

**ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM
70 KV AKIBAT LOAD SWITCHING
MENGUNAKAN ETAP POWER STATION**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
BAMBANG SUNARDIONO
12.12.017**

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

LEMBAR PERSETUJUAN

**“ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70KV AKIBAT
LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION**

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

**Bambang Sunardiono
NIM. 1212017**

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


**IR. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209**


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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


**M. Jorahim Ashari, ST, MT.
NIP.P. 1030100358**

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

2016

Abstrak

Kebutuhan beban listrik yang terus meningkat seiring perkembangan pertumbuhan penduduk, industri dan ekonomi, maka harus diimbangi dengan kontinuitas pelayanan listrik kepada pelanggan. Banyak kendala-kendala untuk mendapatkan kontinuitas penyaluran listrik secara maksimal. Salah satu kendalanya adalah gangguan hubung singkat (simetris), adanya gangguan hubung singkat (simetris) akan berpengaruh pada stabilitas transient generator. Untuk meningkatkan stabilitas transient generator pada saat gangguan hubung singkat maka diperlukan PowerSystem Stabilizer(PSS). PSS salah satu perangkat penambah kestabilan yang ditambahkan pada sistem eksitasi generator. Dengan memberikan suatu sinyal stabilitas bantu ke sistem eksitasi untuk menambah torsi redaman pada generator. Untuk mensimulasikan atau memodelkan implementasi PSS pada jaringan sistem 70 kV singguruh menggunakan bantuan software ETAP Power Station. Dari hasil simulasi, pada saat tidak ada gangguan generator akan stabil dan apabila terjadi gangguan simetris steady state daya aktif pada detik 1, steady state kecepatan rotor pada detik 1,2. steady statesudut fasa pada detik 1,5. Setelah Pemasangan PSS steady state daya aktif akan lebih cepat menjadi 0,9 detik, steady state kecepatan rotor akan lebih cepat menjadi 1 detik steady state sudut fasa akan lebih cepat menjadi 1,2 detik.

Kata kunci :ETAP Power Station,(penyambungan dan pemutus beban) 70 kv Singguruh, PowerSystem Stabilizer(PSS).

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70KV AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Program Studi 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. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H.Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Teguh Herbasuki, MTselaku Dosen Pembimbing 1.
5. Bambang Prio Hartono ST,MT selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Prof. Dr. Eng. Ir Abraham Lomi, MSEE. selaku Kepala Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik
7. Kedua orang tua dan teman-teman yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi.

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

Malang, 10 Agustus 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

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	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Kestabilan Transient.....	6
2.2.1 Hal – hal yang Mempengaruhi Kestabilan Sistem	7
2.2.2 Transient.....	9
2.2.3 Pengaruh Transient terhadap Kualitas Daya	13
2.2.4 Pengaruh Transient Pada Sistem Tegangan	14
2.2.5 Pengaruh Transient pada Transformator	16
2.2.6 Perbedaan Stabil dan Steady State	16
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Metode yang Digunakan	18
3.2 Software ETAP Power Station.....	18
3.3 Load Flow Analysis	20
3.3.1 Klasifikasi Bus	21

3.3.2 Metode Newton Rhapson	22
3.4 Transient Stability Analysis	24
3.5 Algoritma Simulasi pada software ETAP POWER STATION	24
3.6 Flowchart (Desain Sistem)	26
3.7 Perencanaan Simulasi Menggunakan ETAP Power Station	27
1. Menggambar Single Line Diagram di <i>ETAP Power Station</i>	27
2. Input data Generator	28
3. Input data Transformator (Step Up).....	29
4. Input Rating Transformator (Step Down).....	30
5. Input Data Saluran	31
6. Input data Beban	32
7. Transient Stability Study Case.....	33

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1 Data – data yang dikumpulkan	34
4.1.1 Data Generator.....	34
4.1.2 Single Line Diagram	
4.2 Simulasi pada <i>ETAP POWER STATION</i>	37
4.2.1 PemanfaatanPSS (<i>Power System Stabilizer</i>).....	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Tenaga Listrik.....	1
Gambar 2.2	Kondisi Transien Impulsif.....	9
Gambar 2.3	Impulsive Transient.....	10
Gambar 2.4	Oscillatory Transient.....	12
Gambar 3.1	Tampilan Utama Software ETAP Power Station.....	20
Gambar 3.2	Report yang menunjukkan tidak terdapat error pada loadflow	22
Gambar 3.3	Flowchart.....	26
Gambar 3.4	Single Line Diagram sistem 70 kV sengguruh.....	27
Gambar 3.5	Input Rating Generator.....	28
Gambar 3.6	Input Rating Transformator (Step Up).....	29
Gambar 3.7	Input Rating Transformator (Step Down).....	30
Gambar 3.8	Input Parameter Saluran.....	31
Gambar 3.9	Input data Beban.....	32
Gambar 3.10	Transient Stability Study Case.....	33
Gambar 4.1	Single Line Diagram.....	36
Gambar 4.2	Single Line Sistem 70 kV sengguruh.....	37
Gambar 4.3	Input event penyebab transient (load switching).....	38
Gambar 4.4	Daya Aktif pada Gen PLTA Unit 2.....	40
Gambar 4.5	Rotor Speed.....	40
Gambar 4.6	Grafik Generator pada sudut fasa.....	41
Gambar 4.7	Pemasangan PSS (Power System Stabilizer).....	42
Gambar 4.8	Daya Aktif pada Generator Unit II PLTA Bolok setelah menggunakan PSS.....	43
Gambar 4.9	Kecepatan rotor pada Generator Unit II PLTA Bolok setelah menggunakan PSS.....	44
Gambar 4.10	Grafik Generator pada sudut fasa setelah pemasangan PSS..	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Transient untuk Undervoltage	15
Tabel 4.1	Data Generator.....	34
Tabel 4.2	Sebelum Pasang (PSS) Output Transient Daya Aktif.....	39
Tabel 4.3	Sesudah Pasang (PSS) Output Transient Daya Aktif.....	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakang

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 *transient*, dimana *transient* ini didefinisikan sebagai fenomena naiknya peak tegangan hingga ribuan volt dan terjadi dalam waktu yang sangat singkat. Karena berlangsung dalam tempo yang sangat cepat, maka tidak semua power meter mampu mendeteksi adanya *transient*. Penyebab dari *transient* antara lain *load switching* (penyambungan dan pemutusan beban), *capacitance switching*, *recovery voltage*. Gangguan pada saluran transmisi atau distribusi dapat menyebabkan adanya *transient* pada sistem^[1].

Penurunan tegangan dan kenaikan tegangan secara tiba – tiba dapat mengakibatkan peralatan listrik menjadi gagal atau berhenti beroperasi. Pada sistem 70 kV, sering terjadi penurunan tegangan sesaat 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. lita transient pada sistem 70 kV Sengguruh pada saat terjadi gangguan simetris dengan menerapkan *metode Konsep Power System Stabilizer (PSS)* untuk menjaga kestabilan sistem tenaga listrik dan digunakan di beberapa negara semenjak 1960an. PSS salah satu perangkat penambah kestabilan yang ditambahkan pada sistem eksitasi generator. Dengan memberikan suatu sinyal stabilitas bantu ke sistem eksitasi untuk menambah torsi redaman pada generator. Sistem eksitasi hanya akan

hanya akan mengendalikan daya reaktif saja untuk mempertahankan tegangan, daya, dan frekuensi stabil. Dengan adanya *Power System Stabilizer(PSS)* dapat meningkatkan kestabilan transient sistem 70 kV Sengguruh. Pada penelitian terdahulu^[2],

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana meningkatkan *kestabilan transient* pada sistem 70 KV akibat *Load Switching* sebelum pasang *PSS* dan sesudah pasang *PSS*

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah :

- Untuk Meningkatkan kestabilan transient pada sistem 70kv apabila terjadi *load switching* sebelum pemasangan *PSS* dan sesudah pemasangan *PSS(power system stabilizer)*

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini permasalahan yang dibatasi sebagai berikut :

- Study Case* yang akan dilakukan adalah sistem 70kv.sengguruh
- Analisa stabilitas transient* di lakukan untuk mengetahui pengaruh dan respon kestabilan pada sistem setelah adanya gangguan atau *Load Switching*.
- Tidak membahas penyetelan *relay* pengaman
- Penggambaran single Line diagram dan simulasi di lakukan dengan program *Etap Power Station*
- Tipe PSS* yang digunakan *PSS1A*
- Analisa stabilitas transient* mencakup daya aktif kecepatan *rotor* dan daya mekanik.

1.5 Metodologi Penelitian

1. *Studi literature*

Mencari referensi – referensi teori yang mendukung dalam melakukan simulasi

2. Pengambilan Data

Bantuan data yang digunakan adalah :

- Data kuantitatif yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka – angka di antaranya berupa data *loadflow*, *data generator*, *data trafo*, *data saluran* dan *data beban*.
 - Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini *single line diagram system 70 kv*
3. Pengolahan Data
Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang telah diperoleh apabila data yang diperoleh belum sesuai dengan data yang digunakan untuk simulasi.
 4. Menguji sistem 70kv dan membandingkan *power quality* dari pengaruh *transient* sebelum dan sesudah analisa.
 5. Analisa dan penarikan kesimpulan
Melakukan analisis dari hasil simulasi dan menarik kesimpulan secara keseluruhan dari apa yang dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

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

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 Pengertian keandalan system distribusi dan teori-teori yang mendukung dalam simulasi Kestabilan Transient Pada Sistem 70kv Akibat *Load Switching* Menggunakan Etap Power Station

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini dibahas tentang metode yang digunakan serta *program ETAP Power Station*.

BAB IV : SIMULASI HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi data dan hasil simulasi dari *ETAP Power Station*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

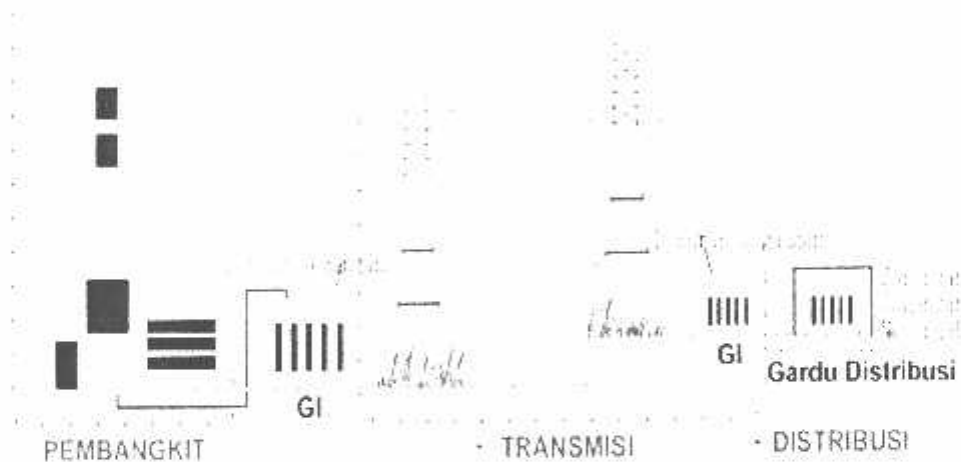
Bab ini berisikan kesimpulan – kesimpulan yang diperoleh dari simulasi serta saran – saran guna menyempurnakan dan mengembangkan *system* lebih lanjut.

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 moderen 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 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1
Sistem Tenaga Listrik

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 sistem tersebut mampu untuk mempertahankan kestabilan saat terjadi kondisi darurat akibat gangguan yang timbul.

2.2 Kestabilan Transient

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 :

$$P = \frac{V_t V^\infty}{X} \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

- 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.

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 ketidak seimbangan antara kebutuhan daya dan suplai beban sehingga dapat menyebabkan ketidak stabilan 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.

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

- 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.

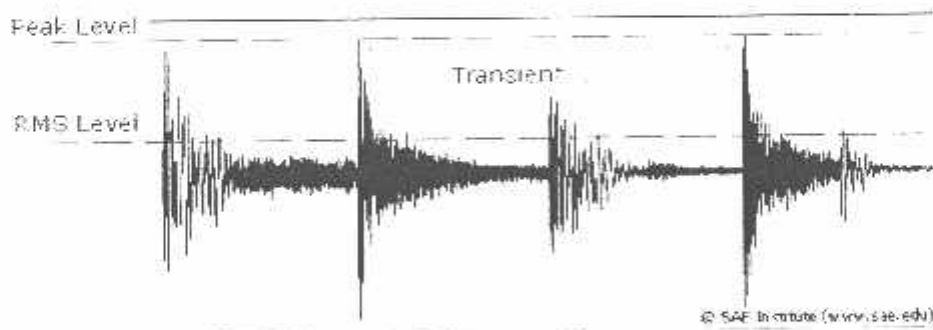
2.2.2 Transient

Transient 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*

Adapun terjadinya *transient* dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2.2

Kondisi Transien Impulsif

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 energi kinetik yang diperoleh saat gangguan.

Gejala *transient* diklasifikasikan menjadi 2 jenis :

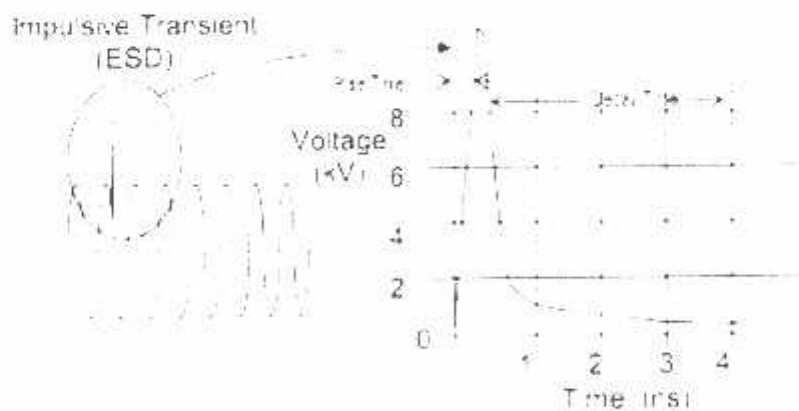
- *Impulsive Transient*

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 2.3 *Impulsive Transient*

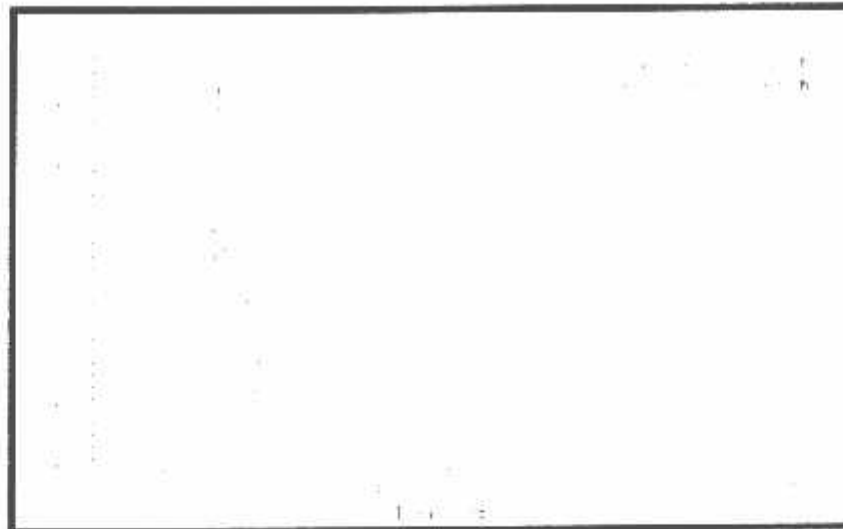
Transien impulsif seringkali ditinjau dari beberapa karakteristik penting yang menunjukkan respon impulsif tersebut, seperti besar respon maksimum (I_{max} atau V_{max}), waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi maksimum dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan *steady state*. Karakteristik 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 2.4

Oscillatory Transient

Dalam bidang ilmu ketenaga listrikan, 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 moderen. 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 *Transient* terhadap Kualitas Daya

Fakta menunjukan 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.

Jika terjadi gangguan pada sistem yang mengakibatkan pembangkit tidak dapat menanggung beban yang melebihi kapasitas yang ada maka untuk mencegah terjadinya *collapse* dilakukan pelepasan 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 penggunanya.

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

$$\text{Kelebihan beban} = \frac{\text{beban-supply generator}}{\text{supply generator}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Kelebihan beban} = \frac{\text{kekurangan pembangkit}}{\text{pembangkitan tersisa}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

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

2.2.4 Pengaruh Transient Pada Sistem Tegangan

Tegangan transient 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* ini 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 kapsitor, 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%

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 Transient 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).

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 J.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 listrik 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 listrik 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*

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.

3.3.1 Klasifikasi 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 .

Dengan melihat parameter di atas, setiap bus dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian :

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 :

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k \times I_k \dots \dots \dots (3.1)$$

atau

$$P_k + jQ_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots \dots \dots (3.2)$$

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

$$P_k - jQ_k - (v_k + j\delta_k) = \sum_{n=1}^N (G_{k11} + jB_{k11})(V_n + j\delta_n) \dots \dots \dots (3.3)$$

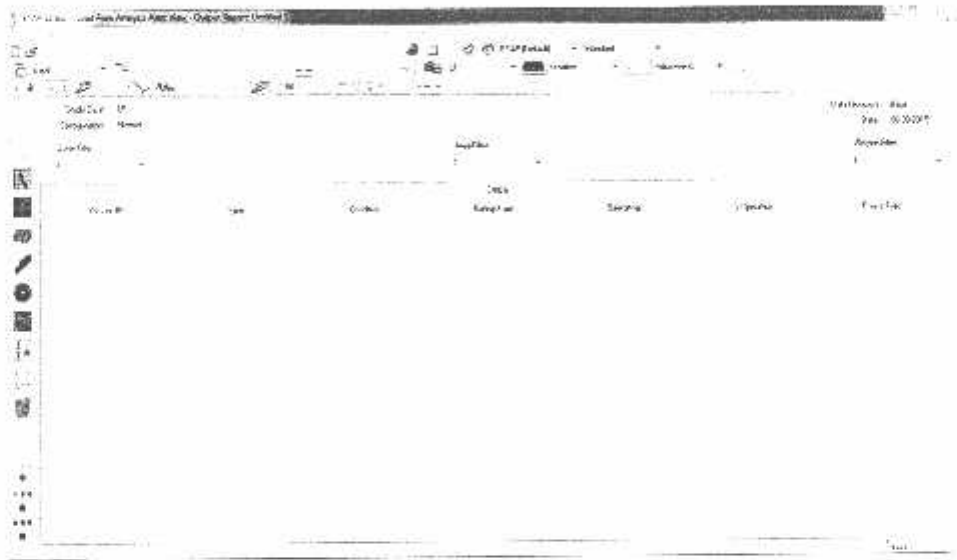
Bila dituliskan dalam bentuk real dan imajener maka persamaan di atas menjadi :

$$P_k = \sum_{n=1}^N \{v_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots \dots \dots (3.4)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N \{\delta_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) - v_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots \dots \dots (3.5)$$

(Hadi Saadat, 2004)

Load flow dapat dikatakan sudah baik apalagi 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 *loadflow*

3.3.2 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 (3.4) dan (3.5) di atas. Selisih daya yang diterapkan dan perhitungan (ΔP_k dan ΔQ_k) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k.sched} - P_{k.calc} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k.sched} - P_{k.calc} \dots \dots \dots (3.7)$$

Selisih daya dihitung dengan persamaan (3.5) dan persamaan (3.7) 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 parsial P dan Q terhadap masing – masing variable pada persamaan (3.4) dan (3.5), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

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

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_3 \\ J_2 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |v| \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.9)$$

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).

3.4 *Transient Stability Analysis*

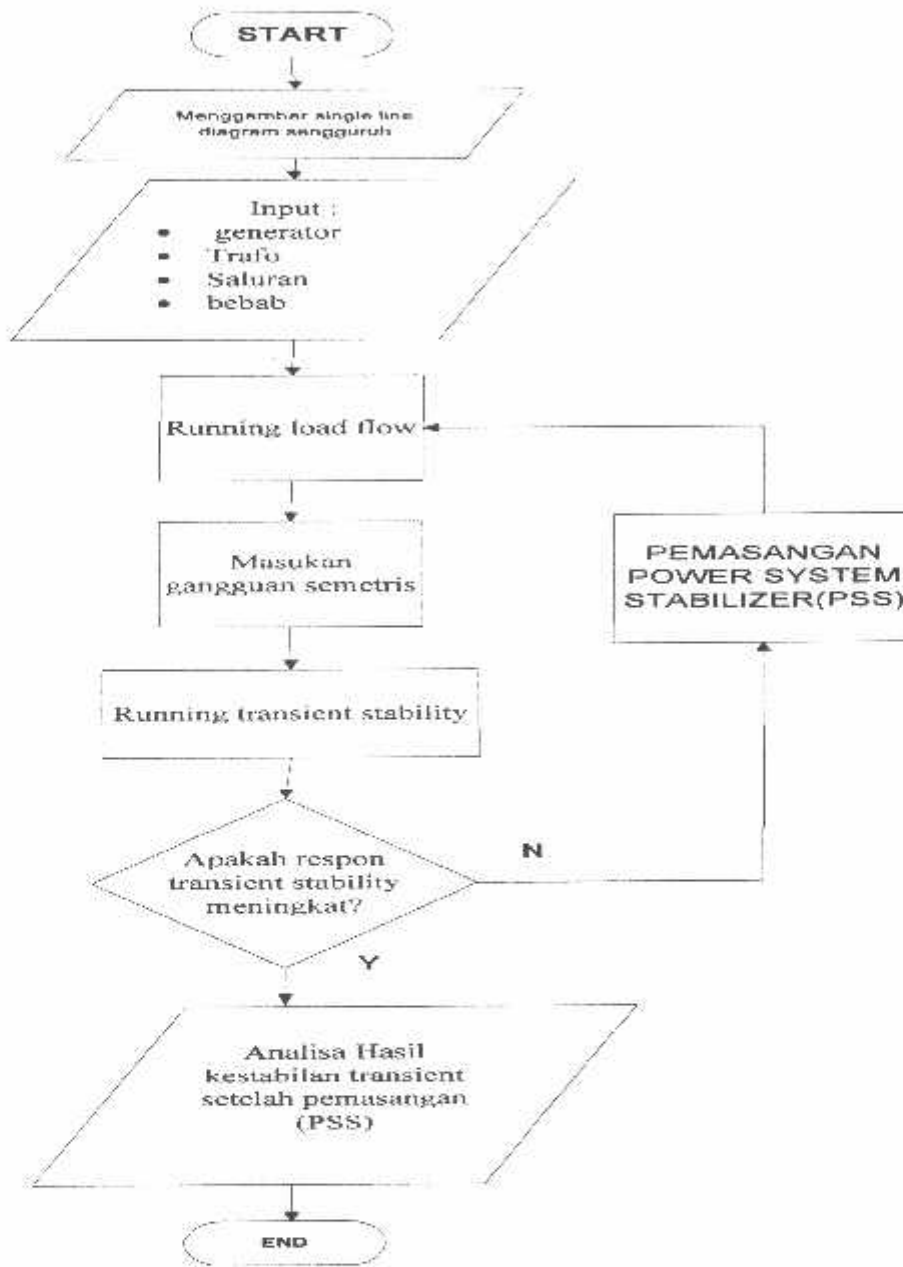
Program *Transient Stability Analysis Power Station* digunakan untuk menyelidiki batas kestabilan sistem tenaga sebelum, selama dan setelah terdapat perubahan sistem atau terdapat gangguan. Program ini memodelkan karakteristik dinamis dan sistem tenaga, menerapkan events dan tindakan yang diinginkan *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.

3.5 Algoritma Simulasi pada software *ETAP POWER STATION*

1. Start
2. Pengumpulan data yang diambil di PT.PLTA sengguruh pada saat melakukan penelitian
3. Membuat pemodelan *single line* diagram sistem 70 kV sengguruh 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. Menjalankan program *Transient Stability Analysis* untuk melihat performa generator dan bagaimana kondisi *transient* yang muncul.
8. Memasang *PSS (Power System Stabilizer)* pada generator yang dianalisa kestabilan *transient*.
9. Membandingkan kestabilan *transient* apakah sebelum & sesudah pemasangan *PSS* kestabilan *transient* mengalami peningkatan atau tidak.
10. Menentukan apakah setingan *PSS* itu sudah benar, ataukah perlu diseting ulang
11. Kesimpulan dari pengujian yang dilakukan
12. Selesai

3.6 Flowchart (Desain Sistem)

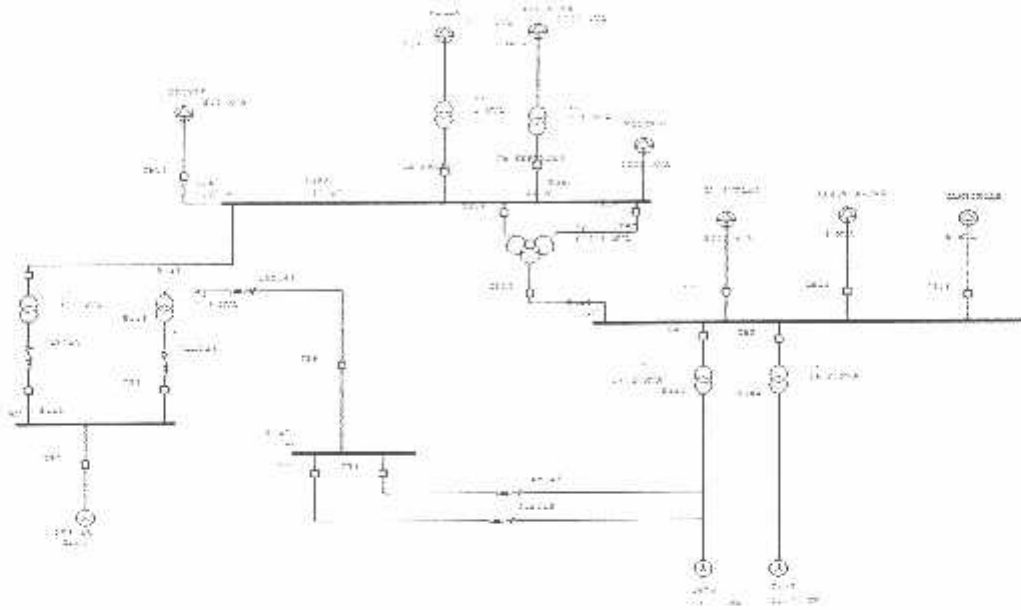


Gambar 3.3 Flowchart

3.7 Perencanaan Simulasi Menggunakan *ETAP Power Station*

1. Menggambar *Single Line Diagram* di *ETAP Power Station*

Menggambar *Single Line Diagram* pada *ETAP* didasarkan pada *single line diagram* sistem 70 kV yang diperoleh dari PT.PLTA sengguruh



Gambar 3.4

Single Line Diagram sistem 70 kV sengguruh

2. Input data Generator

Synchronous Generator Editor - Gen2

PSS Info	Harmonic Rating	Protection Capability	Reliability Imp/Model	Fuel Cost Grounding	Remarks Exciter	Comment Governor		
	11 kV	13.77 MW	Swing					
Rating								
	MW	kV	% PF	MVA	% EH	Poles		
	13.77	11	95	16.2	95	4		
	% of Bus kVnom			FLA		RPM		
	100			850.3		1800		
	Gen Category	% V	Angle	MW	Mvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100	0					
2	Normal	100						
3	Shutdown	100						
4	Emergency	100						
5	Standby	100						
6	Startup	100						
PrimeMover Rating				Mvar Limits				
Continuous				Peak				
HP	MW	HP	MW				Peak Mvar	
18455	13.77	18466	13.77				8534	
Operating Values		% V	Angle	MW	Mvar			
		100	0	5104	3.7			

Gen2 OK Cancel

Gambar 3.5

Input Rating Generator

Parameter – parameter yang diinput meliputi kapasitas, faktor daya, impedansi, inersia, tipe exciter, tipe governor dan PSS (Power System Stabilizer) saat dibutuhkan untuk meningkatkan kestabilan.

3. Input data *Transformator (Step Up)*

Info	Reliability Rating	Impedance	Tap	Remarks	Grounding	Sizing	Comment	Protection	Harmonic	
16.2 MVA ANSI Liquid-Fill Other 55 C							11	70 kV		
Voltage Rating		KV	FLA	Bus kV/perm		Z Base				
Prim.	18	850.0	11		MVA					
Sec.	70	123.6	70		16.2					
		Other 55								
Power Rating		MVA	Alt - Max:							
Rated	16.2	MVA								
		Other 65		0.016						
Derated	16.2	Derated MVA								
		User-Defined								
1. Derating		0	Installation							
		MER		Altitude						
				3300 ft						
				Ambient Temp						
				30 °C						
Type	Class	Sub Type		Class		Temp. Rise				
Liquid-Fill		Other		Other		55				

Gambar 3.6

Input Rating *Transformator (Step Up)*

Parameter yang diinput meliputi tegangan sisi primer maupun *sekunder*, *impedansi*, tipe grounding.

4. Input Rating *Transformer (Step Down)*

3-Winding Transformer Editor - T6

info	Reliability Rating	Impedance	Remarks Tap	Grounding	Comment Protection	Harmonic
5	5	5 MVA				70 20 20 kV
Rating						
	kV	MVA	Max MVA	FLA	Connected Bus Nom kV	
Prim	70	5	5	49.49	70	
Sec	20	5	5	173.2	20	
Ter	20	5	5	173.2	20	

Gambar 3.7

Input Rating *Transformer (Step Down)*

5. Input Data Saluran

The screenshot shows the 'Cable Editor - Cable5' window with the following data and settings:

Sizing Info	Phase Physical	Sizing	GND/PE Impedance	Reliability Configuration	Routing Loading	Remarks Annapuity	Comment Protection
	CEA	Mau		60 Hz	Code	250	
	Rubber 2	100	%	0.6 kV	1.0	Al	250

Info

ID:

From: Bus4

To: Bus7

Revision Data:

Equipment

Tag #:

Name:

Description:

Condition

Service: In Out

State: As-built

Length

Length: km

Tolerance: %

Library

Library:

Link to Library:

Connection

No. of Conductors - Phase:

Buttons:

Gambar 3.8

Input Parameter Saluran

Parameter yang diinput meliputi tipe *konduktor*, GMR, GMD, panjang saluran, *impedansi*, tinggi *tower*, dsb.

6. Input data Beban

Lumped Load Editor - PAGAK

Info Nameplate Short-Circuit Dyn Model Reliability Remarks Comment

300 kVA 20 kV (80% Motor 20% Static)

Model Type: Conventional Rated kV: 20 Calculator...

Ratings

kVA	kW	kvar	% PF	Amp	Load Type
300	296	46.829	98.77	8.66	Constant kVA
					Constant Z

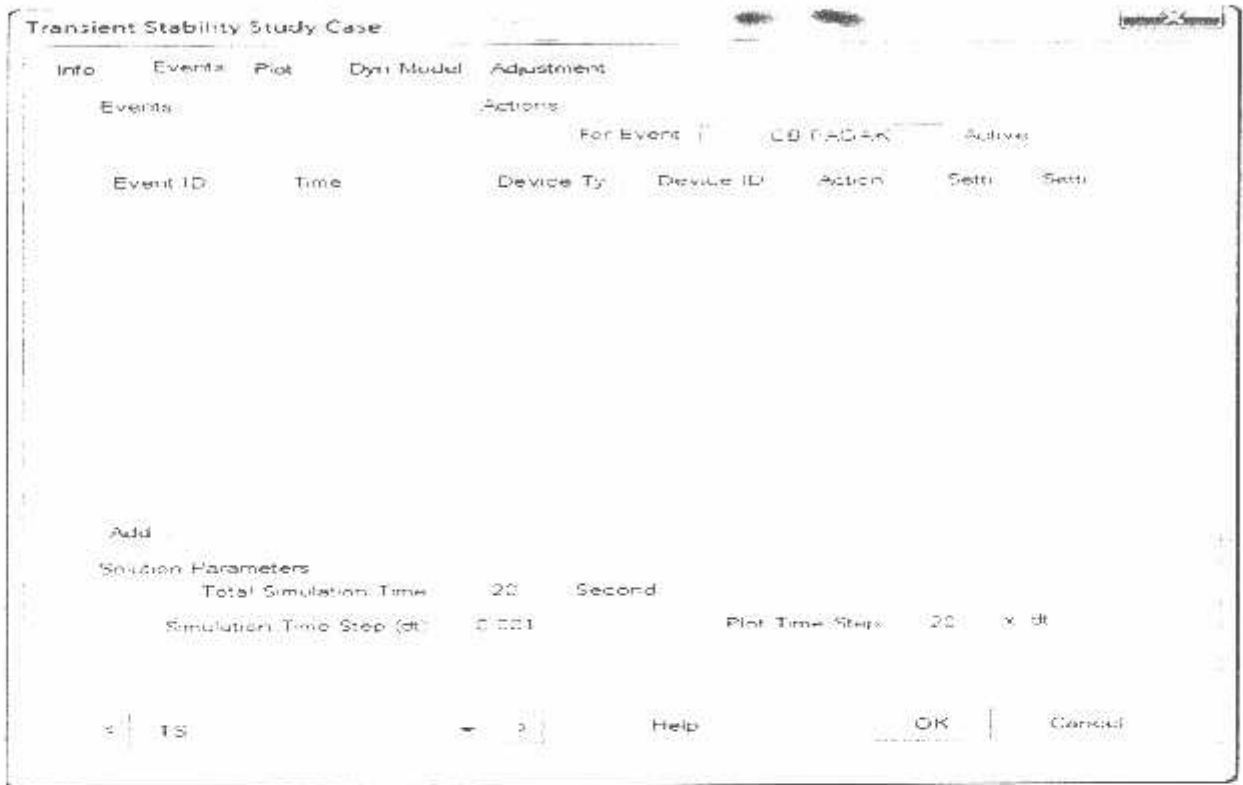
Operating 0 0 0 0 kW +j kvar

Loading Category	% Loading	Motor Load		Static Load	
		kW	kvar	kW	kvar
1 Design	100	711.2	112.4	177.8	28.1
2 Normal	100	237.1	37.46	59.26	9.37
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

PAGAK OK Cancel

Gambar 3.9
Input data Beban

7. Transient Stability Study Case



Gambar 3.10

Transient Stability Study Case

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

BAB IV
ANALISA SISTEM DAN SIMULASI

4.1 Data – data yang dikumpulkan

4.1.1 Data Generator

- **Generator PLTA Bolok**

Tabel 4.1

- DATA GENERATOR
- ✓ GENERATOR PLTA SENGGURUH

BUWATAN PABRIK	ELIN
TYPE	SSV 545/34-45
STANDART	TEL 34
DAYA	16.200 KVA
ARUS	850 A
FREQUENCY	50 HZ
IMPEDANSI	0.9%
PUTARAN NORMAL	176,5 RPM
TEGANGAN	11.000 VOLT
PHASA	3 PHASA

- TRANSFORMATOR PLTA SENGGURUH
- ✓ TRANSFORMATOR STEP UP

BUWATAN PABRIK	ELIN
KAPASITAS	16,2 MVA
TEGANGAN	11/70 KV
PHASA	3 PHASA
IMPEDANSI	8,50%
TIPE PENDINGIN	ONAN
VEKTOR	D,Yn11
FREKUENSI	50 HZ

- TRANSFORMATOR STEP DOWN

BUWATAN PABRIK	ELIN
KAPASITAS	6 MVA
TEGANGAN	70/20
PHASA	3 PHASA
IMPEDANSI	8,50%
TIPE PENDINGIN	ONAN
VEKTOR	D,Yn11
FREKUENSI	50 HZ

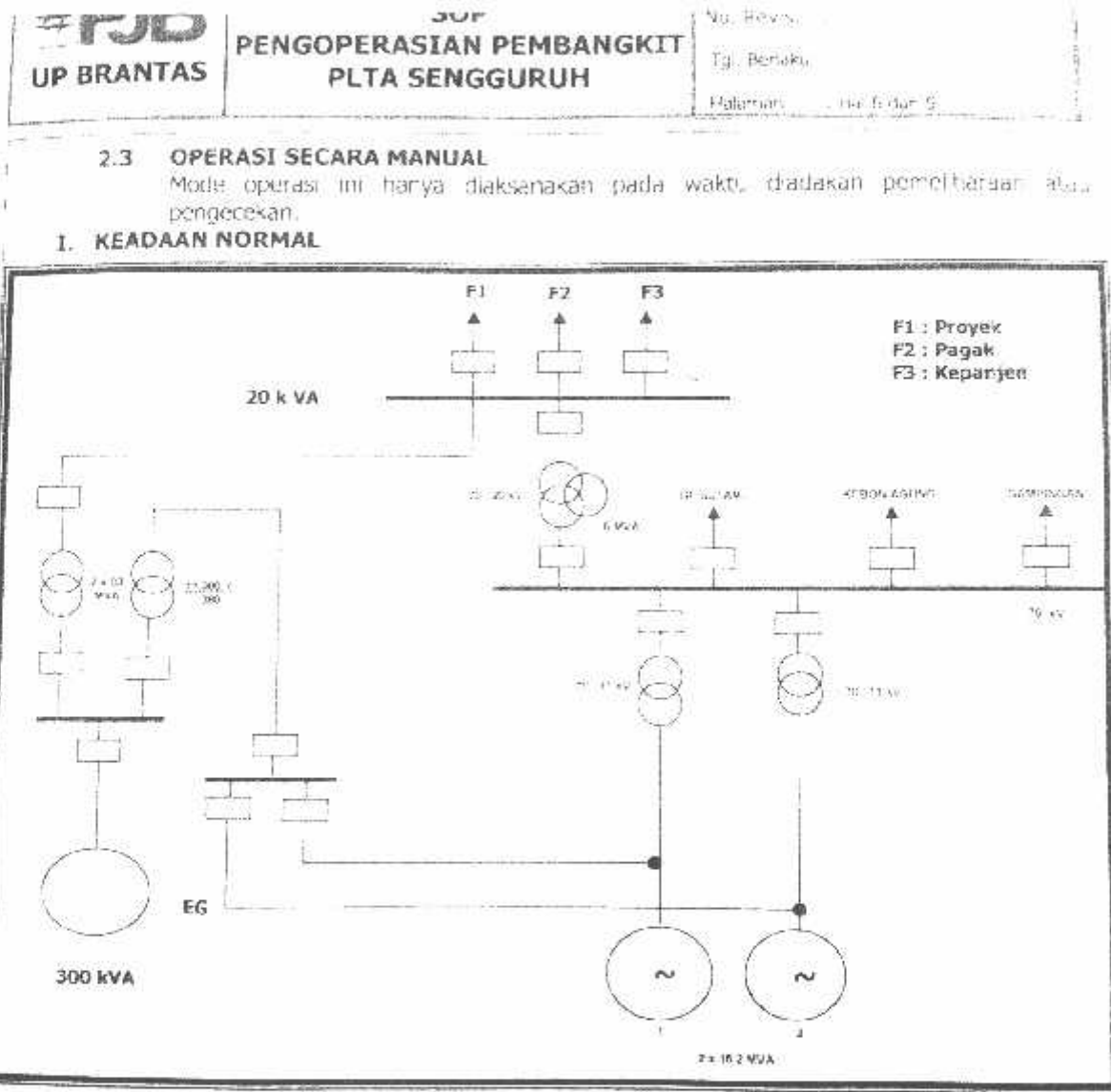
- DATA SALURAN

TENGANAN	70KV
PANJANG	14.373 KM
TINGGI	88.58 ft
TYPE	VERTIKAL
JARAK ANTARA KONDUKTOR	AB=14.76 ft,BC=14.76ft, AC=29.52ft
GROUND WIFE	2
GMD	18.596 ft

- DATA BEBAN

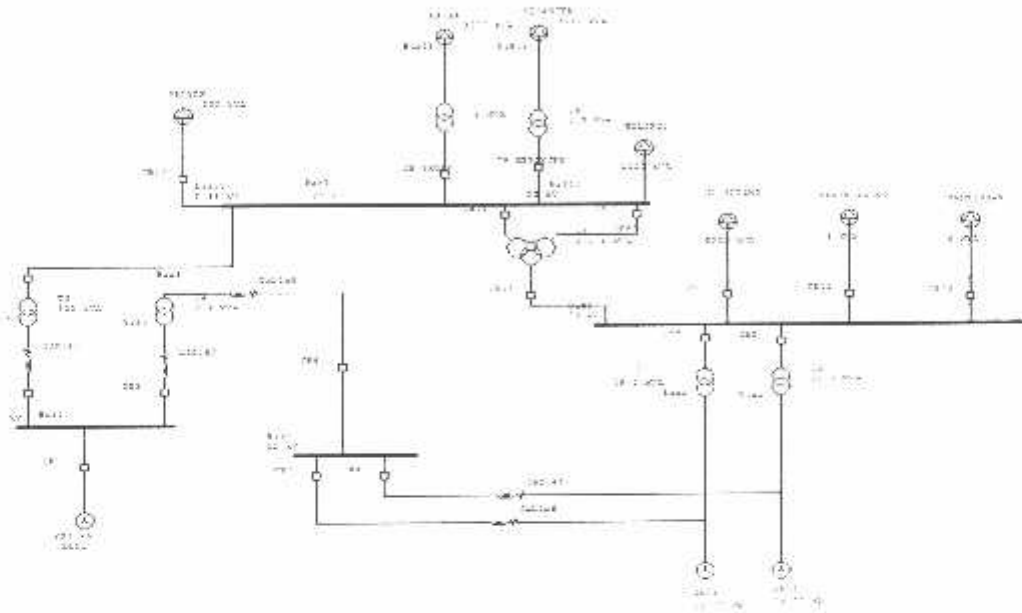
WILAYAH	BEBAN(KVA)	KW
PROYEK	200	170
PAGAK	3000	2550
KEPANJEN	3000	2550
WILINGI	1000	850
GL SUTAMI	8000	6800
KEBON AGUNG	8000	6800
GAMPINGAN	8000	6800

4.1.2 Single Line Diagram



Gambar 4.1
Single Line Diagram

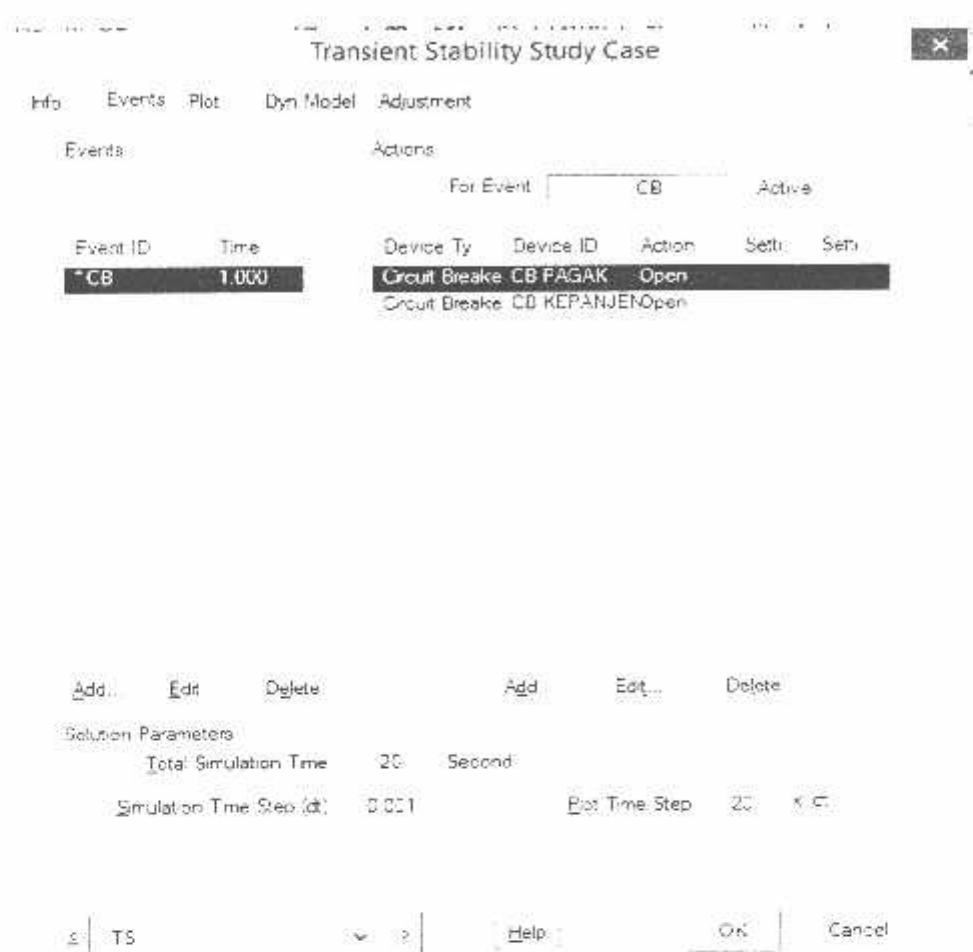
4.2 Simulasi pada *ETAP POWER STATION*



Gambar 4.2

Single Line Sistem 70 kV sengguh

Dalam menjalankan program *Transient Stability Analysis* pada *ETAP POWER STATION* dipilih penyulang sengguh 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 kepanjen atau pagak yang terhubung pada penyulang sengguh



Gambar 4.3

Input event penyebab *transient* (load switching)

Pada sistem, CB11 yang terhubung pada pagak dan CB 12 yang terhubung pada kepanjen dikondisikan dalam keadaan *open* pada detik ke-1 sehingga menimbulkan *transient*. Yang menjadi fokus munculnya kondisi *transient* adalah pada Generator PLTA Unit II.

Tabel 4.2
Sebelum Pasang PSS
Output Transient Daya Aktif

X (Waktu)	Y (Daya Aktif)
3,22 detik	337 W
3,24 detik	338 W
3,26 detik	340W
3,28 detik	341 W
3,28 detik	343 W
3,32 detik	344 W

Grafik menunjukkan adanya perubahan suplai daya pada detik ke-1 saat terputusnya beban dari sistem yang mengakibatkan timbulnya kondisi *transient* dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,2.

Output Transient Kecepatan Rotor

X (Waktu)	Y (Rpm)
3,3 detik	187 Rpm
3,32 detik	1800 Rpm
3,34 detik	1800,09 Rpm
3,36 detik	1800,24 Rpm
3,38 detik	1800,45 Rpm
3,4 detik	1800,69 Rpm

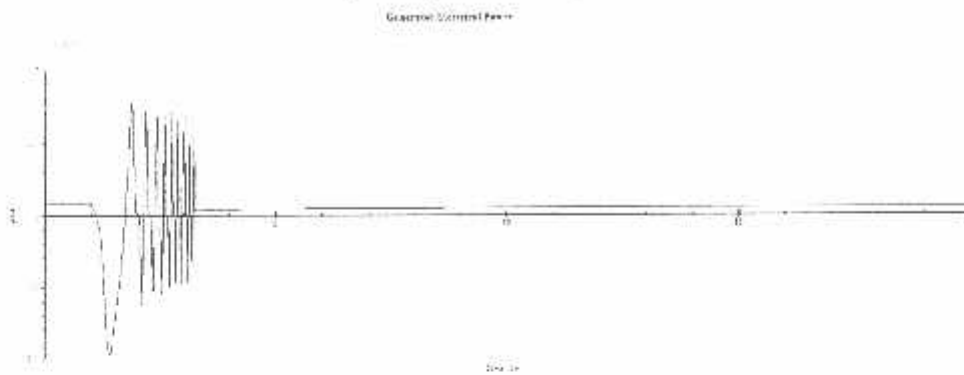
Grafik menunjukkan adanya perubahan kecepatan rotor yang dimulai pada detik ke-1,2 saat terputusnya beban dari sistem sehingga mengalami peningkatan kecepatan dari 3000 rpm hingga kurang lebih mencapai 3039 rpm dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,3

Output Transient Sudut Fasa

X (Waktu)	Y (Derajat)
3,001 detik	17,13°
3,021 detik	46,38°
3,041 detik	110,56°
3,061 detik	175,3°
3,081 detik	118,79°
3,101 detik	50,87°

Grafik menunjukkan perubahan sudut fasa pada generator yang mengalami peningkatan hingga 18° pada detik ke-1,5 saat pelepasan beban dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,1.

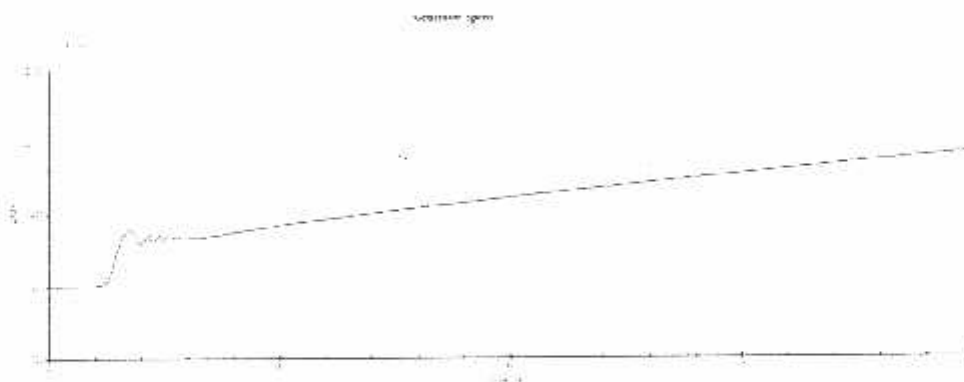
Hasil Simulasi *Transient Stability Analysis* terhadap *Load Switching*



Gambar 4.4

Daya Aktif pada Gen PLTA Unit 2

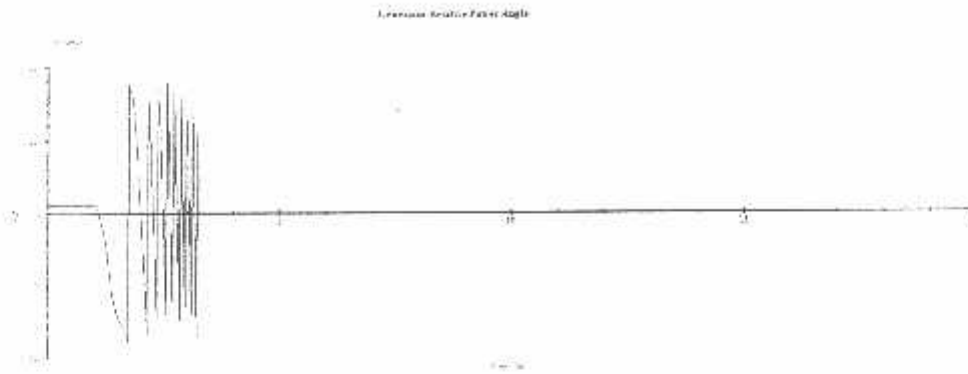
Grafik menunjukkan adanya perubahan suplai daya pada detik ke-1 saat terputusnya beban dari sistem yang mengakibatkan timbulnya kondisi *transient* dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,2.



Gambar 4.5

Rotor Speed

Grafik menunjukkan adanya perubahan kecepatan rotor yang dimulai pada detik ke-1,2 saat terputusnya beban dari sistem sehingga mengalami peningkatan kecepatan dari 3000 rpm hingga kurang lebih mencapai 3039 rpm dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,3



Gambar 4.6

Grafik Generator pada *sudut fasa*

Grafik menunjukan perubahan sudut fasa pada generator yang mengalami peningkatan hingga 18° pada detik ke-1,5 saat pelepasan beban dan memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,1.

4.2.1 Pemanfaatan PSS (*Power System Stabilizer*)

Untuk meningkatkan kestabilan *transient* pada sistem digunakan PSS (*Power System Stabilizer*) yang dipasang pada Generator Unit II di PLTA Bolok.

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.

Info	Rating	Capability	Imp. Model	Grounding	Inertia	Exciter	Governor
PSS	Harmonic	Protection	Reliability	Fuel Cost	Remarks	Comment	
10.5 kV	16.5 MW	Voltage Control					
<input type="checkbox"/> Built-in PSS1A	UDM	Type	VSI				Sample Data
			Elec Power				
KS	VSTMax	VSTMin	VTMin	TDR			
0.15	0.9	0.9	0	0.2			
A1	A2						
0	0						
T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0.70	0.1	0.75	0.1	1	0.1		

Gambar 4.7

Pemasangan PSS (*Power System Stabilizer*)

Tabel 4.3
 Sesudah Pasang PSS
 Output Transient Daya Aktif

X (Waktu)	Y (Daya Aktif)
3,001 detik	138 W
3,021 detik	140 W
3,041 detik	142,35 W
3,061 detik	144 W
3,081 detik	146,3 W
3,101 detik	152 W

Grafik menunjukkan adanya perubahan suplai daya pada detik ke-0,9 saat terputusnya beban dari sistem yang mengakibatkan sistem timbulnya *transient* dan mulai memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,0. Jika dibandingkan dengan *transient stability* pada simulasi sebelumnya dapat dilihat adanya perubahan pada banyaknya gelombang sinusoidal dan selang waktu terjadinya *transient*.

Output Transient Kecepatan Rotor

X (Waktu)	Y (Rpm)
3,101 detik	1866 Rpm
3,121 detik	1866,33 Rpm
3,141 detik	1866,38 Rpm
3,161 detik	1868,55 Rpm
3,181 detik	1868,79 Rpm
3,201 detik	1869 Rpm

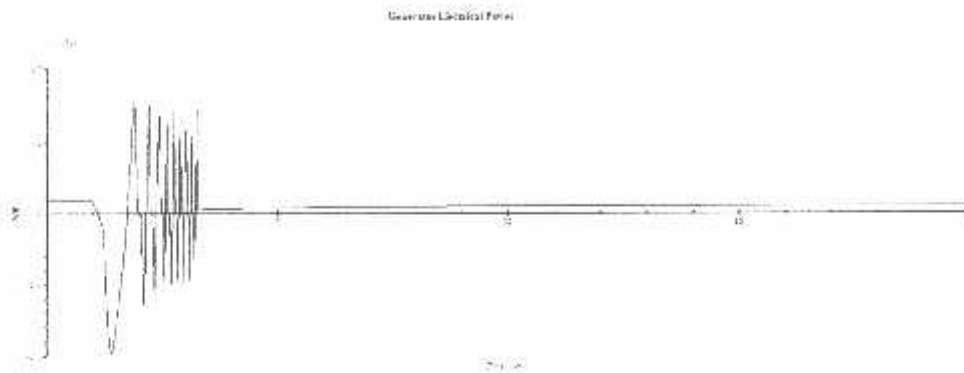
Kecepatan rotor pada Generator Unit II PLTA Bolok setelah menggunakan PSS Grafik menunjukkan perubahan kecepatan rotor yang semula membutuhkan waktu selama 1 detik untuk mencapai kondisi *steady state* telah mengalami perubahan yaitu membutuhkan waktu selama 3,1 detik untuk memasuki kondisi *steady state*.

Output Transient Sudut Fasa

X (waktu)	Y(Derajat)
2,9 detik	34,3°
2,92 detik	95°
2,94 detik	156°
2,96 detik	192°
2,98 detik	80,2°
3 detik	17,1°

Berdasarkan tampilan gelombang sinusoidal yang merupakan perwujudan dari kondisi *transient*, maka dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa jumlah gelombang sinusoidal tersebut lebih sedikit dan tampak bahwa pada detik ke-2,9 kerapatan gelombang semakin renggang yang berbeda dengan sebelumnya yang artinya bahwa PSS telah meningkatkan *transient stability*.

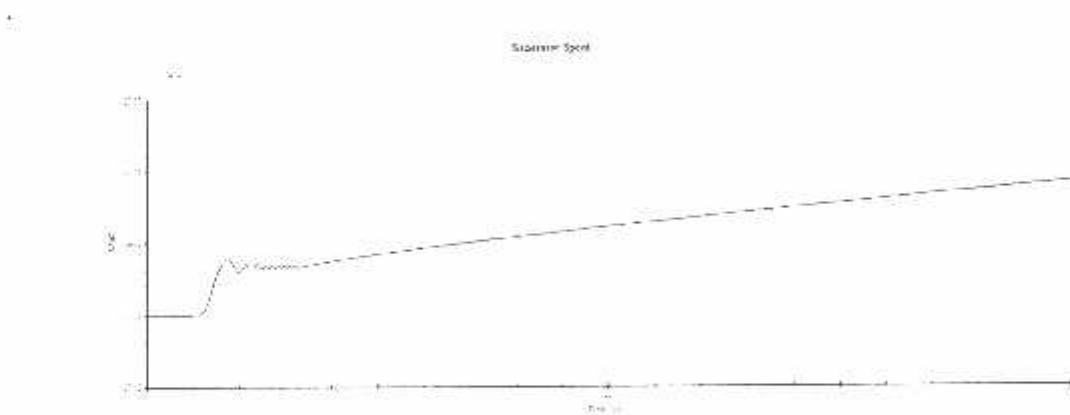
Hasil simulasi setelah menggunakan *PSS (Power System Stabilizer)*



Gambar 4.8

Daya Aktif pada Generator Unit II PLTA Bolok setelah menggunakan *PSS*

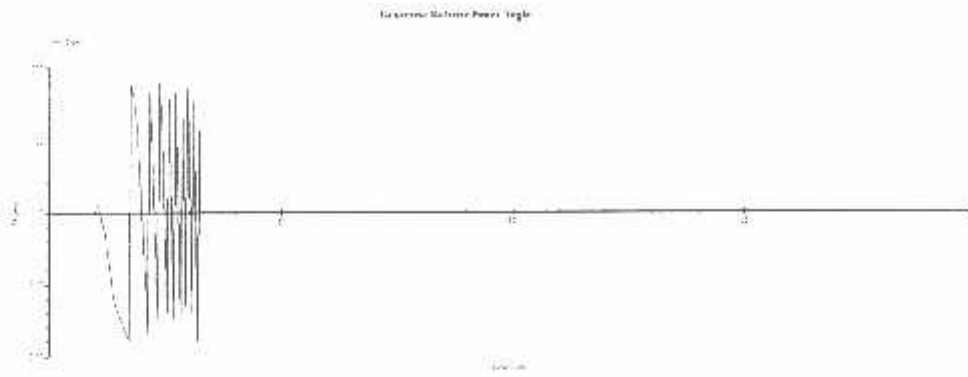
Grafik menunjukkan adanya perubahan suplai daya pada detik ke-0,9 saat terputusnya beban dari sistem yang mengakibatkan sistem timbulnya *transient* dan mulai memasuki kondisi *steady state* pada detik ke-3,0. Jika dibandingkan dengan *transient stability* pada simulasi sebelumnya dapat dilihat adanya perubahan pada banyaknya gelombang sinusoidal dan selang waktu terjadinya *transient*.



Gambar 4.9

Kecepatan *rotor* pada Generator Unit II PLTA Bolok setelah menggunakan *PSS*

Grafik menunjukkan perubahan kecepatan rotor yang semula membutuhkan waktu selama 1 detik untuk mencapai kondisi *steady state* telah mengalami perubahan yaitu membutuhkan waktu selama 3,1 detik untuk memasuki kondisi *steady state*.



Gambar 4.10

Grafik Generator pada *sudut fasa* setelah pemasangan *PSS*

Berdasarkan tampilan gelombang sinusoidal yang merupakan perwujudan dari kondisi *transient*, maka dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa jumlah gelombang sinusoidal tersebut lebih sedikit dan tampak bahwa pada detik ke-2,9 kerapatan gelombang semakin renggang yang berbeda dengan sebelumnya yang artinya bahwa *PSS* telah meningkatkan *transient stability*.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Simulasi *load switching* yang telah dilakukan menunjukkan adanya perubahan pada sistem dimana menimbulkan kondisi transient dalam selang waktu tertentu. Dengan pemanfaatan *Power System Stabilizer* dapat dilihat perbandingan bahwa PSS memberikan dampak yang positif yaitu dapat meningkatkan kestabilan *transient* menjadi lebih baik pada sistem 70 kV sengguruh menggunakan bantuan software ETAP Power Station.

2. Dari hasil simulasi, pada saat tidak ada gangguan generator akan stabil dan apabila terjadi gangguan simetris *steady state* daya aktif pada detik 1, nilai dari over short 3,37, *steady state* kecepatan rotor pada detik 1,2, nilai dari Over shortnya 1,87. *steady state* sudut fasa pada detik 1,5. Nilai dari over shortnya 17,13. Setelah Pemasangan PSS *steady state* daya aktif akan lebih cepat menjadi 0,9 detik. nilai dari over shortnya 1,38 *steady state* kecepatan rotor akan lebih cepat menjadi 1 detik. nilai dari over shortnya 1866. *steady state* sudut fasa akan lebih cepat menjadi 1,2 detik. nilai dari over shortnya 34,3.

5.2 Saran

1. Berdasarkan analisis ini, diharapkan perhatian terhadap kestabilan *transient* lebih ditingkatkan karena pengaruh dari pada *transient* itu sendiri menjadi suatu faktor yang sangat penting bagi kestabilan system 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://kuliahnam.wordpress.com>.
4. Prof.Ir.ONTOSEN PENANGSANG, M.sc. PhD “*Steady State Stability & Transient with Radial Equivalent Independent (REI) Method*”.
5. Rio Parohon Tua Tambunan “*Analisis Kestabilan Transien dengan Pelepasan Pembangkit dan Beban (Generation Load Shedding) pada Sistem Jaringan Distribusi Tragi Sibolga*”
6. Nurul Azizah “*Analisis Stabilitas Transien pada Sistem Kelistrikan Larantuka (NTT) akibat penambahan PLTU 2 X 4 MW pada tahun 2013*”
7. Aryawa Prasada Suroso “*Stabilitas Transien pada Sistem Kelistrikan PT. Chandra Asri akibat Integrasi PLN*”

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

3NI (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 : IIN-215/EL-FII/2015

8 Maret 2016

Tempat
Tanggal

: Bimbingan Skripsi (Baru)

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

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Bambang Sunardiono

Nim : 1212017

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : T. Energi Listrik

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

“ Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 ”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Dekan
Program Studi Teknik
Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, M.I.
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

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-215/EL-FTI/2015
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

8 Maret 2016

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Bambang Prio Hartono, ST., MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Bambang Sunardiono
Nim : 1212017
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : T. Energi Listrik

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

" Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 "

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

M. Ibrahim Ashari, ST., MT
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

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : BAMBANG SUNARDIONO
NIM : 1212017
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA
SISTEM 70 kV AKIBAT LOAD SWITCHING
MENGUNAKAN ETAP POWER STATION

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

Hari : Senin
Tanggal : 15 Agustus 2016
Dengan Nilai : 78,27 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

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

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800198

Penguji II

Ir. Eko Nurcahaya, MT
NIP.Y. 1028700172



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Senin
Tanggal : 15 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : BAMBANG SUNARDIONO
NIM : 1212017
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : **ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 kV AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Flowchart di perbaiki	
2	Fonts (huruf) diseragamkan	
3	Bahasa inggris di ketik miring (italic)	
4	Dianalisa dan dibandingkan antara sebelum pemasangan (karena hasilnya tidak signifikan)	
5	Diperbaiki dan dicek lagi data masukan atau parameter inputan ke ETAP	

Dosen/Pengtji I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

NIP. Y.1018800198

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP. Y.1038900209

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono ST, MT

NIP. Y. 1028400082



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Senin
Tanggal : 15 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : BAMBANG SUNARDIONO
NIM : 1212017
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : **ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA SISTEM 70 kV AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	tentukan kesimpulan untuk nilai pada over shortnya	2x4
2	Perbaiki tata cara penulisan	2x4

Dosen Penguji II

Ir. Eko Nurcahayo, MT
NIP. Y. 1028700172

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono ST, MT
NIP. Y. 1028400082



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 : Bambang Sunardiono
NIM : 1212017
Perbaikan meliputi

1. Flowchart diperbaiki
2. Fonts (huruf) diseragamkan
3. Bahasa Inggris diketik miring (italic)
4. Dianalisa dan dibandingkan antara sebelum pemasangan PSS dan sesudah pemasangan PSS (kecuali hasil yang tidak signifikan)
5. Diperbaiki dan dicek lagi data masukan atau parameter inputan ke ETAP!

Malang,

15/08/2016

Ir. Yusuf Ismail Rakhma, MT



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 : Bambang S
M : 1212017
Perbaikan Meliputi :

- Tambahkan kemampuan untuk nilai peak over shootnya!
- Berikan foto cara pemeliasannya

Malang, 15 - 08 - 2016

(.....)
Eko N



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : BAMBANG SUNARDIONO
NIM : 1212017
Nama Pembimbing : IR. Teguh Herbasuki, MT
Judul Skripsi : ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA 70KV
AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN
ETAP.

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Jum'at 13/5 2016		Bab I & II	
2	Senin 21/6 - 2016		Bab III (ditambah)	
3	Kabu 29/6 - 2016		Bab IV	
4	Kamis 2/7 - 2016		Bab V revisi	
5	23/7 - 2016 Sabtu		Revisi abstrak	
6	Senin 25/7 - 2016		ACC sem Has.	
7	11/8 - 2016		ACC maju	

Malang, 2016

Dosen Pembimbing,

IR Teguh Herbasuki, MT
NID V 1012000700



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : BAMBANG SUNARDIONO
NIM : 1212017
Nama Pembimbing : Bambang Prio Hartono ST,MT
Judul Skripsi : ANALISIS KESTABILAN TRANSIENT PADA 70KV
AKIBAT LOAD SWITCHING MENGGUNAKAN
ETAP.

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	27/4 - 2016		latar belakang di sempurnakan	b
2	17/5 - 2016		Perbaiki Bab I, II, III	b
3	29/6 - 2016		Bab IV	b
4	21/7 - 2016		Bab V revisi	b
5	23/7 - 2016		Revisi abstrak	b
6	25/7 - 2016		ACC semHOS	b
7	11/8 - 2016		Acc maju	b

Malang, 2016

Dosen PembimbingII,

Bambang Prio Hartono ST,MT
NID V 1072100007



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		T. Energi Listrik S1		
1.	Nama Mahasiswa	Bambang Sunardiono	NIM	1212017
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan			
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang) *)			
	a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embbded System
	b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka
	c.	Sistem Kendali	g.	Elektronika Telekomunikasi
	d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi
		i.	Sistem Informasi	
		j.	Jaringan Komputer	
		k.	Web	
		l.	Algoritma Cerdas	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	Analisis Kestabilan Transient Pada Sistem Jaringan 70 kV Akibat Pensaklaran Beban (Load Switching) di PT. PLN Paiton (Persero) Menggunakan ETAP POWER STATION		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	Catatan :			
			
Persetujuan Judul Skripsi				
Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II		



**BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

ONSENTRASI	T. Energi Listrik
-------------------	-------------------

Nama Mahasiswa	Bambang Sunardiono	NIM	1212017
Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
Pelaksanaan			

Judul Skripsi : Analisis Kestabilan Transient Pada Sistem Jaringan 70 kV Akibat Pensaklaran Beban (Load Switching) di PT. PLN Paiton (Persero)

Perubahan Judul : Analisis Kestabilan Transient pada Sistem 70 kV akibat Load Switching menggunakan Etap Power Station

Catatan :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....


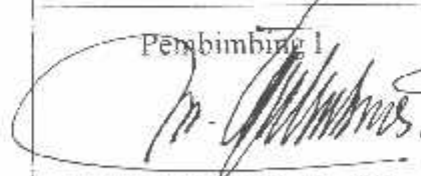

.....

.....

.....

.....

.....

Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Disetujui, Dosen Pembimbing	
	Pembimbing I  Teguh Herbasuki, Ir., MT	Pembimbing II  Bambang Prio Hartono, ST., MI



Nomor : N325335
Sifat : Biasa
Lampiran : -

Karangates, 12 April 2016

Kepada
Kepada
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1
Institut Teknologi Nasional
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Malang

Perihal : **Pemberian Ijin Survey Pengambilan Data Skripsi a.n. Bambang Sunardiono**

Menjawab surat saudara,

Nomor : ITN-254/EL-FTI/2015

Tanggal : 5 April 2016

Perihal : Survey Pengambilan Data Skripsi

Dengan ini diberitahukan bahwa pada prinsipnya kami dapat menyetujui permohonan saudara dan memberi kesempatan kepada siswa **Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi T. Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang** yaitu:

NO	NAMA	NIM
1	Bambang Sunardiono	1212017

untuk melaksanakan Survey Pengambilan Data Skripsi PT PJB Unit Pembangkitan Brantas – PLTA Sutami mulai **18 April 2016 s.d.11 Mei 2016** dengan memenuhi persyaratan sbb:

1. Menyelesaikan persyaratan administrasi dengan menyerahkan :
 - a. Copy surat bertanggung Asuransi Kecelakaan Diri
 - b. Keterangan Kelakuan Baik (SKCK) dari Kepolisian Sektor.
 - c. Mengisi/menandatangani surat pernyataan dari PT PJB Unit Pembangkitan Brantas.
 - d. Membawa foto berwarna terbaru ukuran 3x4 sebanyak 2 (dua) lembar untuk keperluan pembuatan Kartu Tanda Pengenal.
2. Selama pelaksanaan Pengambilan Data Skripsi, mahasiswa tersebut harus mematuhi peraturan dan prosedur Keselamatan Kerja yang berlaku di Perusahaan kami.
3. Menggunakan jaket almamater / cattle pack selama pelaksanaan Pengambilan Data Skripsi.
4. Menjaga kerahasiaan data dan tidak membocorkan kepada pihak lain kecuali untuk kepentingan akademik serta menyerahkan copy laporan hasil Pengambilan Data kepada PT PJB Unit Pembangkitan Brantas.
5. Semua biaya yang timbul karena Pengambilan Data ini tidak menjadi tanggungan PT PJB Unit Pembangkitan Brantas.
6. Apabila sampai dengan tanggal yang kami setuju tersebut mahasiswa yang bersangkutan tidak hadir tanpa keterangan, kami nyatakan mengundurkan diri.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

PT PJB UNIT PEMBANGKITAN BRANTAS

Juki Rahmat 271, Karangates, Sumberpucung, Malang 65155 - Indonesia
Telp : (62-341) 365465 (Hunting); Fax : (62-341) 365462 e-mail : upbrs@ptpjb.com

PH GENERAL MANAGER UNIT PEMBANGKITAN BRANTAS
MANAJER OPERASI DAN PEMELIHARAAN UP BRANTAS.



Tembusan :

Kepala PLTA Sutami

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : BAMBANG SUNARDIONO
NIM : 1212017
Jurusan : 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 dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 24 Agustus 2016

Yang membuat pernyataan



Bambang Sunardiono

NIM : 1212017

Biografi Penulis



Nama lengkap penulis yaitu Bambang Sunardiono lahir pada tanggal 26 September 1992 di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Haery dan Ibu Sunarmi. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Kini penulis bertempat tinggal di Jl. Paiton No.28 Rt.002 / Rw.001 Dusun Kramat, Desa Jabung Candi, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Adapun riwayat pendidikan penulis, yaitu pada tahun 1999 lulus dari TK Srikandi Jabung Candi. Kemudian melanjutkan di SDN Jabung Candi dan lulus pada tahun 2005. Pertengahan tahun 2008 lulus dari SMPN 1 Paiton dan melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Paiton Jurusan IPA lulus tahun 2011. Setelah itu Kerja di PT GEMA SURYA MAHARDIKA yang di tugaskan di PT NEW MINATEX pada bagian Cheker mulai tanggal 19 Mei 2011 sampai dengan 16 Agustus 2012, selanjutnya kuliah di Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Elektro S-1. Pada Pertengahan tahun 2016 semester genap (8), penulis telah menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kestabilan Transient Pada Sistem 70 kV Akibat Load Switching Menggunakan Etap Power Station Sengguruh Malang”.