	3008
6.741	3008
6.761	3008
6.781	3008

Pada simulasi pemutusan beban tanpa menggunakan *PSS* dibutuhkan waktu selama 7 detik untuk mencapai kondisi *steady state*, sedangkan setelah dipasang *PSS* terjadi perubahan pada selang waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state* yaitu selama 5 detik.



Gambar 4.12

Daya mekanik pada Generator Unit 2 PLTU BOLOK setelah pemasangan *PSS*

Gambar 4.12 menunjukkan respon daya mekanik yang dibangkitkan generator setelah pemutusan beban dimana sumbu X menyatakan waktu (detik) dan Y menyatakan besar daya mekanik (MW). Gambar menunjukkan timbulnya kondisi peralihan pada daya mekanik yang dibangkitkan pada Generator unit 2 PLTU BOLOK setelah pemasangan *PSS* dalam selang waktu 7 detik.

Tabel 4.10 : *Output Waktu Transient*

X	Y
8.041	3.201
8.061	3.2
8.081	3.2
8.101	3.199
8.121	3.198
8.141	3.198
8.161	3.197
8.181	3.196
8.201	3.195

Seperti yang ditunjukkan tabel 4.10, jika dibandingkan dengan kondisi *transient* sebelum pemasangan *PSS (Power System Stabilizer)*, dapat dilihat perubahan pada lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state*. Yang semula membutuhkan waktu 11 detik, setelah dipasang *PSS* waktu yang dibutuhkan berkurang menjadi 7 detik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan pemanfaatan *Power System Stabilizer* dapat dilihat bahwa *PSS* dapat meningkatkan kestabilan *transient* pada sistem 70 kV Timor. Peningkatan tersebut dapat dilihat dari perubahan lama waktu yang dibutuhkan kondisi peralihan untuk mencapai kondisi *steady state*. Perubahan waktu meliputi :

- Respon daya aktif sebelum pemasangan *PSS* membutuhkan waktu selama 10 detik untuk mencapai kondisi *steady state*, namun setelah pemasangan *PSS* waktu yang dibutuhkan menjadi lebih cepat yaitu selama 6 detik.
- Respon kecepatan rotor sebelum pemasangan *PSS* membutuhkan waktu selama 7 detik untuk mencapai kondisi *steady state*, namun setelah pemasangan *PSS* waktu yang dibutuhkan menjadi lebih cepat yaitu selama 5 detik.
- Respon daya mekanik sebelum pemasangan *PSS* membutuhkan waktu selama 11 detik untuk mencapai kondisi *steady state*, namun setelah pemasangan *PSS* waktu yang dibutuhkan menjadi lebih cepat yaitu selama 7 detik.

5.2 Saran

1. Berdasarkan analisis ini, diharapkan perhatian terhadap kestabilan *transient* lebih ditingkatkan karena pengaruh daripada *transient* itu sendiri menjadi suatu faktor yang sangat penting bagi kestabilan sistem juga mengurangi kerugian yaitu rusaknya peralatan listrik yang disebabkan oleh *transient*.
2. Dengan dimanfaatkannya *PSS (Power System Stabilizer)* pada setiap pembangkit, dapat meningkatkan *transient stability* sehingga menghasilkan listrik dengan kualitas yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Hemant Ahuja “*Transient Stability Analysis of Distribution System with DFIG based Wind Penetration*” Department of Electrical Engineering.
- [2.] Swaroop Kumar “*Transient Stability Analysis of the IEEE 9 Bus Electric Power System*” Department of Electrical Engineering, MANIT Bhopal.
- [3.] <https://kuliahanam.wordpress.com>.
- [4.] Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi, MSEE, MIEE, 2015 “*Materi Pelatihan ETAP Power Station*” National Institute of Technology Malang.
- [5.] Rio Parohon Tua Tambunan “*Analisis Kestabilan Transien dengan Pelepasan Pembangkit dan Beban (Generation Load Shedding) pada Sistem Jaringan Distribusi Tragi Sibolga*”
- [6.] Prof.Ir.ONTOSENNO PENANGSANG, M.sc. PhD “*Steady State Stability & Transient with Radial Equivalent Independent (REI) Method*”.
- [7.] Nurul Azizah “*Analisis Stabilitas Transien pada Sistem Kelistrikan Larantuka (NTT) akibat penambahan PLTU 2 X 4 MW pada tahun 2013*”
- [8.] Aryawa Prasada Suroso “*Stabilitas Transien pada Sistem Kelistrikan PT. Chandra Asri akibat Integrasi PLN*”

LAMPIRAN



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1), telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Efredner Imanuel Pellokila
NIM : 11.12.025
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 KV TIMOR AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1	Penguji I	27/08/2015	1. Penambahan point pada batasan masalah 2. Kesimpulan dicantumkan pada abstrak	
2	Penguji II	27/08/2015	1. Penambahan lampiran PSS	

Disetujui :

Dosen Penguji I

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

Dosen Penguji II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. 1028400082

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001

Dosen Pembimbing II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190

REKAP BEBAN PENYULANG APRIL 2015

TANGGAL	PENYULANG PLTD TENAU (A)				PENYULANG PLTD KUJANG (A)				PENYULANG PLTD BATUPLAT				GI MAJALAPA (A)				GI BOLOK (A)		
	PEL TENAU	OSMOK	DEBUJU	FABULONON	FT. SEMEN	UJANG KOTI	BOLOK 1	BOLOK 2	TINGKAT 1	PERFUI	WAIKOTA	BATUPLAT	TOMPELO	EXPRESS	TINGKAT 1	OEBUJU	H.SIKUMAN	TENAU 1	TENAU 2
1-Apr-15	45	60	137	2	195	147	126	130	0	207	208	36	176	237	120	0	45	124	126
2-Apr-15	46	62	130	2	197	134	98	102	0	200	139	35	161	232	115	0	43	99	100
3-Apr-15	38	57	135	2	198	122	113	116	0	198	130	36	174	233	110	0	39	109	110
4-Apr-15	38	59	125	2	103	129	124	127	0	198	127	35	223	228	110	0	42	96	97
5-Apr-15	42	58	132	2	104	130	113	118	0	201	125	35	144	233	114	0	40	112	114
6-Apr-15	39	62	131	2	108	133	98	102	0	204	157	34	158	228	118	0	40	98	99
7-Apr-15	46	62	136	2	116	138	87	92	0	221	155	37	165	191	123	0	42	96	96
8-Apr-15	46	61	122	2	114	142	86	90	0	226	164	33	168	245	107	0	39	89	90
9-Apr-15	45	65	134	2	108	145	84	87	0	219	165	36	177	219	121	0	43	84	87
10-Apr-15	45	61	148	2	187	146	84	88	0	204	159	36	174	240	107	0	43	84	87
11-Apr-15	42	62	154	2	198	129	118	125	0	193	210	35	153	236	119	0	43	120	123
12-Apr-15	44	62	155	2	199	97	101	104	0	187	201	36	151	235	117	0	43	101	103
13-Apr-15	47	62	154	2	193	93	80	82	0	205	222	36	176	249	122	0	45	106	109
14-Apr-15	45	65	157	2	119	88	88	92	0	220	225	36	171	251	121	0	44	93	95
15-Apr-15	47	63	156	2	115	98	95	89	0	203	223	36	170	207	121	0	41	99	101
16-Apr-15	44	63	160	2	191	89	86	89	0	211	230	36	171	249	108	0	44	84	86
17-Apr-15	43	58	152	2	194	92	117	125	0	192	211	35	150	249	117	0	44	130	129
18-Apr-15	42	68	157	2	195	80	87	91	0	180	232	35	150	238	116	0	45	105	87
19-Apr-15	42	58	149	2	119	73	119	123	0	180	213	35	130	233	114	0	43	117	119
20-Apr-15	47	64	159	2	115	89	79	83	0	201	235	35	169	243	123	0	42	81	84
21-Apr-15	44	63	152	2	109	86	91	96	0	194	235	35	163	237	116	0	44	93	95
22-Apr-15	46	62	152	2	193	86	164	171	0	197	236	39	167	248	120	0	44	162	169
23-Apr-15	44	64	155	2	134	142	114	117	0	193	181	35	155	230	120	0	43	112	119
24-Apr-15	45	61	151	2	111	140	77	80	0	191	173	34	153	239	116	0	43	76	76
25-Apr-15	39	60	164	2	109	140	140	145	0	184	158	35	152	215	111	0	43	144	149
26-Apr-15	39	54	144	2	94	114	104	109	0	170	149	33	145	229	110	0	43	105	106
27-Apr-15	44	59	151	2	97	141	91	94	0	184	172	34	169	248	117	0	44	87	89
28-Apr-15	46	57	152	2	98	136	86	90	0	191	174	35	162	246	118	0	44	85	90
29-Apr-15	44	48	152	2	40	143	174	111	0	191	178	35	163	232	116	0	44	105	107
30-Apr-15	42	60	152	2	85	136	119	124	0	191	179	34	167	222	118	0	42	120	122
MAX	47	68	164	2	199	147	174	171	0	226	236	39	223	251	123	0	45	162	169



Kupang, April 2015

Koordinator Dispatch Kupang

Jeffry Immanuel



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

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

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-171/EL-FTI/2015
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Tanggal, 28 Mei 2015

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **EFREDNER IMANUEL PELLOKILA**
Nim : **1112025**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

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

“Semester Genap Tahun Akademik Genap 2014 - 2015”

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-171/EL-FTI/2015

Tanggal, 28 Mei 2015

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Choirul Saleh, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **EFREDNER IMANUEL PELLOKILA**
Nim : **1112025**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

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

“ Semester Genap Tahun Akademik Genap 2014 - 2015 “

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui


Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik




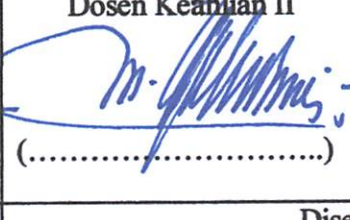
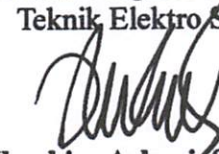
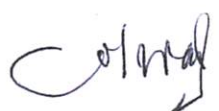

Tanggal :

1.	NIM	1112025
2.	Nama	Efredner Immanuel Elloh
3.	Judul yang diajukan	A
4.	Disetujui/Ditolak	
5.	Catatan: <i>seharusnya judul : Analisis Kestabilan Transien pada Sistem Transmisi 150 KV Bali menggunakan PSAT</i>	
6.	Pembimbing yang diusulkan:	
	1.	<i>Dr Eng I Mado Wulha, MT</i> ✓
	2.	<i>Ir Djomal Saib MT</i> ✓
Menyetujui		
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian		
		
2. Dosen Kelompok Keahlian (Terlampir)		

* : Coret yang tidak perlu



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

1.	Nim	: 1112025		
2.	Nama	: EFREDNER IMANUEL PELLOKILA		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	16 April 2015	09:00	III.1.4	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 150 KV BALI MENGGUNAKAN PSAT		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 KV TIMOR AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP		
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	 (.....)	 (.....)	(.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Pembimbing I	Pembimbing II		
	 (.....)	 (.....)		



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nim : 1112025
Nama : Efredner Imanuel Pellokila
Masa Bimbingan :
Judul :

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	27/05/2015	Klarifikasi Data Real	alw
2	07/07/2015	* Indikator Load Flow bahwa bagaimana	} ab
3		sistem yang baik ?	
4		* Teori Load Switching	
5		* Flowchart	
6		* Jumlah Bus (sistem TIMOR) & yang	
7		dianalisa (jumlah Bus)	
8	25/07/2015	• Penambahan gbr. simulasi pelepasan beban	} alw
9		• kegunaan generator yg. digunakan untuk	
10		analisa transient stability, penjelasan grafik	

Malang,
Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Raya Karanglo, Kra. 2 MALANG

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

alam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik/
Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : E Fredner Immanuel
IM : 1112025
Perbaikan Meliputi :

1. P44 susun keampiran.

Malang,.....20

(.....)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Raya Karanglo, Km. 2 MALANG

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,
Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : EPREDNER IMANUEL-P

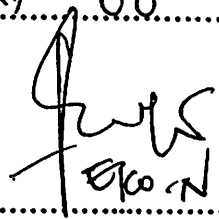
NIM : 1112 025

Perbaikan Meliputi :

- Tambahkan pada batasan Masalah yg dibahas.

+ Cambahkan krl kesimpulan pada ABSTRAK

Malang, 27-08-2015


(.....)

Lembar Persembahan

"GOD IS GOOD ALL THE TIME – ALL THE TIME IS GOOD"

**SKRIPSI ini dan gelar Sarjana Teknik ini kupersembahkan
hanya bagiMu Tuhan Yesus.**

Segala Puji Syukur hanya bagiMu Tuhanku atas segala penyertaanMu yang begitu besar dan ajaib sepanjang hidupku. KasihMu yang begitu dalam tiada taranya selalu menguatkanmu, menemaniku baik di saat ku bersukacita maupun saat ku jatuh terpuruk dalam kesedihan dan penderitaan...

Terima Kasih banyak Tuhan Yesus.

Terima Kasih yang sebesar – besarnya secara khusus untuk Papa dan Mamaku tersayang yang selalu mendukungku dalam situasi seperti apapun, selalu mendoakan ku dan menecurkan air mata untuk ku dan masa depanku.

Tidak ada kata yang dapat mengungkapkan betapa ku sangat menyayangi dan mencintai Papa dan Mama. Tidak ada satupun di dunia ini yang dapat menggantikan posisi Papa dan Mama dalam hidupku.

Tuhan Yesus Memberkati Papa dan Mama selalu.

Kaka sangat menyayangi dan mencintai Papa dan Mama..

Terima Kasih juga buat adik – adik ku tercinta Axel dan Putri yang selalu memberikan semangat dan doa selama ini.

Kalian takkan terganti..

I Love You My Bro & My Sister..

Tuhan Yesus Memberkati kalian selalu.

Terima Kasih untukmu kekasihku yang sudah setia mencintaiku dan menemaniku selama ini khususnya selama proses pengerjaan skripsi ini. Terima Kasih Sayang atas segala bantuanmu, doamu dan cintamu bagiku.

Terima Kasih Sayang sudah mau sabar menghadapiku selama ini. Maaf Sayangku, terkadang sayang menjadi pelampiasan amarahku di saat ku stress dan menjadi tempat curahan hatiku di saat ku sedih karena menemui titik buntu..

I Love You so Much My Love..

Tuhan Yesus Memberkati sayang selalu...

Terima Kasih buat PMK ITN Malang yang sudah menjadi keluarga kedua ku di Malang tempat ku bertumbuh mengenal Tuhan Yesus lebih dalam & belajar menjadi pribadi yang lebih baik bagi sekitar ku untuk kemuliaan nama Nya. Tidak lupa juga buat saudara – saudari ku di dalam nya, adik – adik ku yang ganteng dan cantik.

Tuhan Yesus Memberkati kalian selalu.

Terima Kasih untuk abang David beserta keluarganya yang sudah tulus mau mendoakan saya dan menjadi kakak yang baik bagi saya selama ini.

Tuhan Yesus Memberkati bang David keluarganya.

Terima Kasih sebesar – besarnya bagi Bapak Dr. Eng. Ir. I Made Wartana & Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku dosen pembimbing skripsi saya yang sudah membimbing saya sejak proses awal saya menempuh skripsi hingga akhirnya selesai.

Terima Kasih bagi Bapak – Bapak dan Ibu - Ibu dosen jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang yang sudah mengajarkan banyak hal baik bagi saya selama 4 tahun saya menempuh kuliah.

Saya tidak akan melupakan jasa Bapak dosen dan Ibu dosen selalu.

Terima Kasih buat teman – temanku seperjuangan Claudio, Andy, Ansel, Alex, Finus, Kaka Ronald, Kaka Ricardo, Ferdy, Tri yang selalu menemaniku selama masa perjuangan, banyak tawa & canda yang sudah mewarnai hari – hari kita saat berjuang bersama khususnya saat kita berbagi kesedihan, kesenangan, apalagi saat kita makan mie kuah dan beristirahat bersama bahkan begadang setiap hari dengan bertemanan susu putih.

Terima Kasih teman – teman ku.

Aku tidak akan melupakan kalian.

Tuhan Yesus; Memberkati Kalian Semua.

Terima Kasih untuk ITN Malang tempat ku menempuh pendidikan, merasakan berbagai macam pengalaman, bertemu teman – teman baru, keluarga baru dan bertemu pasangan hidup. Begitu banyak cerita yang ku alami di kampusku ITN Malang tercinta.

Banyak kenangan yang tercipta bagiku di kampus ini.

Ku tidak akan melupakan mu Kampusku.

Jaya Selamanya ITN Malang.

**AKHIR KATA, KU MAMPUSKAN SEMUA HATI HATI
NYA DALAM HIDUP ITU SEMUA DIPANJANGKAN
SEKUTAN KU, TETAPI KARENA TUHAN YESUS**

W A B R P C O M M U N I T Y S C O L L E G E

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di kota Kupang pada tanggal 12 Juni 1993, dari ayah yang bernama Nutje Alberth Pellokila dan ibu Defency Oktaviana Pellokila - Dethan. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, Penulis memulai pendidikan pada tahun 1999 di SDK St. Yoseph 3 Kupang. Pada tahun 2005 penulis menempuh pendidikan di SMPK Sta. Theresia Kupang, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Kristen Mercusuar Kupang bidang studi ilmu sosial mulai tahun 2008 dan lulus tahun 2011, 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 di wisuda tanggal 26 September 2015, dengan judul skripsi: " Analisis Kestabilan Transient pada Sistem 70 kV Timor akibat Load Switching menggunakan ETAP Power Station) ".