

**IMPLEMENTASI POWER SISTEM STABILIZEERSS
PADA PLTD LARANTUKA MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION**

SKRIPSI



Disusun oleh :

**WILHELMUS WAJO ARAN
NIM. 08.12.018**

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

LEMBAR PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI POWER SISTEM STABILIZEERSS PADA PLTD LARANTUKA MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

WILHELMUS WAJO ARAN

NIM : 08.12.018

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP. P. 1030100358

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP.Y.1018500108

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188

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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wilhelmus Wajo Aran

Nim : 08.12.018

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Dengan ini saya 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 ditentukan 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,
Yang Membuat Pernyataan



WILHELMUS WAJO ARAN
NIM : 08.12.018

ABSTRAK

IMPLEMENTASI POWER SISTEM STABILIZEERSS PADA PLTD LARANTUKA

Wilhelmus Wajo Aran

Nim: 08.12.018

Konsentrasi Teknik Energi Listrik S-1, Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Jl.Raya Karanglo Km 2 Malang

Email: wadjoaran@yahoo.co.id

Sekarang ini telah ada minat besar dalam merancang kontroler sistem eksitasi tegangan nonlinier seperti PSS, untuk meningkatkan kinerja dinamis sistem tenaga listrik yang lebih baik dan lebih luas pada kondisi operasi tertentu. Disini di bahas tentang meredam tegangan nonlinier menggunakan konsep sinkronisasi dan redaman torsi generator sinkron. Fungsi dasar PSS adalah untuk memperluas batas stabilitas dengan memodulasi eksitasi generator guna menghasilkan redaman osilasi rotor mesin sinkron. Konsep sinkronisasi dan redaman torsi telah digunakan untuk menunjukkan bahwa kontroler tersebut dapat mengganggu stabilitas tenaga listrik. Berdasarkan hasil simulasi pada ETAP Power Station menunjukkan bahwa PSS dapat meningkatkan kualiat tegangan exitasi dan arus exitasi exitasi.

Kata kunci : sistem Exitasi , Power System Stabilizer

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan karunia-NYA kami dapat menyelesaikan Penyusunan Skripsi ini yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro Konsentrasi Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak luput dari bantuan beberapa pihak yang terus memberi masukan dan dukungan. Pada kesempatan kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT, selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak M Ibrahim Ashari, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Elektro.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE Selaku Dosen Pembimbing 1
4. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT Selaku Dosen Pembimbing 2
5. Kedua Orang Tua untuk doa dan dukungannya selama ini
6. Seluruh Dosen Elektro Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang
7. Semua pihak yang telah mendukung skripsi ini.

Menyadari akan banyaknya kekurangan yang ada dalam penyusunan laporan maka kami menganggap bahwa laporan ini belumah sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran sangat membantu guna mendapatkan hasil yang lebih baik.

Malang, Februari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik	4
2.1.1 Kestabilan Steady State	5
2.1.2 Kestabilan Transien	5
2.1.3 Kestabilan Dinamis	6
2.2 Operasi Sistem Tenaga	7
2.3 Kestabilan Transfer Daya Generator	8
2.4 Power System Stability (PSS)	11
2.4.1 Pengertian PSS	11
2.4.2 Komponen PSS	12
2.5 Sinkronisasi Pada Sistem Pembangkit Listrik	15

BAB III ANALISA KESTABILAN SISTEM.....	17
3.1 Software <i>ETAP Power Station</i>	17
3.1.1 Mmulai <i>ETAP Power Station</i>	17
3.1.2 Data Yang Digunakan Dalam Simulasi	19
3.2. Pemodelan Sistem Tenaga Listrik	23
3.2.1 Model Sistem Tenaga listrik Multimesin	23
3.2.2 Model Linear Dinamika Sebuah Mesin Sinkron	23
3.2.3 Persamaan Ayunan Rotor Generator Sinkron.....	24
3.2.4 Masalah Stabilitas Sistem Generator Sinkron	30
3.2.5 Kontribusi Torsi Redaman Dan Torsi Sinkronisasi Dari Loop Mekanik Dan Loop Elektrik	32
3.2.5.1 Loop Mekanik	32
3.2.5.2 Loop Elektrik Dalam Dua Mode	34
3.3 Flowchart Pemecahan Masalah	38
 BAB IV HASIL SIMULASI KESTABILAN SISTEM.....	39
4.1 Sistem Kelistrikan PLTD Larantuka	39
4.1.1 Single Line	39
4.2 Hasil Simulasi Kestabilan Sistem.....	40
4.2.1. Hasil simulasi Pada Keadaan Beban Normal	40
4.2.2. Terjadi Gangguan Sebelum Pemasangan PSS.....	42
4.2.3 Terjadi Gangguan Sesudah Pemasangan PSS	47
 BAB V PENUTUP	53
5.2. Saran	53
5.1. Kesimpulan	53
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Tranfer Daya	9
Gambar 2.2 Implementasi PSS Pada Generator	12
Gambar 2.3 Sebuah Sistem PSS Pada Generator Ke I	13
Gambar 2.4 PSS dalam bentuk model linear	13
Gambar 2.5 PSS tipe PPS 1A	14
Gambar 3.1 Tampilan utama ETAP <i>Power Station</i>	17
Gambar 3.2 Tampilan Modul Utama ETAP <i>Power Station</i>	18
Gambar 3.3 Tampilan Single Line Jaringan Tenaga Listrik Dalam ETAP <i>Power Station</i>	19
Gambar 3.4 Dinamika Dasar Generator Sinkron.....	24
Gambar 3.5 Diagaram blok model dinamika sebuah generator sinkron	27
Gambar 3.6 Dinamika model reaksi jangkar terhadap perubahan sudut δ	28
Gambar 3.7 Diagram Model Tegangan	28
Gambar 3.8 Model Linear Sebuah Generator Sinkron	29
Gambar 3.9 Blok Diagram Model Dinamika Gerak Rotor Dengan Memasukkan Efek Loop Reaktif	30
Gambar 3.10 Diagarm Model Loop Mekanik Dinmika Mesin Sinkron.....	32
Gambar 3.11 Diagram Torsi Sinkronisasi Dan Torsi Redaman	33
Gambar 3.12 Diagram Blok Torsi Yangdihasilkan Oleh Komponen Reaktif.....	34
Gambar 3.13 Blok Diagarm Sebuah Mesin Sinkron Dengan PSS	37
Gambar 3.14 Flowchar Pemecahan Masalah.....	38
Gambar 4.1 Single Line PLTD Larantuka	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data generator Simulasi <i>ETAP Power Station</i>	19
Tabel 3.2 Parameter Mesin Dinamik	20
Tabel 3.3 Beban Pada Simulasi <i>ETAP Power Station</i>	20
Tabel 3.4 Data Saluran Pada Simulasi <i>ETAP Power Station</i>	21
Tabel 4.1 Tabel perbandingan kestabilan sistem sebelum pemasangan PSS dan Sesuda pemasangan PSS pada saat terjadi gangguan	52

DAFTAR GRAFIK

Garafik 4.2 Sudut Rotor Generator Pada Keadaan Beban Normal	40
Garafik 4.3 Daya Reaktif Generator Pada Keadaan Beban Normal	40
Garafik 4.4 Tegangan Eksitasi Generator Pada Keadaan Beban Normal	40
Garafik 4.5 Daya Elektrik Generator Pada Keadaan Beban Normal	41
Garafik 4.6 Daya Mekanik Generator Pada Keadaan Beban Normal	41
Garafik 4.7 Sudut Rotor Generator Sebelum Pemasangan PSS	42
Garafik 4.8 Daya Reaktif Generator Sebelum Pemasangan PSS	43
Garafik 4.9 Tegangan Eksitasi Generator Sebelum Pemasangan PSS	44
Garafik 4.10 Daya Elektrik Generator Sebelum Pemasangan PSS	45
Garafik 4.11 Daya Mekanik Generator Sebelum Pemasangan PSS	46
Garafik 4.12 Sudut Rotor Generator Sesudah Pemasangan PSS	47
Garafik 4.13 Daya Reaktif Generator Sesudah Pemasangan PSS	48
Garafik 4.14 Tegangan Eksitasi Generator Sesudah Pemasangan PSS	49
Garafik 4.15 Daya Elektrik Generator Sesudah Pemasangan PSS	50
Garafik 4.16 Daya Mekanik Generator Sesudah Pemasangan PSS	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakng

Semakin meningkatnya kebutuhan listrik maka harus diimbangi dengan kontinuitas pelayanan listrik kepada pelanggan. Kontinuitas pelayanan listrik kepada pelanggan dapat terwujud dengan baik dengan cara meningkatkan sistem control pada pembangkit dan penyaluranya. Salah satunya merancangkontroler eksitasi, yang diharapkan dapat memberikan kinerja dinamis yang lebih baik melalui sistem yang lebih luas dan operasi yang kondisional.

Pada perancangan dan operasi sistem tenaga listrik kestabilan sistem merupakan hal yang sangat penting. Sistem eksitasi sangat penting dalam mengendalikan kestabilan pada pembangkit, karena pada saat terjadi gangguan eksitasi akan mengontrol keluaran generator dan faktor daya untuk mencapai titik keseimbangan baru. Bila arus eksitasi naik maka daya reaktif yang disalurkan dari generator kesistem akan naik, dan sebaliknya bila arus eksitasi turun maka daya raktif yang disalurkan akan berkurang. Jika arus eksitasi yang diberikan terlalu kecil, menyebabkan aliran daya reaktif akan berbalik dari sistem menuju generator, sehingga generator menyerap daya reaktif dari sistem. Keadaan ini sangat berbahaya karena menyebabkan pemanasan berlebihan pada stator.

Jika controller dalam kondisi sistem yang lemah, nilai dari redaman signifikan berkurang dan respon menjadi lebih berosilasi. Hal ini menyebabkan koefisien torsi redaman berkurang dengan peningkatan reaktansi setara dengan beban sistem. Untuk memperbaiki kestabilan sistem dapat dilakukan dengan memasang *Power System Stabilizer (PSS)*

1.2 RumusanMasalah

Mengacu pada latarbelakang diatas dengan permasalahan yang sering timbul, maka akan dibahas :

1. Bagaimana memperbaiki stabilitas tegangan exitasi pada generator listrik apabila terjadi gangguan tiga fasa dan pemutusan beban secara tiba tiba.

2. Bagaimanamedam osilasi rotor genertor sinkron yang disebabkan oleh gangguan tiga fasa dan pemutusan beban tiba-tiba.

1.3 Tujuan

Hal-hal yang menjad itujuan penulisan adalah :

1. Untuk meningkatkan kestabilan sistem pembangkit tenaga listrik, apabila terjadi terjadi gangguan tiga fasa dan pemutusan beban secara tiba tiba.
2. Meredam osilasi rotor genertor sinkron yang disebabkan oleh gangguan tiga fasa dan pemutusan beban secara tiba-tiba.

1.4 BatasanMasalah

Agar tujuan dapat tercapai maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Sistem yang digunakan dalam penulisan ini adalah istem Multimesin.
2. Penulisan hanya membahas tentang kestabilan dinamik dengan asumsi sebagai berikut:
 - a. Tahanan stator diabaikan
 - b. Baban sebagai beban statik
 - c. Kejenuhan inti pada generator diabaikan.
3. Simulasi yang dilakukan terdiri dari 2 generator menggunakan software ETAP Power Station.
4. Penulis hanya membahas gangguan tiga fasa dan pemutusan beban secara tiba-tiba

1.5 MetodologiPenelitian

Adapunmetodepenelitian yang digunakanadalahsebagaiberikut:

1. Studi literatur berupa pengumpulan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan, serta mempelajari dan memahami referensi tersebut.
2. Melakukan analisa lapangan pada subjek penelitian, sesuai dengan permasalahan yang dibahas.
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program *Software ETAP PowerStation*.

4. Menarik kesimpulan dari analisa sinkronisasi dan redaman torsi regulator tegangan nonlinear

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan penulisan skripsi ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Bab berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Pembatasan masalah, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II : Dasar Teori

Bab ini Berisi tentang landasan teori mengenai permasalahan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III : Analisa Kestabilan Sistem

Bab ini akan membahas mengenai perhitungan, sinkronasi dan redaman torsi untuk meningkatkan kestabilan sistem.

BAB IV : Hasil Simulasi Kestabilan Sistem

Bab ini berisi tentang hasil penentuan Kestabilan sistem menggunakan software ETAP Power Station.

BAB V : Penutup

Bab ini akan beris ikesimpulan yang diambil dari hasil analisa dan saran-saran untuk tahap pengembangan selanjutnya yang mungkin dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Stabilitas sistem tenaga listrik menjadi perhatian utama dalam sebuah sistem operasi tenaga listrik. Perhatian itu muncul dari fakta bahwa pada kondisi *steady state*. Gangguan kecil atau besar pada sebuah sistem tenaga listrik berdampak pada operasi sinkron. Sebagai contoh kenaikan atau penurunan beban secara tiba-tiba, atau akibat rugi-rugi pembangkit menjadi salah satu jenis gangguan yang berpengaruh sangat signifikan terhadap sistem. Jenis lain dari gangguan adalah jaringan transmisi terputus, beban lebih (*over load*) atau hubungan singkat. Dengan demikian diharapkan stabilitas sistem akan menuju keadaan mantap dalam waktu singkat setelah gangguan menghilang. Hal ini merupakan gambaran sebuah sistem yang dianggap sukses.

Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan karakteristik sistem tenaga yang memungkinkan mesin bergerak serempak dalam sistem pada operasi normal dan dapat kembali dalam keadaan seimbang setelah terjadi gangguan. Secara umum permasalahan stabilitas sistem tenaga listrik terkait dengan kestabilan sudut rotor (*Rotor Angle Stability*) dan kestabilan tegangan (*Voltage Stability*). Klasifikasi ini berdasarkan rentang waktu dan mekanisme terjadinya ketidakstabilan. Kestabilan sudut rotor di klasifikasikan menjadi Kestabilan *Steady State* dan Kestabilan *Transient*. Kestabilan *Steady State* adalah kestabilan sistem untuk gangguan-gangguan kecil dalam bentuk osilasi elektromekanik yang tak teredam, sedangkan Kestabilan *Transient* dikarenakan kurang sinkronnya torsi dan diawali dengan gangguan-gangguan besar.

Disamping dua kategori diatas, Profesor William D. Stevenson menambahkan satu kategori yaitu kestabilan dinamik. Secara konsep kestabilan *steady state* dan dinamik adalah sama. Hal penting yang harus dicatat adalah walaupun sistem beroperasi dalam kondisi tidak stabil secara transien, tetapi kestabilan sinyal kecil pada sistem tersebut perlu dijaga setiap waktu. Secara umum kestabilan tergantung dari beban sistem. Peningkatan beban dapat memicu ketidak stabilan sistem. Hal ini menunjukan bahwa menjaga kestabilan sistem merupakan penting meskipun berada pada kondisi beban berat.

2.1.1 Kestabilan Steady State

Kestabilan steady state adalah kemampuan sistem tenaga untuk mencapai kondisi stabil pada kondisi operasi baru yang sama atau identik dengan kondisi sebelum terjadi gangguan setelah sistem mengalami gangguan kecil. Analisis kestabilan steady state menggunakan pendekatan linearisasi. Kestabilan steady state pada sistem tenaga dapat disebut sebagai kestabilan sinyal kecil (small signal stability). Kestabilan steady state merupakan sebuah fungsi dari kondisi operasi.

Apabila beban pada generator meningkat maka, rotasi rotor akan melambat, dan sebaliknya, akan semakin cepat apabila beban menurun. Pada kondisi normal, perubahan sudut rotor akan sedikit mengalami overshoot, yaitu akan sedikit lebih lambat atau lebih cepat. Pada kondisi stabil maka osilasi akan tetap terjadi sampai akhirnya berada pada posisi tertentu untuk kondisi beban yang baru. Apabila rotor berada pada kondisi tetap yang hanya terjadi dalam waktu yang cepat, maka mesin dapat dikatakan dalam keadaan stabil, dan osilasi dikatakan memiliki damping yang baik.

Ayunan pada kondisi yang telah dijelaskan tersebut biasanya terlalu cepat untuk direspon oleh governor pada mesin. Bagaimanapun juga, sistem eksitasi generator yang cepat beraksi (eksiter dan regulasi tegangan pada generator) akan peka terhadap perubahan tegangan yang menyebabkan osilasi sudut rotor dan memperkuat atau memperlemah medan generator, sehingga mempengaruhi kecepatan mesin untuk mencapai kondisi operasi yang stabil.

Kondisi yang telah dijabarkan diatas akan selalu ada pada sistem tenaga listrik karena beban yang ada akan selalu bertambah dan ada pula yang hilang, dan semua generator yang terinterkoneksi harus selalu menyesuaikan energi input, sudut rotor, dan eksitasi agar sesuai dengan kondisi pada saat itu juga.

2.1.2 Kestabilan Transien

Kestabilan Transien adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk mencapai kondisi stabil operasi baru yang dapat diterima setelah sistem mengalami gangguan besar. Kestabilan transien pada sistem tenaga adalah respon output yang mencapai kondisi operasi steady state yang diinginkan dan sistem yang dapat kembali ke posisi semula pada saat sistem mengalami gangguan. Kestabilan transien merupakan fungsi dari kondisi operasi gangguan.

Setelah hilangnya pembangkitan atau beban besar secara tiba-tiba, keseimbangan antara energi input dan output listrik pada sistem akan hilang. Jika energi input tidak lagi mencukupi, inersia rotor mesin yang masih bekerja, pada periode yang singkat, akan melambat. Apabila beban hilang maka energi input pada sistem akan melebihi beban listrik, dan mesin akan bergerak semakin cepat.

Berbagai macam faktor mempengaruhi stabilitas sistem, seperti kekuatan pada jaringan transmisi didalam sistem dan saluran pada sistem yang berdekatan, karakteristik pada unit pembangkitan, termasuk inersia pada bagian yang berputar, dan properti listrik seperti reaktansi transien dan karakteristik saturasi magnetik pada besi stator dan rotor. Faktor penting lainnya adalah kecepatan pada saluran atau perlengkapan yang terjadi gangguan dapat diputus (disconnect) dan, dengan reclosing otomatis pada saluran transmisi, yang menentukan seberapa cepat saluran dapat beroperasi lagi. Sebagaimana pada stabilitas steady-state, kecepatan respon pada sistem eksitasi generator merupakan faktor yang penting dalam mempertahankan stabilitas transien. Gangguan pada sistem biasanya diikuti oleh perubahan tegangan yang cepat pada sistem, dan pemulihan kembali tegangan dengan cepat menuju ke kondisi normal merupakan hal yang penting dalam mempertahankan stabilitas.

2.1.3 Kestabilan Dinamis

Beberapa waktu setelah gangguan, governor pada prime mover akan bereaksi untuk menaikkan atau menurunkan energi input, sesuai kondisi yang terjadi, untuk mengembalikan keseimbangan antara energi input dan beban listrik yang ada. Hal ini biasanya terjadi sekitar satu hingga satu setengah detik setelah terjadi gangguan. Periode ketika governor mulai bereaksi dan waktu ketika kestabilan mencapai kondisi steady-state adalah periode ketika karakteristik kestabilan dinamik mulai efektif. Stabilitas dinamis adalah kemampuan sistem untuk tetap pada kondisi sinkron setelah ayunan pertama (periode stabilitas transien) hingga sistem mencapai kondisi steady-state yang baru.

Selama periode ini, governor membuka atau menutup katup, sebagaimana diperlukan, untuk meningkatkan atau menurunkan energi input pada prime mover, dan operasi kontroler saluran untuk mengembalikan aliran daya pada saluran ke kondisi normal. Biasanya, bila generator peka terhadap drop kecepatan, mereka akan bereaksi untuk membuka katup untuk memberikan uap lebih pada turbin uap atau air pada turbin air dan memberikan cukup energi

untuk menahan penurunan kecepatan (frekuensi) dan mempercepat sistem hingga kembali ke keadaan normal. Ini masih merupakan kondisi tidak seimbang, karena energi input sekarang melebihi beban, dan kecepatan akan meningkat untuk titik dibawah normal, ketika governor akan beraksi untuk mengurangi energi input. Sebagai hasilnya, osilasi energi input dan sudut rotor mesin akan terjadi. Apabila sistem stabil secara dinamis, osilasi akan diredam, yaitu, pengurangan pada magnitude, dan setelah beberapa kali ayunan sistem akan berada pada kondisi equilibrium steady-state.

Kondisi yang secara transient stabil tetapi secara dinamik tidak stabil bisa saja terjadi. Segera setelah gangguan rotor pada mesin akan melalui ayunan pertama (sebelum aksi dari governor), kemudian setelah kontrol mulai bekerja, osilasi akan meningkat sampai mesin tidak berada dalam kondisi sinkron. Hal ini dapat terjadi bila aksi kontrol governor, yang terjadi akibat adanya kebutuhan untuk menaikkan atau menurunkan daya input, terjadi penundaan waktu sehingga aksi tersebut akan menambah ayunan berikutnya bukannya mengurangi.

2.2 Operasi Sistem Tenaga

DyLiacco, Fink, dan Carlon mengklasifikasika operasi sistem tenaga menjadi lima keadaan, yaitu keadaan aman, keadaan siaga, keadaan darurat, keadaan bahaya, dan keadaan restoratif. Klesifikasikan operasi sistem tenaga secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Keadaan Aman

Pada keadaan ini semua batas persamaan tegangang (V_t) dan pertidaksamaan arus (I) dipenuhi. Pada keadaan ini pembangkit dianggap cukup mensuplai kebutuhan bebanyang adaserta tidak ada peralatan yang melebihi batas kerja. Demikian juga pada keadaan ini, batas cadangan cukup untuk memenuhi tingkat keamanan dengan mengutamakan sistem utama. Aktifitas berikutnya adalah meningkatkan kepuasan keamanan.

2. Keadaan Siaga

Perbedaan antara keadaan ini dengan keadaan aman adalah tingkat keamanan dibawah ambang batas. Hal tersebut menimbulkan bahaya gangguan yang berasal dari berbagai variabel yang tidak seimbang (arus, tegangan dan frekuensi) ketika sistem terganggu. Hal itu dapat terjadi akibat variabel keamanan sistem tidak

terintegrasi dengan baik. Control pencegahan perlu dilakukan untuk melakukan transisi dari keadaan siaga ke keadaan aman.

3. Keadaan Darurat

Untuk gangguan besar system dapat masuk ke dalam gangguan darurat. Disini variabel (I) terganggu, dan bagaimanapun juga sistem akan tetap utuh dan control darurat dapat digunakan untuk memperbaiki sistem menuju keadaan siaga. Jika control tersebut tidak efektif, dan gangguan awal cukup besar dan melebihi batas sistem, maka sistem akan jatuh menuju keadaan berbahaya.

4. Keadaan berbahaya

Keadaan berbahaya terjadi jika dua variabel (I) dan (V_t) diganggu. Gangguan pada keseimbangan variabel berdampak pada pelepasan beban sistem. Control darurat diusahakan untuk menghindari sistem jatuh total.

5. Keadaan Restoratif

Keadaan ini merupakan transisi untuk variabel (I) yang bertemu dengan control darurat, tetapi variabel (V_t) belum dapat terpenuhi. Dari keadaan ini, sistem dapat berpindah ke kedua jenis keadaan (siaga atau aman).

Untuk pengembangan lebih lanjut dalam pendefinisian keadaan sistem, darurat sistem tenaga dapat didefinisikan sebagai:

1. Krisis Viabilitas, krisis ini terjadi akibat ketidak seimbangan antara pembangkit, beban transmisi lokal atau sistem luas.
2. Krisis Stabilitas, krisis ini merupakan hasil akumulasi energi pada ayunan sistem sehingga mengacaukan integritas sistem.

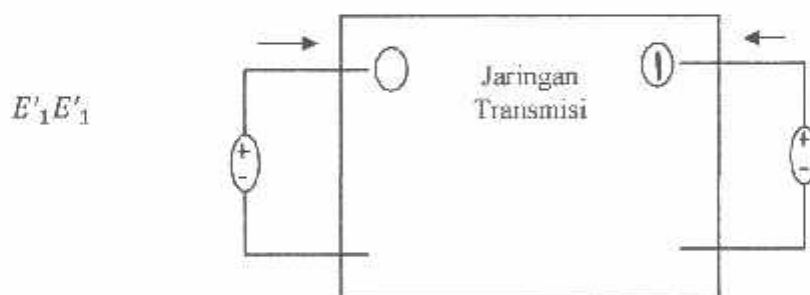
Keadaan berbahaya berhubungan dengan karakteristik kesahan dari sebuah sistem dan kehilangan integritas sistem, termasuk pemecahan yang tidak dapat terkontrol. Hal itu menjelaskan objek kontrol pada keadaan darurat seharusnya menghindari transisi dari keadaan darurat kedalam bahaya. Oleh karena itu, pengetahuan tentang dinamika sistem sangat penting untuk mendesain kontroler yang berhubungan dengan keadaan sistem.

2.3 Kestabilan Transfer Daya Generator

Generator beroperasi dalam keadaan stabil, jika terdapat keseimbangan antara daya input mekanis penggerak utama (primer mover) dengan daya output listrik. Dalam keadaan ini generator dalam kecepatan sinkron dengan tegangan keluaran 1 pu. Jika terjadi ketidakseimbangan misal karena kenaikan atau penurunan beban maka generator akan mengalami transien yaitu menyimpangnya nilai kecepatan rotor generator (frekuensi sistem) dan tegangan dari nilai nominal. Agar kecepatan rotor dan tegangan keluaran generator kembali normal, governor dan rangkaian eksitasi akan bereaksi menyeimbangkan daya input dan output. Jika akibat beroperasinya governor dan rangkaian eksitasi, nilai kecepatan dan tegangan dan rangkaian eksitasi, nilai kecepatan dan tegangan menuju nilai atau kembali ke nilai nominal, berarti generator tersebut stabil. Sebaliknya, bila akibat beroperasinya governor dan rangkaian eksitasi, nilai kecepatan dan tegangan tidak konvergen ke satu nilai, berarti generator tersebut tidak stabil.

Kestabilan generator bergantung pada banyak faktor. Disamping faktor kecepatan respon governor dan eksitasi, kestabilan generator sangat bergantung pada nilai sudut daya generator pada nilai transfer daya tertentu dan resistansi jaringan antara generator dan beban.

$f_1 f_1$



Gambar 2.1
Diagram Tranfer Daya

Gambar 2.1 merupakan skema generator yang mencatu daya melalui sistem transmisi ke sistem ujung penerima pada rel 2. Segiempat yang terlihat mewakili sistem transmisi yang terdiri dari komponen pasif linear transformator, saluran transmisi, kapasitor dan reaktansi peralihan generator tersebut. Tegangan E'_1 mewakili tegangan dalam peralihan generator pada rel 1.

Tegangan E_2' pada ujung penerima dianggap sebagai tegangan tak terhingga atau tegangan dalam peralihan motor serempak yang reaktansi peralihan sudah dimasukan ke dalam jaringan.

Matriks adminitrasi rel jaringan dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_{rel} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan daya pada ujung k:

$$P_k - jQ_k = V_K^* \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan k dan n berturut-turut 1 dan 2. Dengan menggantikan V dengan E' dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_1 + jQ_1 = E_1'(Y_{11}E_1')^* + E_1'(Y_{12}E_2')^* \dots\dots\dots (2.3)$$

Bila,

$$E_1' = |E_1'| < \delta_1 \qquad E_2' = |E_2'| < \delta_2$$

$$Y_{11} = G_{11} + jB_{11} \quad Y_{12} = |Y_{12}| < \theta_{12}$$

Diperoleh

$$P_1 = |E_1'|^2 B_{11} + |E_1'| |E_2'| |Y_{12}| \sin(\delta_1 - \delta_2 - \theta_{12}) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Q_1 = -|E_1'|^2 B_{11} + |E_1'| |E_2'| |Y_{12}| \sin(\delta_1 - \delta_2 - \theta_{12}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan serupa berlaku juga pada rel 2.

$$\delta = \delta_1 - \delta_2$$

Dan menetapkan sudut baru ysedemikian rupa schingga:

$$y = \theta_{12} - \frac{\pi}{2}$$

Maka,

$$P_1 = |E_1'|^2 B_{11} + |E_1'| |E_2'| |Y_{12}| \sin(\delta - y) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Q_1 = -|E_1'|^2 B_{11} + |E_1'| |E_2'| |Y_{12}| \sin(\delta - y) \dots\dots\dots (2.7)$$

Persamaan (2.5) dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$P_e = P_e + P_{max} \sin(\delta - y) \dots\dots\dots (2.8)$$

Persamaan (2.7) merupakan persamaan sudut daya. Bila jaringan dianggap tanpa resistansi, semua unsur Y_{rel} adalah supsetansi G_{11} dan y keduanya adalah nol. Persamaan sudut daya yang kemudian berlaku untuk jala-jala reaktansi murni adalah hanya merupakan persamaan

yang sudah dikenal:

$$P_e = P_{max} \sin \delta \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P_{max} = \frac{|E_1||E_2|}{X} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan X adalah reaktansi tranfer antara E_1' dan E_2' . Persamaan (2.8) menjelaskan bahwa daya maksimum yang bisa ditranfer oleh generator sangat bergantung nilai reaktansi jaringan. Jika satu generator mentranfer lebih dari daya maximum maka akan terjadi ketidak stabilan berupa hilangnya sinkronisasi pada generator. Jika masih terjadi kenaikan beban maka kopling magnet rotor dan stator akan lepas. Upaya menaikan batas maksimum tranfer daya dapat dilakukan dengan memperkecil nilai reaktansi jaringan.

2.4 Power Sistem Stability (PSS)

2.4.1 Pengertian PSS

Power Sistem Stability (PSS) merupakan suatu piranti yang berfungsi untuk menjaga stabilitas sistem tenaga listrik (Grainger dan Stevensson, 1994; Saadat, 1999).PSS berfungsi untuk memperluas batas stabilitas sistem tenaga listrik dengan memberikan peredaman osilasi rotor mesin sinkron melalui eksitasi generator.Peredaman ini diberikan oleh torsi elektirk yang diterapkan dalam rotor sejalan dengan variasi kecepatan.

Osilasi tersebut biasanya terjadi dalam rentang frekuensi dari 0,2 sampai 3,0 Hz, dan dapat mengganggu kemampuan sistem dalam mentransmisikan daya listrik (Bandal et al.,2006). Dalam meredam osilasi tersebut, PSS harus mampu menghasilkan komponen torsi elektrik sesuai dengan perubahan kecepatan rotor generator.Osilasi elektromagnetik dapat digolongkan menjadi :

1. Osilasi lokal (local oscillations)

Osilasi lokal disebabkan oleh gangguan yang terjadi antara satu unit generator aktif dalam suatu stasiun pembangkit listrik. Frekuensi osilasinya pada umumnya berkisar pada rentang antara 0,8 hingga 4,0 Hz.

2. Osilasi antar stasiun (interplant oscillations)

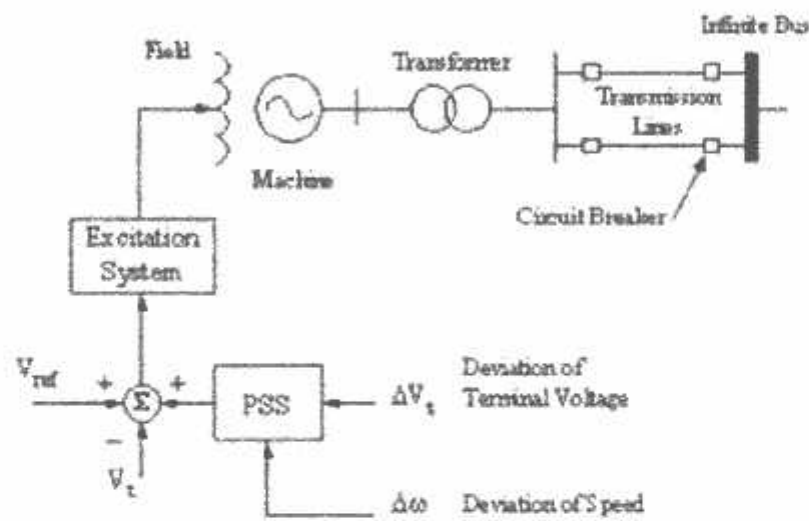
Osilasi antar stasiun disebabkan oleh gangguan yang terjadi antara dua stasiun pembangkit listrik yang berdekatan.Frekuensi osilasinya pada umumnya berkisar pada rentang antara 1 Hz hingga 2 Hz.

3. Osilasi antar area (inter-area oscillations)

Osilasi antar area disebabkan oleh gangguan yang terjadi antara dua kelompok besar stasiun pembangkit dalam suatu sistem tenaga listrik. Frekuensi osilasinya pada umumnya berkisar pada rentang antara 0,2 hingga 0,8 Hz.

4. Osilasi global (global oscillation)

Osilasi global dikarakteristikan oleh osilasi pada fase yang sama pada seluruh generator. Frekuensi osilasi global ini umumnya dibawah 0,2 Hz. Osilasi ini disebut juga *ayunan daya power swings*, dan secara efektif harus diredam untuk menjaga stabilitas sistem tenaga listrik.

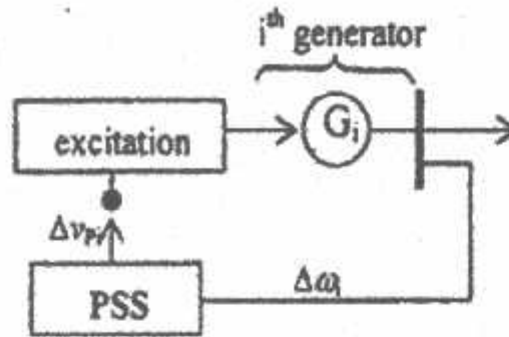


Gambar 2.2

Implementasi PSS Pada Generator

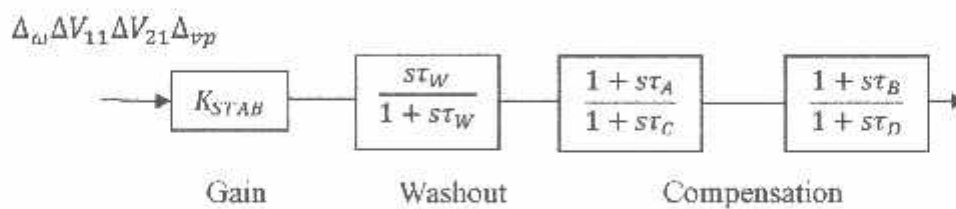
2.4.2 Komponen PSS

Implementasi sebuah PSS pada sistem daya yang disambung melalui ΔV_p ke port stabilizer seperti yang ditunjukkan pada 2.3



Gambar 2.3

Sebuah Sistem PSS Pada Generator Ke I



Gambar 2.4

PSS dalam bentuk model linear

Penjelasan fungsi masing-masing blok pada gambar 2.4

1. Blok Gain

Gain berfungsi untuk mengatur besar penguatan agar diperoleh besaran torsi sesuai dengan yang diinginkan

2. Blok Washout

Washour filter berfungsi untuk menyediakan bias stadiy state output PSS yang akan memodifikasi tegangan terminal generator. PSS diharapkan hanya dapat merespon variasi transiaent sari sinyal klecepatan rotor generator $\Delta\omega$ dan tidak untuk sinyal DC offset. Washour filter bekerja sebagai high pass filter yang melewati semua frekuensi yang diinginkan. Jika hanya model lokal yang diinginkan, nilai T_w dapat dipilih dalam range 1 sampai 2. Tetapi jika model interarea juga ingin diredam maka nilai T_w harus dipilih salam interval 10 sampai 20.

Blok Lead atau lag berfungsi sebagai penghasil karakteristik phase-lead yang sesuai untuk mengkompensasi phase lag antara masukan eksitasi dan torsi generator.

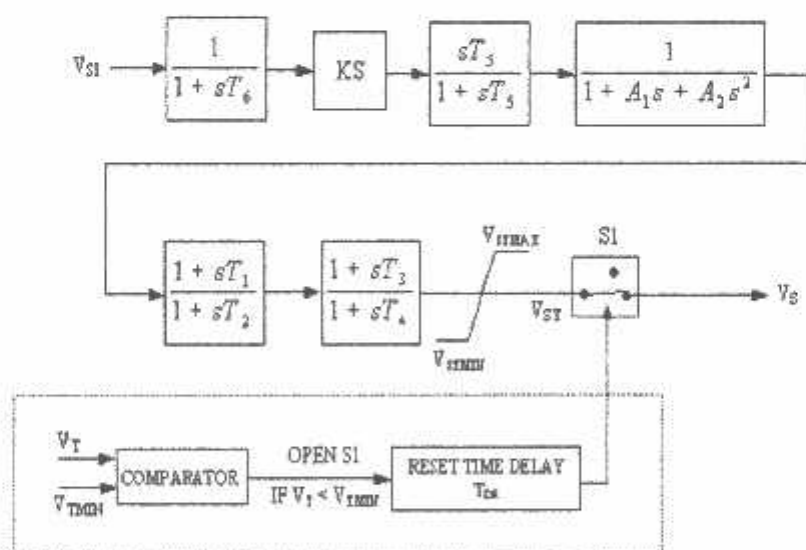
3. Limiter

Output PSS dibatasi agar aksi PSS pada AVR sesuai dengan yang diharapkan. Sebagai contoh pada saat terjadi pelepasan beban, AVR berreaksi 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 blok limiter. Perlu diperhatikan bahwa nilai batas negatif yang tinggi sangat mengganggu kestabilan swicing pertama.

Secara umum fungsi alih dari PSS dapat digambarkan dalam bentuk model linear yaitu:

$$\Delta V_{pi}(S) = K_{STAB} \frac{s\tau_{\omega}}{1+s\tau_{\omega}} \left[\frac{(1+s\tau_A)(1+s\tau_B)}{(1+s\tau_C)(1+s\tau_D)} \right] \Delta \omega_i(S) \dots \dots \dots (2.11)$$

$s\tau_{\omega}/1 + s\tau_{\omega}$ adalah sebuah faktor washout yang bekerja sebagai high-pass filter dengan time lag τ_{ω} . faktor yang ada dalam kurung adalah sebuah lead compensation untuk memperbaiki phase lag melalui sistem. Parameter-parameter $\tau_A, \tau_B, \tau_C, \tau_D$, dan K_{STAB} ditelaah harga yang tidak berubah.



Gambar 2.5
PSS tipe PPS 1A

2.5 Sinkronisasi Pada Sistem Pembangkit Listrik

Sinkronisasi pada generator adalah memparalelkan kerja dua buah generator atau lebih untuk mendapatkan daya sebesar jumlah generator tersebut. Syarat - syarat mensinkronkan generator adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai tegangan kerja yang sama

Dengan adanya tegangan kerja yang sama diharapkan pada saat diparaleldengan beban kosong power faktornya 1. Dengan power factor 1 berarti tegangan antara generator persisi sama. Jika 2 sumber tegangan itu berasal dari dua sumber yang sifatnya statis bisa dari battery atau transformatormaka tidak akan ada arus antara keduanya. Namun karena dua sumber merupakan sumber tegangan yang dinamis,maka power faktornya akan terjadi deviasi naik dan turun secara periodic bergantian dan berlawanan. Hal ini terjadi karena adanya sedikit perbedaan sudut phase yang sesekali bergeser karena factor gerak dinamis dari penggerak. Selisih tegangan yang kecil cukup mengakibatkan timbulnya arus sirkulasi antara generator tersebut dan sifatnya tarik menarik. Dan pada saat dibebani bersama sama maka power faktornya akan relative sama sesuai dengan power faktor beban. Sebaiknya masing - masing generator menunjukkan power factor yang sama. Namun jika terjadi power factor yang berbeda dengan selisih tidak terlalu banyak tidak terjadi akibat apa - apa.

Factor rendah akan mempunyai nilai arus yang sedikit lebih tinggi. Yang penting diperhatikan adalah tidak melebihi arus nominal dan daya nominal dari generator. Pada gencrator yang akan diparalel biasanya didalam alternatornya ditambahkan peralatan yang dinamakan Droop kit . Droop kit ini berupa current transformer yang dipasang, sebagian lilitan dan outputnya disambungkan ke AVR. Droop kit ini berfungsi untuk mengatur power factor berdasarkan besarnya arus beban, Sehingga pembagian beban Kvar diharapkan sama pada KW yang sama.

2. Mempunyai urutan phase yang sama

Yang dimaksud urutan phase adalah arah putaran dari ketiga phase. Arah urutan ini dalam dunia industri dikenal dengan nama clock wise (CW) yang artinya

searah jarum jam dan counter clock wise (CCW) yang artinya berlawanan dengan jarum jam. Hal ini dapat diukur dengan alat phase sequence type jarum. Dimana jika pada saat mengukur jarum bergerak berputar kekanan dinamakan CW dan jika berputar ke kiri dinamakan CCW. Disamping itu dikenal juga urutan phase ABC dan CBA. ABC identik dengan CW sedangkan CBA identik dengan CCW.

3. Mempunyai frekuensi kerja yang sama

Dalam mengoperasikan sebuah generator bisa saja mempunyai frekuensi yang fluktuatif (berubah ubah) karena factor - factor tertentu. Pada jaringan distribusi dipasang alat pembatas frekuensi yang membatasi frekuensi pada minimal 48,5 Hz dan maksimal 51,5 Hz. Namun pada Generator pabrik over frekuensi dibatasi sampai 55 Hz sebagai overspeed. Pada saat hendak paralel generator tentu tidak mempunyai frekuensi yang sama persis. Jika mempunyai frekuensi yang sama persis maka generator tidak akan bisa paralel karena sudut phasanya belum Sesuai, salah satu harus dikurang sedikit atau dilebihi sedikit untuk mendapatkan sudut phase yang tepat. Setelah dapat disinkron dan berhasil sinkron baru kedua generator mempunyai frekuensi yang sama-sama persis.

4. Mempunyai sudut phase yang sama

Mempunyai sudut phase yang sama bisa diartikan, phase dari Generator mempunyai sudut phase yang berhimpit sama (0^0). Dalam kenyataannya tidak memungkinkan mempunyai sudut yang berhimpit karena genset yang berputar meskipun dilihat dari parameternya mempunyai frekuensi yang sama namun jika dilihat menggunakan synchroscope pasti bergerak labil, ke kiri dan kekanan, dengan kecepatan sudut radian yang ada sangat sulit untuk mendapatkan sudut berhimpit dalam jangka waktu 0,5 detik. Breaker butuh waktu tidak kurang dari 0,3 detik untuk close pada saat ada perintah close pada proses sinkron masih diperkenankan perbedaan sudut maksimal 10 derajat. Dengan perbedaan sudut maksimal 10 derajat selisih tegangan yang terjadi berkisar 4 Volt.

BAB III

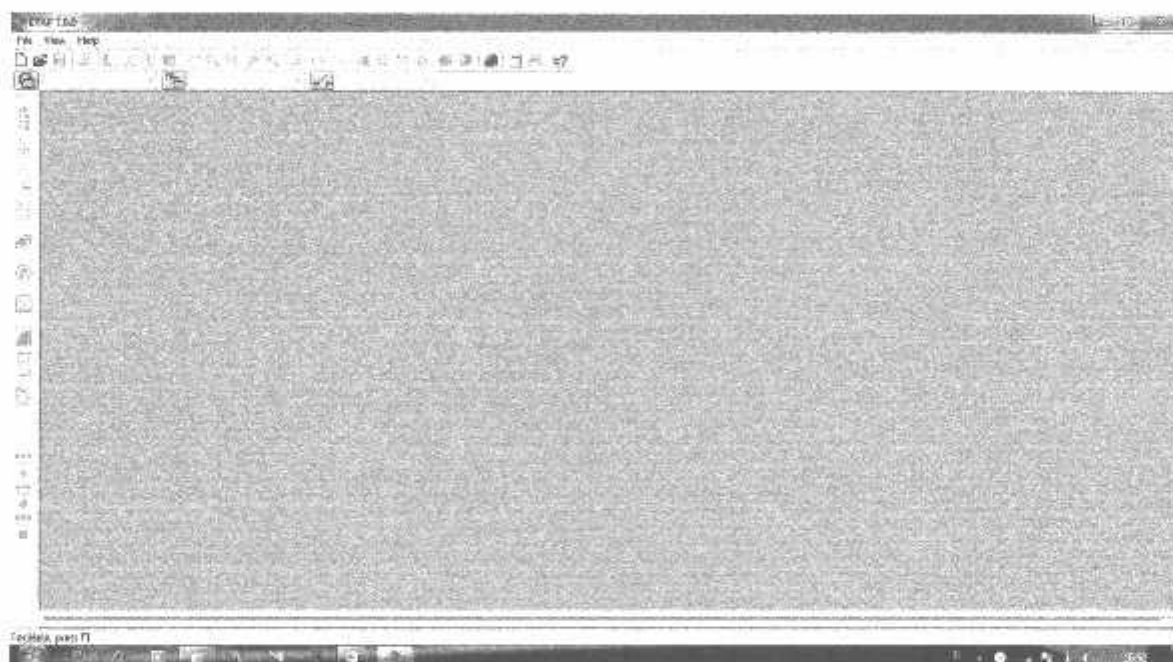
ANALISA KESTABILAN SISTEM

3.1 Software *ETAP Power Station*

3.1.1 Memulai *ETAP Power Station*

ETAP Power Station merupakan program untuk menganalisa kondisi transien suatu sistem kelistrikan. *ETAP Power Station* memungkinkan antar muka secara grafis dan komputasi yang sempurna dan secara langsung kita gambar *single line diagram*.

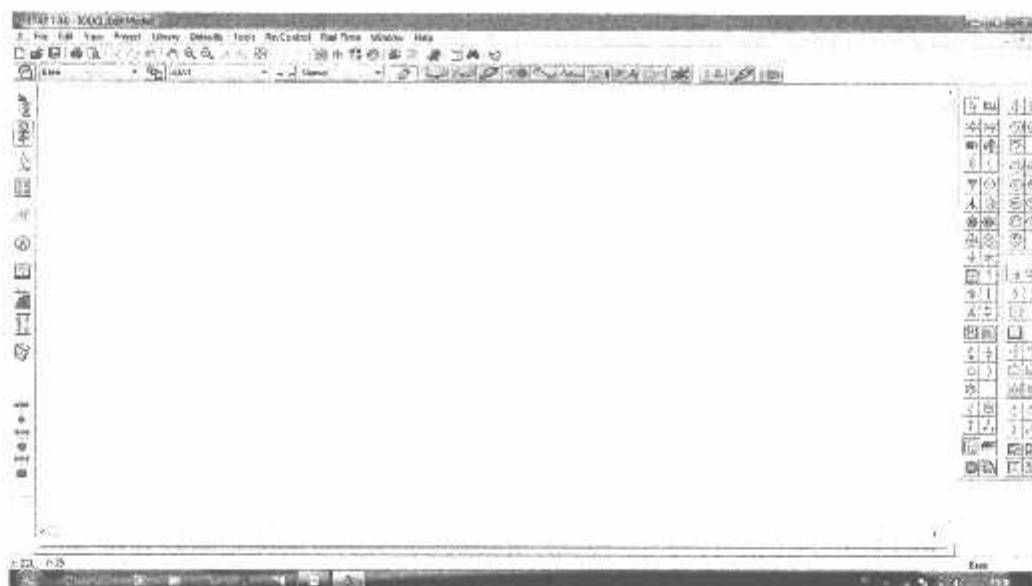
Tampilan utama *ETAP Power Station* adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1

Tampilan utama *ETAP Power Station*

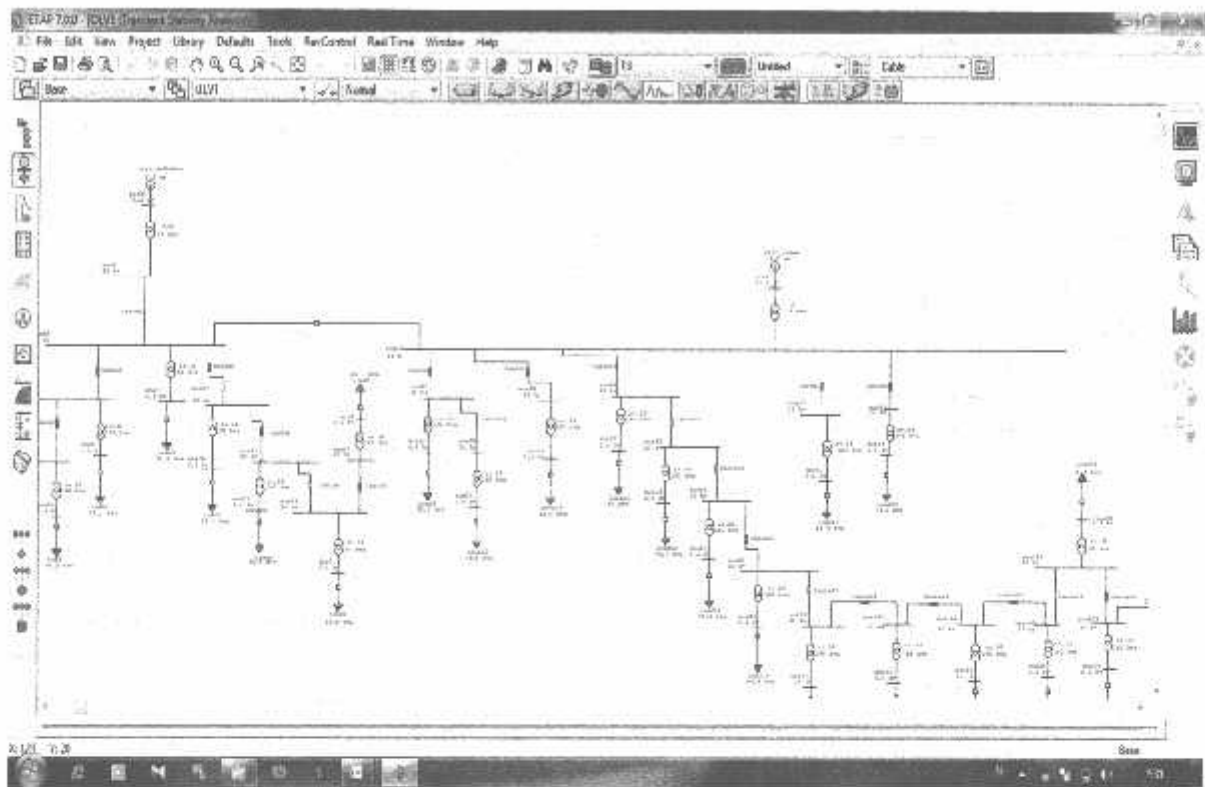
- Untuk memulai menggambar *single line* baru maka kita klik : File > New Project. Setelah melakukan prosedur diatas *ETAP Power Station* akan memberi nama file baru dengan nama "noname". Kemudian kita klik oke maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.2



Gambar 3.2

Tampilan Modul Utama ETAP Power Station

- Semua komponen yang digunakan dalam menggambar *single line* terdapat pada toolbar AC Edit, DC Edit dan Instrumen yang merupakan kumpulan dari alat ukur. AC Edit digunakan untuk menggambar jaringan AC sedangkan DC Edit digunakan untuk menggambar rangkaian DC.
- Setelah mendesain sistem seperti yang dibutuhkan, maka kita lihat tampilan *single line* dalam modul utama seperti gambar 3.3



Gambar 3.3
Tampilan Single Line Jaringan Tenaga Listrik Dalam ETAP Power Station

3.1.2Data Yang Digunakan Dalam Simulasi

Data yag digunakanpada simulasi pada progara ETAP Power Station adalah sebagai berikut:

1. Data Pembangkit

N O	Bus	Jenis	Pembangkit	
			P (MW)	Q (Mvar)
1	39	Generator W	3,076	0,403
2	2	Generator L	1,106	0,419

Tabel 3.1
Data generator Simulasi ETAP Power Station

2. Parameter Mesin Dinamik

Generator	X_d	X'_d	X_q	X'_q	X_L	R_a	T'_{do}	T'_{q0}	H
G W	1,55	0,28	1,55	0,65	0,15	1	6,5	1,25	2,194
G L	1,55	0,28	1,55	0,65	0,15	0,5	6.5	1.25	0,374

Tabel 3.2

Parameter Mesin Dinamik

3. Parameter Beban

No	Bus	Beban	Konsumsi	
			P (KW)	Q (Kvar)
1	11	8	36,38	22,546
2	10	7	34,17	21,177
3	9	6	37,74	23,389
4	77	1	19,38	12,011
5	78	2	19,38	12,011
6	79	3	36,04	22,336
7	7	4	17,425	10,799
8	8	5	34,595	21,44
9	12	9	66,81	41,405
10	11	10	64,005	39,667
11	35	14	36,635	22,704
12	15	11	68	42,143
13	16	12	64,345	39,881
14	17	13	62,22	38,56
15	36	15	34,765	21,545
16	40	16	68,885	40,149
17	41	17	38,76	24,021
18	44	20	63,92	39,614
19	42	18	62,9	38,982
20	43	19	33,405	20,703

21	50	21	35,615	22,702
22	53	23	56,1	34,768
23	52	22	16,575	10,272
24	54	24	33,15	20,545
25	59	25	53,89	33,398
26	61	26	85,85	53,205
27	62	27	15,81	9,798
28	63	28	14,845	9,219
29	64	29	4,93	3,005
30	65	30	15,215	9,249
31	66	30	31,195	19,333
32	67	32	29,41	18,227
33	75	33	30,26	18,753

Tabel 3.4
Beban Pada Simulasi *ETAP Power Station*

4. Data Saluran

N O	Dari Bus	Ke Bus	R	X
1	89	90	9,67	0,0128
2	88	89	1,3	0,1234
3	83	88	0,0124	0,0002
4	3	83	0,1224	0,00136
5	83	84	0,2019	0,00016
6	84	85	1,23	0,00067
7	85	86	1,21	0,00012
8	82	86	1,1	0,12312
9	13	91	0,98	0,00056

10	91	92	0,85014	0,00036
11	13	93	1,3023	0,1231
12	13	94	0,0543	0,0016
13	94	95	0,01132	0,00016
14	95	96	0,04023	0,00019
15	96	99	0,06004	0,00012
16	99	100	0,0194	0,0356
17	13	97	0,0194	0,0356
18	13	98	0,881	0,04192
19	100	101	0,0674	0,04192
20	101	102	0,211	0,04192
21	102	103	0,299	0,04192
22	103	104	0,302	0,04192
23	104	105	0,221	0,04192
24	105	106	0,211	0,04192
25	106	58	0,411	0,04192
26	58	107	0,511	0,04192
27	107	108	0,511	0,04192
28	108	109	0,811	0,04192
29	109	110	0,811	0,04192
30	110	111	0,811	0,04192
31	111	112	0,711	0,04192
32	112	113	0,999	0,04192
33	113	114	1,2	0,04192

Tabel 3.5
Data Saluran Pada Simulasi *ETAP Power Station*

3.2. Pemodelan Sistem Tenaga Listrik

3.2.1 Model Sistem Tenaga listrik Multimesin

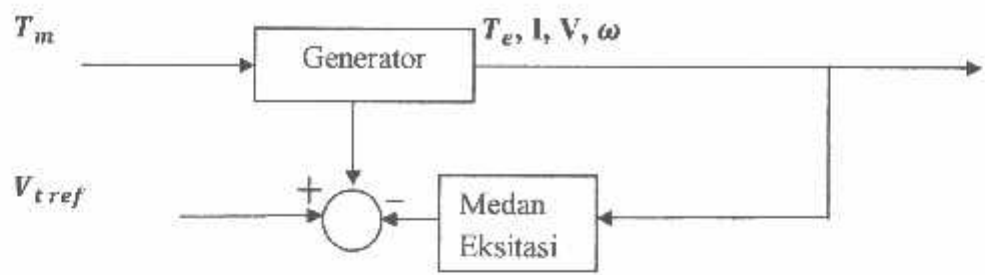
Suatu sistem tenaga listrik multimesin adalah interkoneksi beberapa pembangkit menjadi suatu sistem yang bekerja secara terintegrasi, akibatnya terjadi saling mempengaruhi antara satu pembangkit dengan pembangkit yang lain. Perubahan setting operasi sistem akan menyebabkan perubahan sudut mesin dan tegangan mesin yang terjadi dibagian torsi listrik, eksitasi dan terminal (bus) yang memberikan perubahan parameter antar mesin.

Untuk memudahkan pemahaman tentang sistem tenaga listrik multimesin akan dijelaskan beberapa istilah yang akan digunakan.

1. Mesin tunggal merupakan sebuah mesin (generator) yang mensuplay daya ke suatu beban tanpa dibantu oleh mesin yang lain.
2. Mesin terkopling merupakan adalah suatu unit pembangkit yang terdiri dari beberapa mesin yang mensuplai secara bersama-sama.
3. Sistem pendistribusian multiarea merupakan pendistribusian daya listrik disuatu daerah yang dilayani oleh satu atau beberapa bus (gardu induk) yang ada di daerah tersebut dan merupakan bagian dari sistem interkoneksi.
4. Sistem interkoneksi merupakan sistem terpadu penyaluran tenaga listrik yang dicatu oleh pembangkit yang berkapasitas besar.
5. Sistem multimesin merupakan gabungan dari beberapa pembangkit (bisa terdiri dari mesin tunggal atau mesin terkopling) yang tersambung secara interkoneksi.
6. Beban statik adalah beban tenaga listrik yang berupa beban lokal atau beban bukan lokal yang harga impedensinya dianggap tetap.
7. Beban lokal adalah beban yang berada pada bus pembangkit.

3.2.2 Model Linear Dinamika Sebuah Mesin Sinkron

Untuk memahami dinamika sistem SMIB serta pengendaliannya, terlebih dahulu diuraikan tentang dinamika dasar sebuah generator sinkron.



Gambar 3.4
Dinamika Dasar Generator Sinkron

Suatu generator agar menghasilkan energi listrik, membutuhkan dua masukan, yang pertama torsi mekanik turbin (T_m).Torsi ini berfungsi untuk memutar rotor generator sinkron. Yang kedua fluksi medan magnet (E_{FD}) yang dihasilkan oleh rangkaian medan, melalui lilitan yang terdapat pada rotor. Dengan adanya torsi mekanik, rotor generator berputar dengan energi listrik $1/2 J\omega^2$ joule. Momentum sudut $M = J\omega$ joule detik, dengan ω (radian per detik) merupakan kecepatan sudut dan J adalah momen inersia ($kg\cdot m^2$). Fluksi yang dibangkitkan oleh kumparan medan rotor dengan arus I_f akan berputar dan menginduksikan gaya gerak listrik pada kumparan stator sebesar :

$E = c n \varphi \dots\dots\dots (3.1)$

3.2.3 Persamaan Ayunan Rotor Generator Sinkron

Jika generator sinkron dibebani, akan mengalir arus dari generator ke beban, selanjutnya arus ini menghasilkan fluksi pada stator dan akan menimbulkan torsi elektrik (T_e) melawan torsi mekanik. Pada kondisi tunak, jumlah torsi mekanik dengan torsi elektrik sama dengan nol ($T_m - T_e = 0$), dan generator akan berputar pada kecepatan sudut sinkron (ω_0). Sebelum mencapai kondisi tunak ada masa transient dan jumlah torsi ini menimbulkan terjadinya torsi akserasi dan akan menimbulkan percepatan atau perlambatan, persamaan gerak pada kondisi ini adalah:

$T_a = T_m - T_e = J \frac{d^2 \delta m}{dt^2} \dots\dots\dots (3.2)$

Dengan :

T_m = Torka mekanik turbin (Nm)

T_e = Torka elektrik rotor (Nm)

T_a = Percepatan torka (Nm)

t – Waktu (detik)

δ_m = Sudut mekanis rotor (rad-mekanik)

J = Total momen inersia mesin sinkron (kg.m²)

$$J = M/\omega_0$$

Persamaan (3.2) dikali dengan kecepatan sudut (ω_m), sehingga di dapat persamaan:

$$\omega_m J \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e = P_a \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan :

P_m = Daya mekanik pada rotor (Watt)

$$P_m = T_m \omega_m$$

P_e = Daya elektrik pada rotor (watt)

$$P_e = T_e \omega_e$$

P_a = Daya Percepatan (watt)

ω_m = Kecepatan sudut sinkron (rad-mekanik/s)

Persamaan di atas dapat diubah menjadi :

$$\frac{2}{\omega_m} \left(\frac{1}{2} \omega_m^2 J \right) \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \dots\dots\dots (3.4)$$

Jika persamaan (3.4) dibagi dengan rating MVA generator (S), maka :

$$\frac{2}{\omega_m} \frac{\left(\frac{1}{2}\omega_m^2 J\right)}{S} \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \dots\dots\dots (3.5)$$

Maka persamaan (3.5) dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{2H}{\omega_m} \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (\text{pu}) \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Dalam persamaan sudut dan kecepatan elektrik, di dapatkan

$$\frac{2H}{\omega_m} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e \quad (\text{pu}) \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

Dengan :

ω_s = Kecepatan sudut sinkron (rad/detik)

δ = Sudut elektrik rotor (rad)

p = Jumlah kutub generator

Persamaan (3.7) disebut persamaan ayunan mesin. Persamaan ayunan mesin adalah persamaan dasar yang mengatur dinamika (gerak) perputaran mesin sinkron dalam studi kestabilan. Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan antara daya mekanik turbin dan daya elektrik generator menyebabkan sudut rotor mengalami percepatan atau perlambatan. Karena mesin juga memiliki komponen torsi yang sebanding dengan kecepatan sudut, persamaan gerak rotor secara lengkap dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{M d^2 \delta_m}{\omega_0 dt^2} + \frac{D d \delta_m}{\omega_0 dt} = T_m - T_e \dots\dots\dots (3.8)$$

Suatu generator beroperasi pada kondisi tunak ($T_m = T_e$), δ_0, E'_{q0} , kemudian terjadi penambahan beban kecil akan menyebabkan kenaikan fluks medan stator yang akan menyebabkan perubahan E'_q , perubahan kecil juga akan menyebabkan perubahan sudut mesin

dan perubahan torsi elektrik, torsi elektrik akan naik dengan bertambahnya sudut mesin δ dan E'_q , perubahan torsi elektrik ini dinyatakan :

$$\Delta T_e = \left(\frac{dT_e}{d\delta}\right) \Delta\delta + \left(\frac{dT_e}{dE'_q}\right) \Delta E'_q = K1\Delta\delta + K2\Delta E'_q \dots\dots\dots (3.9)$$

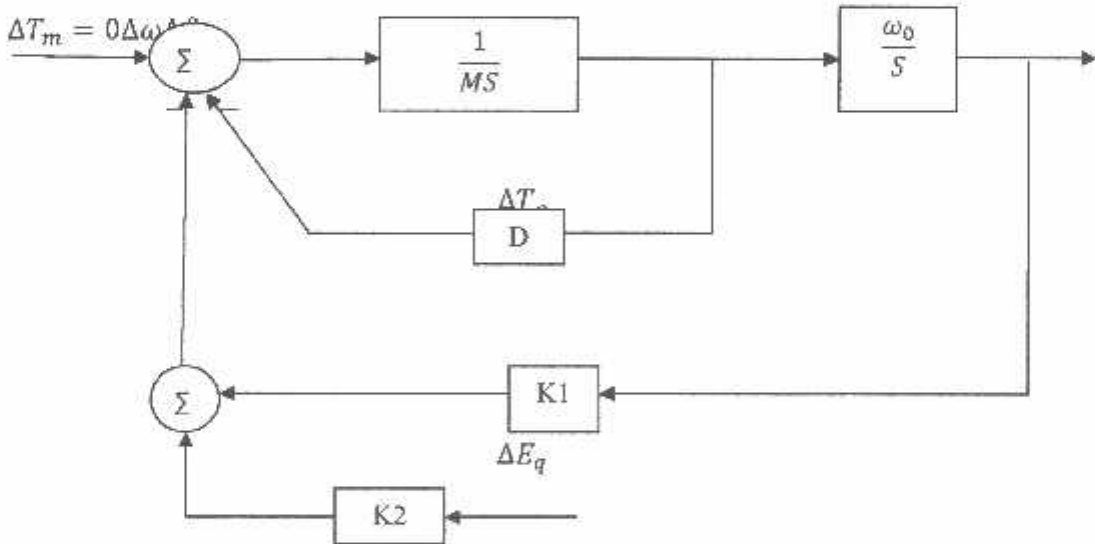
Jika torsi mekanik konstan , maka persamaan gerak putar rotor untuk perubahan beban kecil disekitar kondisi itu adalah :

$$\frac{M d^2 \delta}{\omega_0 dt^2} + \frac{D d\delta}{\omega_0 dt} = -\Delta T_e \dots\dots\dots (3.10)$$

Persamaan dapat diubah menjadi menjadi :

$$\frac{M}{\omega_0} S^2 \Delta\delta + \frac{D}{\omega_0} S \Delta\delta \dots\dots\dots (3.11)$$

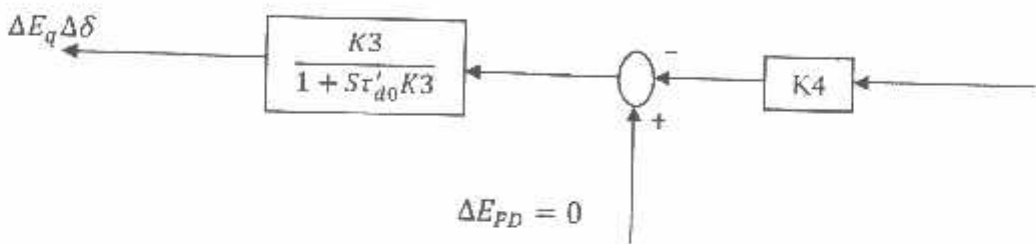
Dinamika sebuah generator sinkron digambarkan dalam bentuk diagramn pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.5
Diagaram blok model dinamika sebuah generator sinkron

Gambar 3.5 menunjukan dinamika sistem sebuah generator sinkron, sehubungan dengan adanya perubahan beba kecil disekitar titik operasi pada kondisi operasi sistem. Pengaruh perubahan beban kecil juga dirasakan oleh lilitan jangkar sehingga medan E'_q , besarnya perubahan tegangan medan ini dipengaruhi oleh perubahan sudut mesin ($\Delta\delta$) dan jika tegangan eksitasi konstan ($\Delta E_{PD} = 0$), maka:

$$\Delta E'_q = K3.K4.\Delta\delta/(1 + S\tau'_{d0}K3).....(3.12)$$

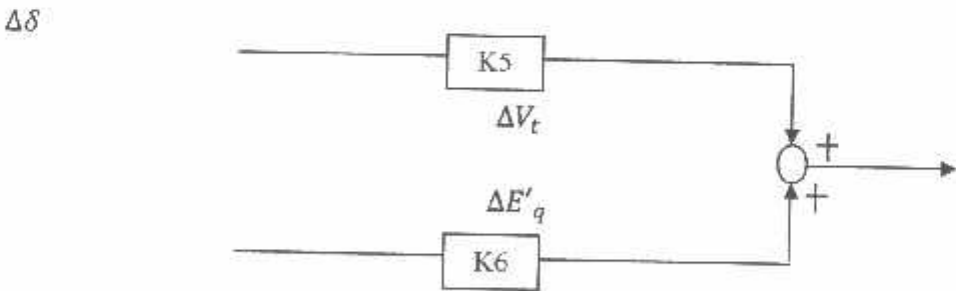


Gambar 3.6
Dinamika model reaksi jangkar terhadap perubahan sudut δ

Selanjutnya perubahan tegangan medan berpengaruh terhadap tegangan terminal generator begitu juga perubahan sudut mesin. Perubahan tegangan terminal akibat perubahan sudut mesin dan perubahan tegangan medan dinyatakan:

$$\Delta V_t = K5 \Delta\delta + K6\Delta E'_q.....(3.13)$$

Dalam bentuk diagram digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.7
Diagram Model Tegangan

3.2.4 Masalah Stabilitas Sistem Generator Sinkron

Di sini akan dianalisa masalah kestabilan mesin sinkron berdasarkan torsi redaman dan torsi sinkronisasi yang timbul serta pengaruhnya terhadap kestabilan sistem generator sinkron.

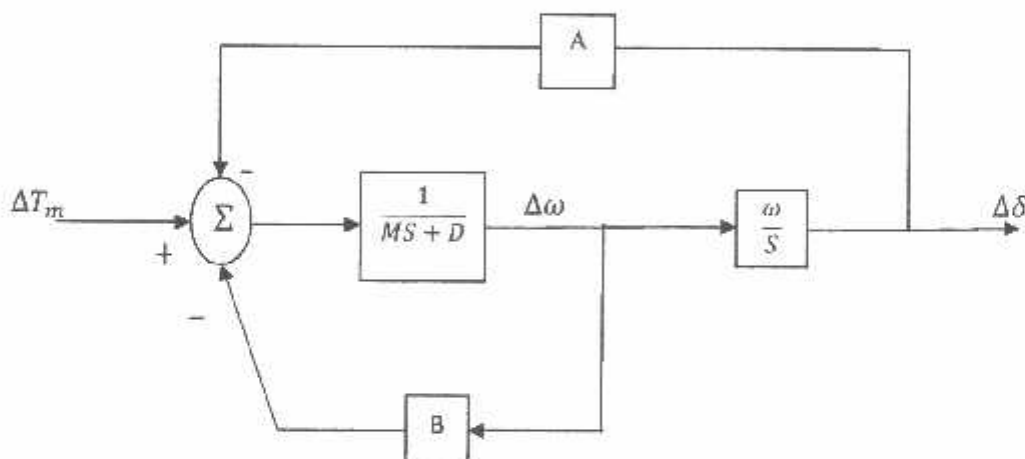
Perubahan torsi elektrik :

$$\Delta T_e = K_1 \Delta \delta + K_2 \Delta E'_q \dots \dots \dots (3.15)$$

ΔT_e total dapat dinyatakan dengan,

$$\Delta T_e = A \Delta \delta + B \Delta \omega \dots \dots \dots (3.16)$$

Diagram berikut ini secara khusus menggambarkan kelakuan dinamik rotor dari generator sinkron.



Gambar 3.9

Blok Diagram Model Dinamika Gerak Rotor Dengan Memasukkan Efek Loop Reaktif

Dengan fungsi transfer :

$$\frac{\Delta \delta(s)}{\Delta T_m(s)} = \frac{\frac{\omega_0}{M}}{s^2 \frac{(D+B)}{M} s + \frac{\omega_0 A}{M}} \dots \dots \dots (3.17)$$

Kemudian dalam bentuk umum (standard) :

$$\frac{\Delta \delta(s)}{\Delta T_m(s)} = \frac{C}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2} \dots \dots \dots (3.18)$$

Dari loop A menghasilkan torsi sinkronisasi, dari loop B menghasilkan torsi redaman. Persamaan karakteristik loop mekanik :

$$S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2 = (S - \lambda_1)(S - \lambda_2) = 0 \quad (3.19)$$

Dengan,

$$\zeta = \frac{(D+B)}{2M\omega_n} \quad (\text{faktor redaman})$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{\omega_n A}{M}} \quad (\text{frekuensi natural})$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (\text{frekuensi redaman})$$

Sehingga akar-akar persamaan karakteristiknya (nilai eigen) adalah :

$$\lambda_{1,2} = -\zeta\omega_n \pm j\omega_n\sqrt{1 - \zeta^2} \quad (3.20)$$

Dari akar-akar karakteristik (nilai eigen) dapat dilihat sifat kestabilan sistem. Sistem stabil jika bagian riil nilai eigen berharga negatif atau $\zeta\omega_n > 0$, kondisi ini dipenuhi jika :

$(D + B) > 0$; torsi redaman (T_D) bernilai positif

$A > 0$; torsi sinkronisasi (T_S) bernilai positif

Akan timbul masalah jika T_D dan T_S sangat kecil atau negatif, dan sudut daya akan bertambah terus tidak mencapai konvergen dan amplitudo osilasi sistem semakin membesar sehingga sistem tidak stabil. Dapat disimpulkan bahwa :

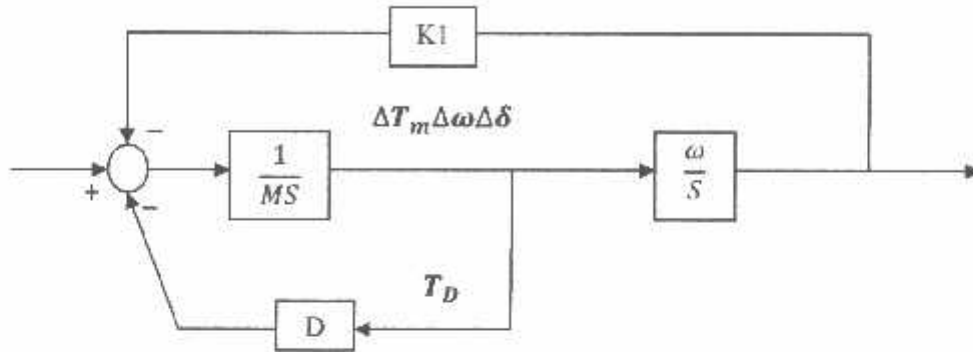
$\zeta > 0$ maka sistem stabil

$\zeta < 0$ maka sistem tidak stabil

Persoalan bagaimana ζ dapat diatur sehingga stabilitas sistem bertambah baik. Kemudian akan dilihat bagaimana kontribusi torsi redaman maupun torsi sinkronisasi dari masing-masing loop (loop mekanik dan loop elektrik).

3.2.5 Kontribusi Torsi Redaman Dan Torsi Sinkronisasi Dari Loop Mekanik Dan Loop Elektrik

3.2.5.1 Loop Mekanik



Gambar 3.10

Diagram Model Loop Mekanik Dinmika Mesin Sinkron

Persamaan karakteristik loop mekanik:

$$S^2 + \left(\frac{D}{M}\right)S + \frac{K1\omega_0}{M} = 0$$

Dalam bentuk umum adalah:

$$S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2 = 0 \dots\dots\dots (3.21)$$

Dengan,

$$\zeta = \frac{D}{2M\omega_0} \text{ (faktor redaman)}$$

$$\omega_n = \frac{K1\omega_0}{M} \text{ (frekuensi natural)}$$

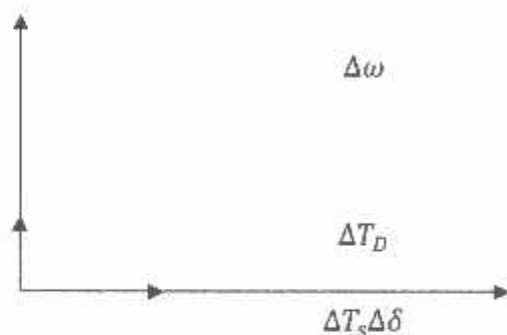
$$\omega_D = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \text{ (frekuensi redaman)}$$

Melalui loop mekanik, torsi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\Delta T_e = K1\Delta\delta + D\Delta\omega \quad \dots\dots\dots(3.22)$$

$$\Delta T_s = K1\Delta\delta \quad \dots\dots\dots(3.23)$$

$$\Delta T_D = D\Delta\omega \quad \dots\dots\dots(3.24)$$



Gambar 3.11

Diagram Torsi Sinkronisasi Dan Torsi Redaman

Perubahan sudut rotor ($\Delta\delta$) mengakibatkan timbulnya torsi melawan arah perubahan sebagai torsi sinkronisasi T_s yang sefasa dengan $\Delta\delta$.

$$\Delta T / \Delta\delta = K1 \quad (\text{koefisien redaman}) \quad \dots\dots\dots(3.25)$$

Sedangkan perubahan kecepatan sudut rotor ($\Delta\omega$) juga menyebabkan timbulnya torsi yang melawan perubahan sebagai torsi redaman T_D yang sefasa dengan $\Delta\omega$.

$$\Delta T / \Delta\omega = D \quad (\text{koefisien daya sinkronasi}) \quad \dots\dots\dots(3.26)$$

Torsi redaman T_D dan torsi sinkronisasi T_s berbeda fasa 90° dengan torsi redaman mendahului torsi sinkronisasi.

$K1 > 0$; Tergantung pada operasi mesin, parameter dan jaringan

Torsi yang dihasilkan dinyatakan dengan :

$$\Delta T_e = \left\{ \frac{-K4.K3.K2(1+\tau_A S)}{K3.K6K_A+(1+\tau_A S)(1+\tau'_{d0} S)} \Delta\delta \right\} = a_1 \Delta\delta + \beta_1 \Delta\omega \dots\dots (3.28)$$

Torsi sinkronisasi sefasa terhadap perubahan sudut rotor ($\Delta\delta$), diperoleh dari imajiner ΔT_e :

$$T_s = R_e \left\{ \frac{-K4.K3.K2(1+\tau_A S)}{K3.K6K_A+(1+\tau_A S)(1+\tau'_{d0} S)} \Delta\delta \right\} = a_1 \Delta\delta \dots\dots\dots (3.29)$$

Torsi redaman sefasa dengan perubahan kecepatan ($\Delta\omega$), diperoleh dari imajiner ΔT_e :

$$T_D = I_m \left\{ \frac{-K4.K3.K2(1+\tau_A S)}{K3.K6K_A+(1+\tau_A S)(1+\tau'_{d0} S)} \Delta\delta \right\} = \beta_1 \Delta\omega \dots\dots\dots (3.30)$$

2. Perubahan Tegangan Terminal (Melalui Loop K5)

Perubahan sudut rotor juga akan menyebabkan perubahan tegangan terminal melalui K5. Selanjutnya proses ini dengan adanya AVR akan menyebabkan perubahan fluks cakupan dan kemudian setelah melalui loop K2 akan menghasilkan torsi sinkronisasi (T_s) dan torsi radaman (T_D). Dengan memperhatikan efek AVR dan eksitasi maka diperoleh hubungan :

$$\Delta T = \left\{ \frac{-K2.K_A.K5}{\left(\frac{1}{K3+K6.K_A}\right)\left(\frac{\tau_A}{K3+\tau'_{d0}}\right)S+\tau_A\tau'_{d0}S^2} \Delta\delta \right\} a_2 \Delta\delta + \beta_2 \Delta\omega \dots\dots (3.31)$$

Torsi sinkronisasi adalah:

$$T_s = R_e \left\{ \frac{-K2.K_A.K5}{\left(\frac{1}{K3+K6.K_A}\right)\left(\frac{\tau_A}{K3+\tau'_{d0}}\right)S+\tau_A\tau'_{d0}S^2} \Delta\delta \right\} a_2 \Delta\delta \dots\dots\dots (3.32)$$

Torsi redaman adalah :

$$T_D = I_m \left\{ \frac{-K2.K_A.K5}{\left(\frac{1}{K3+K6.K_A}\right)\left(\frac{\tau_A}{K3+\tau'_{d0}}\right)S+\tau_A\tau'_{d0}S^2} \Delta\delta \right\} \beta_2 \Delta\omega \dots\dots\dots (3.33)$$

Selanjutnya masing - masing torsi yang dihasilkan dari loop mekanik dan loop elektrik menghasilkan resultan torsi. Sistem akan stabil jika:

$$\text{Total } T_s = (K1 \Delta\delta + T_s \text{ Reaksi jangkar} + T_s \text{ Tegangan terminal}) > 0$$

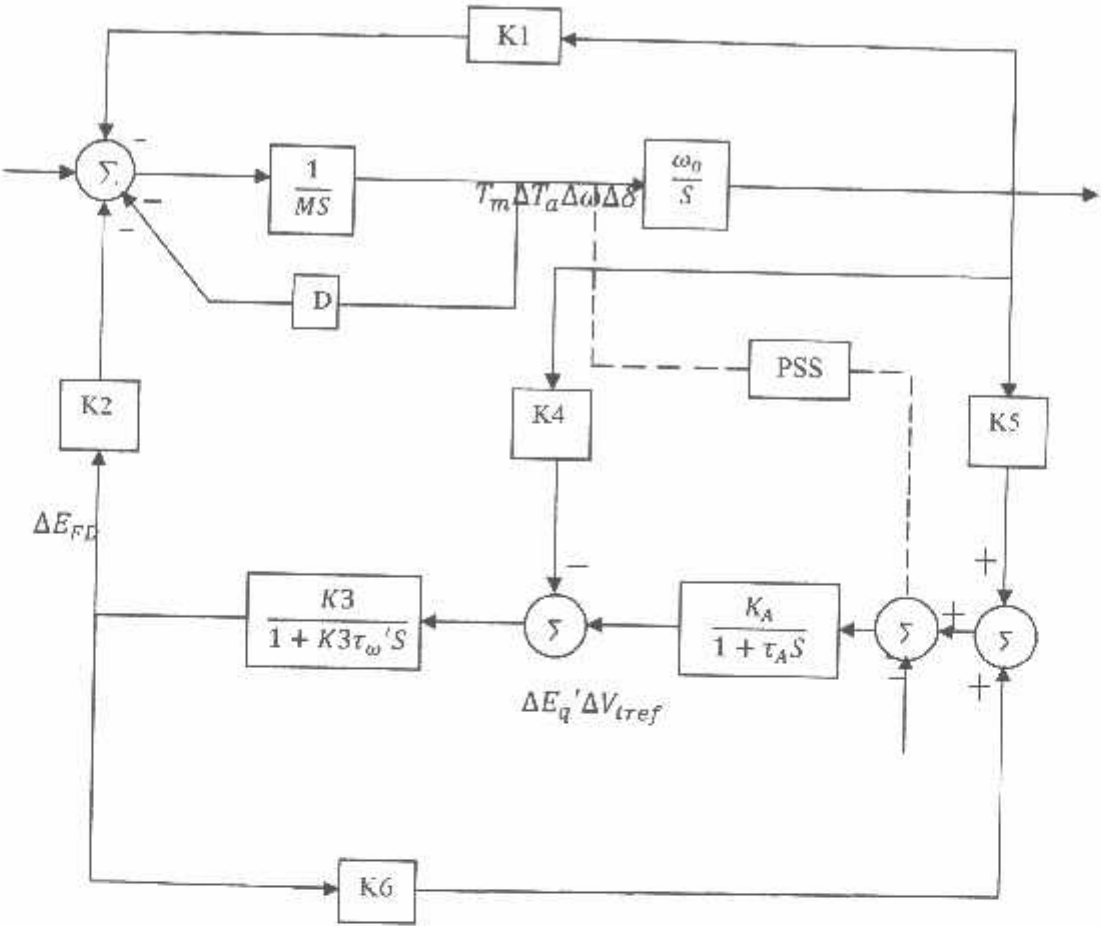
$$\text{Total } T_D = (D \Delta\omega + T_D \text{ Reaksi jangkar} + T_D \text{ Tegangan terminal}) > 0$$

Jika masing – masing koefisien bernilai negatif , maka sistem menjadi tidak stabil

Dengan memperhatikan persamaan (3.17) sampai dengan (3.31), harga – harga dari koefisien diatas tergantung dari nilai τ'_{d0} , τ_A , dan K_A serta K1 sampai K6. Sedangkan harga K1 sampai K6 tergantung juga pada kondisi operasi dan pembebanan. Dalam sistem yang terdiri dari sebuah pembangkit, harga K1 sampai K4 dan K6 bernilai positif, sedangkan K5 bernilai positif atau negatif tergantung kondisi operasi. Keadaan K5 ini akan membawa masalah yang serius dalam operasi sistem tenaga.

Jika keadaan pembebanan menghasilkan K5 negatif dan menyebabkan torsi redaman menjadi negatif, maka harga total redaman menjadi turun atau bernilai negatif, dan sistem menjadi tidak stabil. Situasi ini akan diperburuk dengan pemasangan AVR yang bertujuan menstabilkan tegangan, sebab K5 akan diperbesar oleh penguatan AVR (K_A). Melihat bentuk persamaan (3.31) maka dapat diusahakan untuk mengatur torsi redaman, yaitu dengan cara mengatur (memperkecil) penguatan AVR (K_A), tetapi cara ini tidak dapat dilakukan sebab penguatan exciter yang besar sangat dibutuhkan untuk menghasilkan torsi sinkronisasi yang besar.

Untuk mengatasi persoalan ini disimpulkan suatu variabel keadaan melalui PSS yang dapat menghasilkan torsi redaman positif. Sinyal khusus ini untuk mengkompensasi torsi redaman negatif yang muncul pada keadaan tertentu dari persoalan diatas, dipilih variabel keadaan dari keadaan sudut, frekuensi atau daya. PSS merubah menjadi sinyal tegangan untuk diumpankan ke sistem eksitasi bersama dengan sinyal referensi, seperti pada gambar 3.13 berikut.

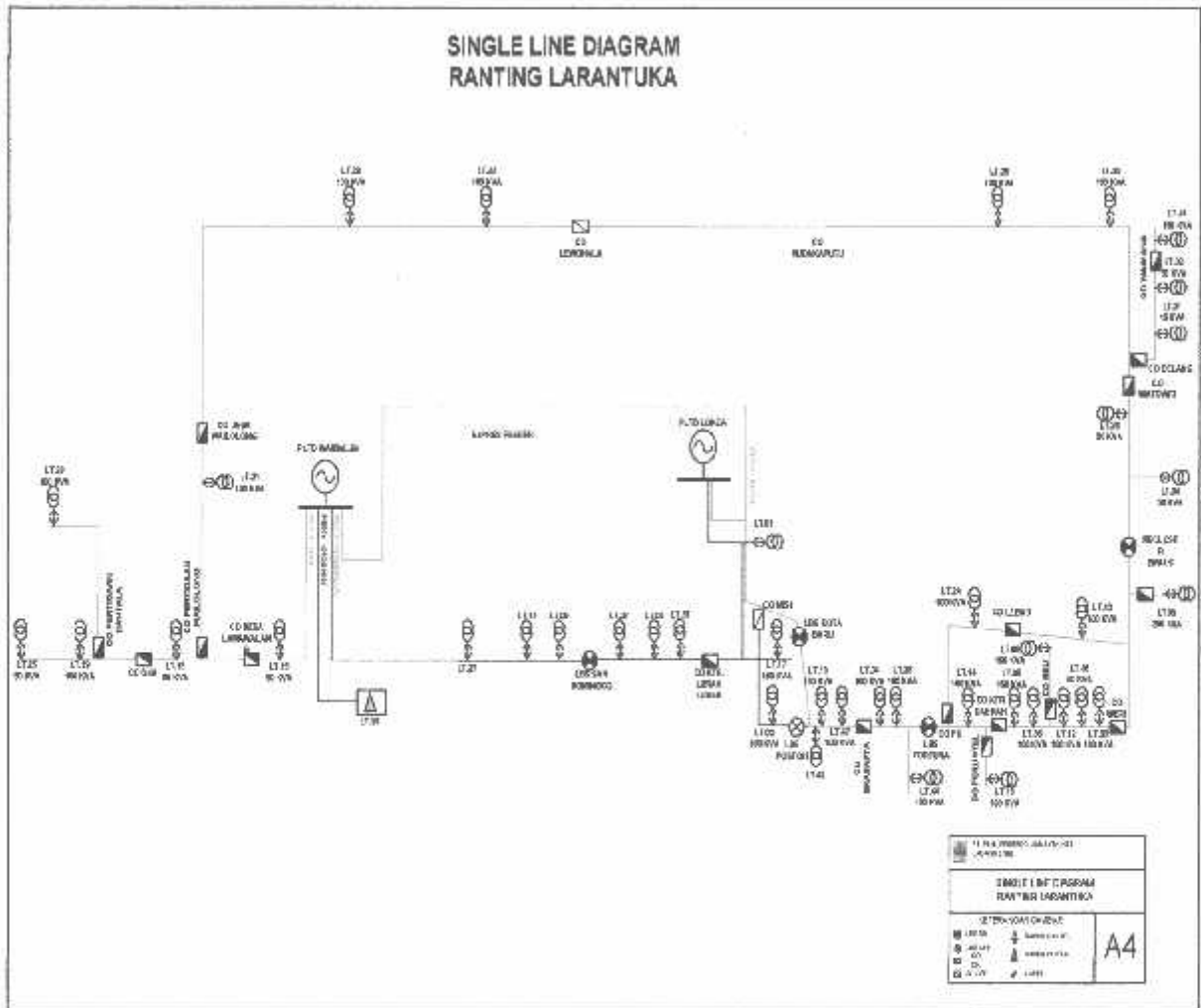


Gambar 3.13
Blok Diagram Sebuah Mesin Sinkron Dengan PSS

BAB IV
HASIL SIMULASI KESTABILAN SISTEM

4.1 Sistem Kelistrikan PLTD Larantuka

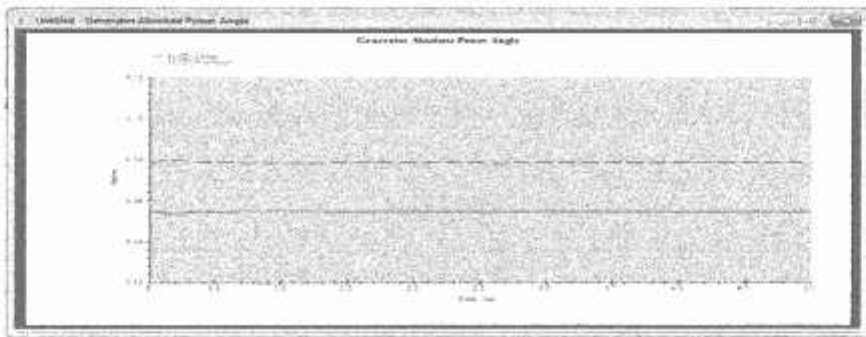
4.1.1 Single Line



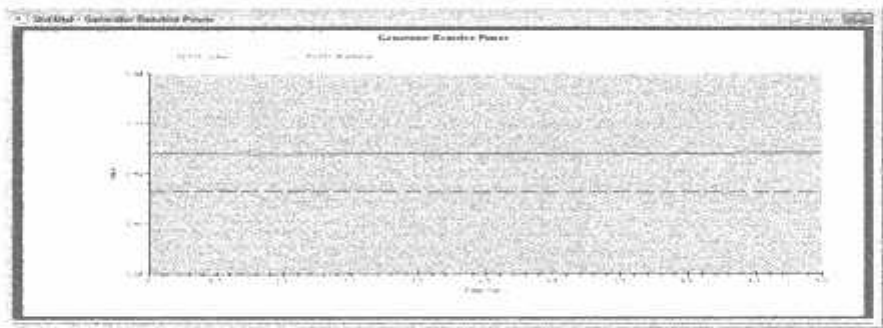
Gambar 4.1
Single Line PLTD Larantuka

4.2 Hasil Simulasi Kestabilan Sistem

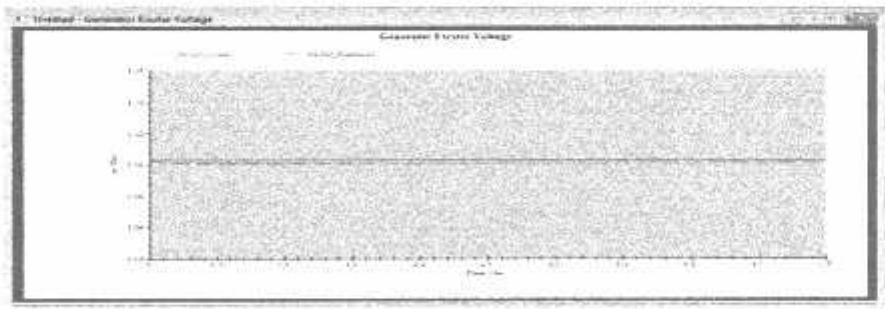
4.2.1. Hasil simulasi Pada Keadaan Beban Normal



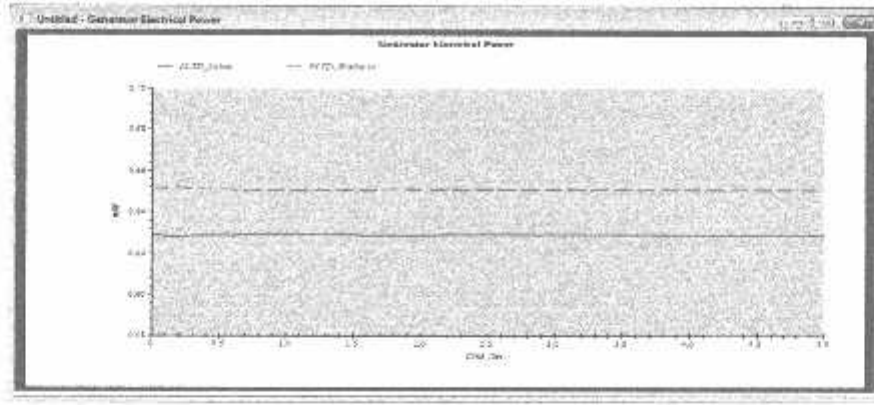
Garafik 4.2
Sudut Rotor Generator



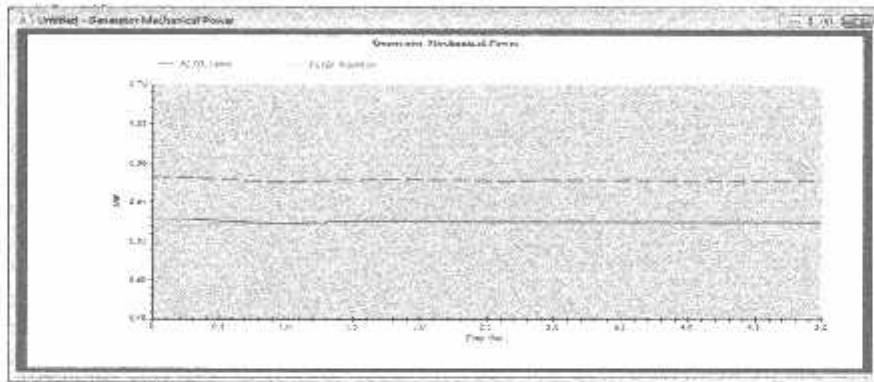
Garafik 4.3
Daya Reaktif Generator



Garafik 4.4
Tegangan Eksitasi Gncrator



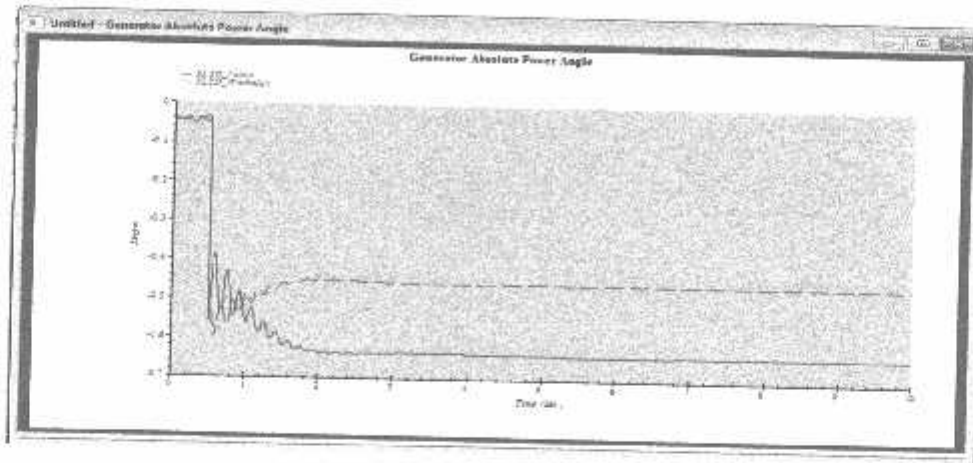
Garafik 4.5
Daya Elektrik Generator



Garafik 4.6
Daya Mekanik Generator

Pada saat tidak ada gangguan, sistem PLTD Larantuka tetap satbil seperti yang terlihat pada grafik sudut rotor generator (4.1), daya reaktif generator (4.2), tegangan exitasi (4.3), daya elektrik generator (4.4), dan daya mekanik generator (4.5)

4.2.2. Terjadi Gangguan Sebelum Pemasangan PSS



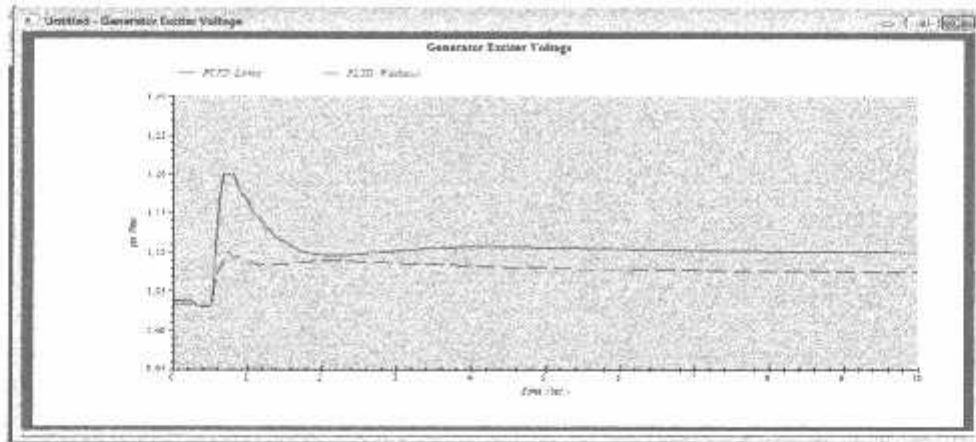
Garafik 4.7
Sudut Rotor Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba-tiba pada keadaan sebelum pemasangan PSS sudut rotor generator mengalami ketidak stabilan. Sudut rotor generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada $-0,68^{\circ}$ dan pada detik 7,8, sedangkan gencrator pada pembangkit Lokea kembali Satabil pad $-0,46^{\circ}$ dan pada detik 4,0

Persentase osilasi sudut rotor pada pembangkit adalah $\Delta \text{derajat kestabilan} \times \text{waktu satabil}$

$$\begin{aligned} \text{Persentase osilasi sudut rotor pada pembangkit Waibalun} &= \Delta \text{derajat kestabilan} \times \\ \text{waktu satabil} &= (-0,68 - (-0,020)) \times 7,8 \\ &= 0,66 \times 7,8 \\ &= 5,148 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase osilasi sudut rotor pada pembangkit Lokea} &= \Delta \text{derajat kestabilan} \times \\ \text{waktu satabil} &= ((-0,62 - (0,02)) \times 3,0 \\ &= 1,8\% \end{aligned}$$



Garafik 4.9
Tegangan Eksitasi Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sebelum pemasangan PSS Tegangan Eksitasi Generator mengalami ketidak stabilan. Tegangan Eksitasi Generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil kembali satabil pada 1,10 pu dan pada detik 9,6, sedangkan tegangan eksitasi generator pada pembangkit Lokea kembali Satabil pada 1,08 pu dan pada detik 8,7.

Persentase Tegangan exitasi = $\Delta pu \times Waktu Stabil$

$$V Waibalun = \Delta pu \times t$$

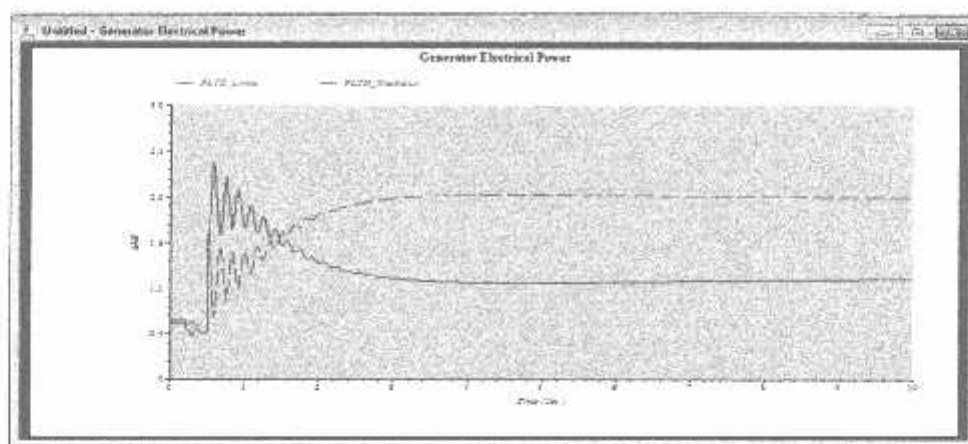
$$= (1,20 - 1,09) \times 9,6$$

$$= 1,056 \%$$

$$V Lokea = \Delta pu \times t$$

$$= (1,10 - 1,08) \times 8,7$$

$$= 1,174 \%$$



Garafik 4.10

Daya Elektrik Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sebelum pemasangan PSS Daya Elektrik Generator mengalami ketidak stabilan. Daya Elektrik Generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada 1,1 MW dan pada detik 4,6, sedangkan Daya Elektrik Generator pada pembangkit Lokea kembali stabil pada 1,8 MW dan pada detik 8,8.

Persentase Daya Elektrik Generator = $\Delta MV \times Waktu Stabil$

$$P_e Waibalun = \Delta MV \times t$$

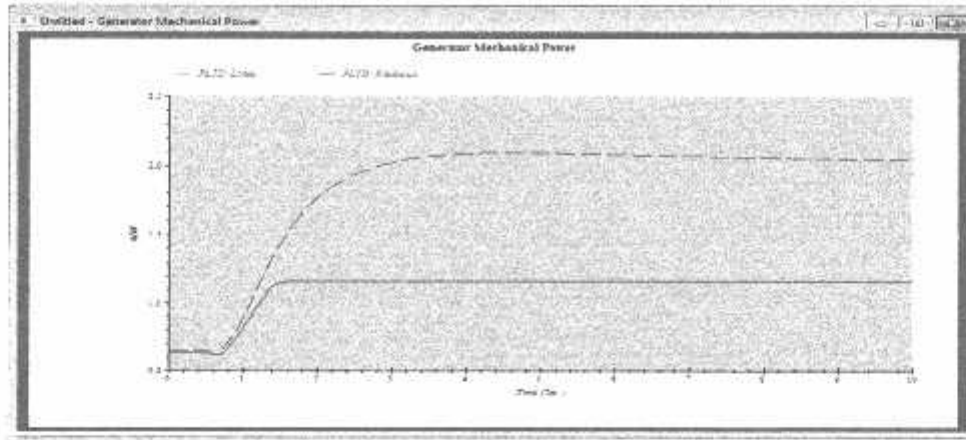
$$= (2,4 - 0,5) \times 4,6$$

$$= 8,74 \%$$

$$P_e Lokea = \Delta MV \times t$$

$$= (2,0 - 0,6) \times 8,8$$

$$= 12,32 \%$$



Garafik 4.11
 Daya Mekanik Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sebelum pemasangan PSSDaya Mekanik Generator mengalami ketidak stabilan. Daya Mekanik Generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada 1,15 MW dan pada detik 4,0. Sedangkan Daya Mekanik Generator pada pembangkit Lokea kembali satabil pada 2,0 MW dan pada detik 7,6

Persentase Daya Mekanik Generator = $\Delta MV \times Waktu\ Stabil$

$$P_m\ Waibalun = \Delta MV \times t$$

$$= (2,2 - 0,65) \times 4,0$$

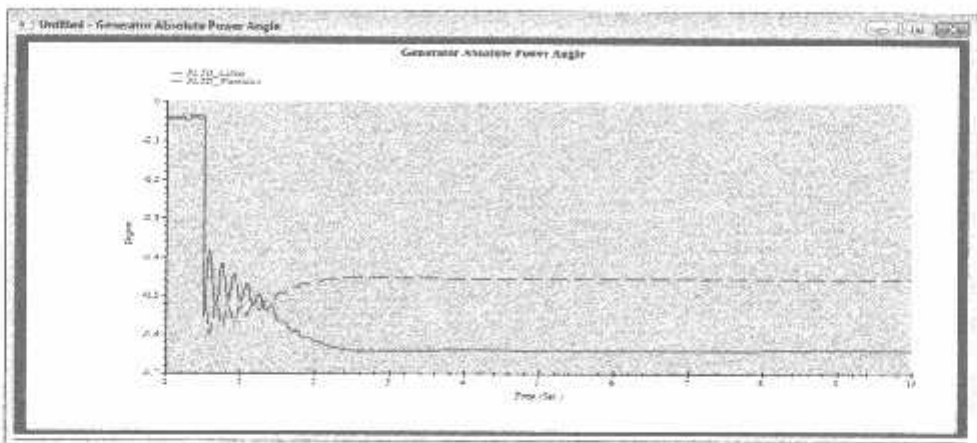
$$= 6,2 \%$$

$$P_m\ Lokea = \Delta MV \times t$$

$$= (1,2 - 0,65) \times 7,6$$

$$= 4,18 \%$$

4.3 Terjadi Gangguan Sesudah Pemasangan PSS

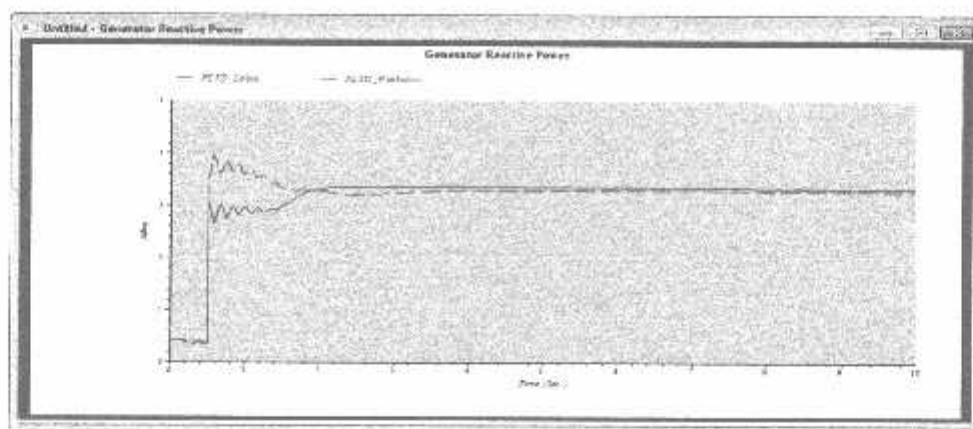


Garafik 4.12
Sudut Rotor Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sesudah pemasangan PSS sudut rotor generator mengalami ketidak stabilan. Sudut rotor generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada $-0,66^{\circ}$ dan pada detik 3,0, sedangkan Sudut rotor generator pada pembangkit Lokea kembali satabil pada $-0,48^{\circ}$ dan pada detik 3,8.

Persentase osilasi sudut rotor pada pembangkit Waibalun = $\Delta \text{derajat kestabilan} \times \text{waktu satabil}$
 $= ((-0,68 - (-0,02)) \times 3,0)$
 $= 1,98\%$

Persentase osilasi sudut rotor pada pembangkit Lokea = $\Delta \text{derajat kestabilan} \times \text{waktu satabil}$
 $= ((-0,62 - (-0,02)) \times 3,8)$
 $= 2,28\%$



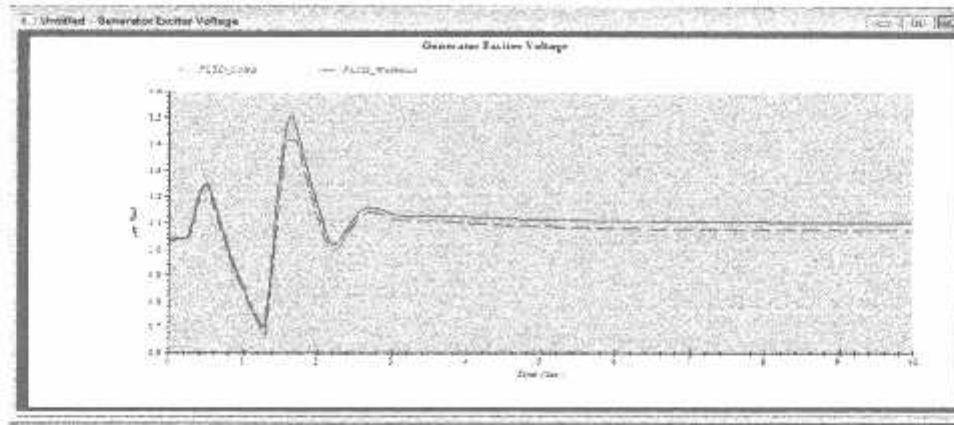
Garafik 4,13
 Daya Reaktif Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sesudah pemasangan PSS Daya Reaktif generator mengalami ketidak stabilan. Daya Reaktif generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada 3.36 Mvar dan pada detik 2,2, sedangkan Daya Reaktif generator pada pembangkit Lokea kembali satabil pada 3,386 Mvar dan pada detik 3,4.

Persentase Daya Reaktif Generator = $\Delta MVar \times Waktu Stabil$

$$\begin{aligned}
 P Waibalun &= \Delta MVar \times t \\
 &= (3,4 - 0,2) \times 2,2 \\
 &= 7,4 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P Lokea &= \Delta MVar \times t \\
 &= (4,0 - 0,2) \times 3,4 \\
 &= 12,92 \%
 \end{aligned}$$



Garafik 4.14

Tegangan Eksitasi Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sesudah pemasangan PSS Tegangan Eksitasi generator mengalami ketidak stabilan. Tegangan Eksitasi generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada 1,04 pu dan pada detik 8,0, sedangkan Tegangan Eksitasi generator pada pembangkit Lokea kembali satabil padap1,045 pu dan pada detik 7,4.

Persentase Tegangan exitasi = $\Delta pu \times Waktu Stabil$

$$V Waibalun = \Delta pu \times t$$

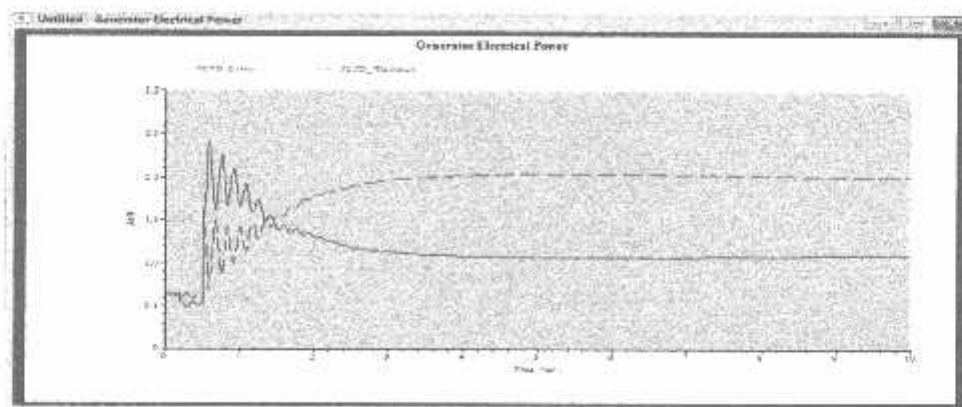
$$= (1,52 - 1,04) \times 8,0$$

$$= 3,84 \%$$

$$V Lokea = \Delta pu \times t$$

$$= (1,40 - 1,04) \times 7,4$$

$$= 2,66 \%$$



Garafik 4.15

Daya Elektrik Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sesudah pemasangan PSS Daya Elektrik generator mengalami ketidak stabilan. Daya Elektrik generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada 1,2 MW dan pada detik 3,8, sedangkan Daya Elektrik generator pada pembangkit Lokea kembali satabil pada 1,58 MW dan pada detik 3,8.

Persentase Daya Elektrik Generator = $\Delta MV \times Waktu Stabil$

$$P_e Waibalun = \Delta MV \times t$$

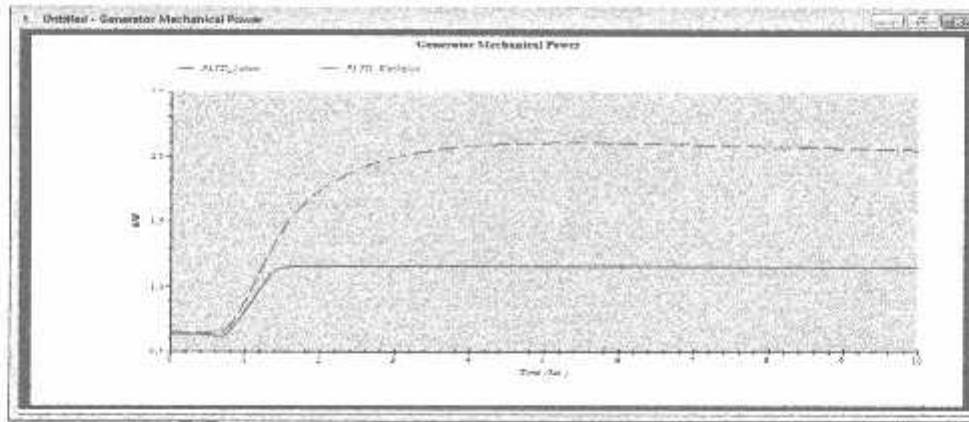
$$= (2,4 - 0,5) \times 3,8$$

$$= 7,22 \%$$

$$P_e Lokea = \Delta MV \times t$$

$$= (1,59 - 0,6) \times 3,8$$

$$= 3,76 \%$$



Garafik 4.16

Daya Mekanik Generator

Pada saat diberi gangguan tiga fasa dan pemutusan tegangan secara tiba – tiba pada keadaan sesudah pemasangan PSS Daya Mekanik generator mengalami ketidak stabilan. Daya Mekanik generator pada pembangkit Waibalun kembali satabil pada 1,20 MW dan pada detik 3,6. Sedangkan Daya Mekanik generator pada pembangkit Lokea kembali satabil pada 1,80 MW dan pada detik 3,8.

Persentase Daya Mekanik Generator = $\Delta MV \times Waktu Stabil$

$$P_m Waibalun = \Delta MV \times t$$

$$= (1,1 - 0,64) \times 3,6$$

$$= 1,65 \%$$

$$P_m Lokea = \Delta MV \times t$$

$$= (2,1 - 0,65) \times 3,8$$

$$= 5,18 \%$$

Hasil Simulasi	Keadaan Generator	Waktu Stabil		Kondisi Stabil	
		Pembangkit Waibalun	Pembangkit Lokea	Pembangkit Waibalun	Pembangkit Lokea
Sudut Rotor	Sebelum PSS	7,8	4,0	-0,68	-0,46
	Sesudah PSS	3,0	3,8	-0,66	-0,48
Daya Reaktif	Sebelum PSS	4,4	4,2	3,36	3,359
	Sesudah PSS	2,2	3,4	3,36	3,386
Tegangan Eksitasi	Sebelum PSS	9,6	8,7	1,10	1,08
	Sesudah PSS	8,0	7,4	1,04	1,045
Daya Elektrik	Sebelum PSS	4,6	8,8	1,1	1,8
	Sesudah PSS	3,8	3,8	1,2	1,58
Daya Mekanik	Sebelum PSS	4,0	7,6	1,15	2,0
	Sesudah PSS	3,6	3,8	1,20	1,8

Tabel 4.1

Tabel perbandingan kestabilan sistem sebelum pemasangan PSS dan
 Sesudah pemasangan PSS pada saat terjadi gangguan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Pada saat tidak ada gangguan sistem PLTD Lokea dan Waibalun tetap satbil seperti yang terlihat pada grafik sudut rotor generator (4.1), daya reaktif generator (4.2), tegangan exitasi (4.3), daya elektrik generator (4.4), dan daya mekanik generator (4.5)
2. Pada saat diberi gangguan sistem mengalami ketidak stabilan.
 - a. Sudut Rotor Generator:
Sebelum pemasangan PSS sudut rotor generator stabil pada detik 7,8 seperti yang terlihat pada grafik (4.6) setelah menggunakan PSS sudut rotor menjadi stabil pada detik 7,8 seperti yang terlihat pada grafik (4.11)
 - b. Daya Reaktif Generator
Sebelum Pemasangan PSS daya reaktif generator stabil pada detik 4,4 seperti pada grafik (4.7), setelah pemasangan PSS daya reaktif generator stabil pada detik 2,2 seperti pada grafik (4.12)
 - c. Tegangan Exitasi Generator:
Sebelum Pemasangan PSS Tegangan Exitasi Generator stabil pada detik 9,6 seperti pada grafik (4.8), setelah pemasangan PSS Tegangan Exitasi Generator satbil pada detik 8,0 seperti pada grafik (4.13)
 - d. Daya Elektrik Generator:
Sebelum Pemasangan PSS Daya Elektrik Generator stabil pada detik 4,6 seperti pada grafik (4.9), setelah pemasangan PSS Daya Elektrik Generator satbil pada detik 3,8 seperti pada grafik (4.14)
 - e. Daya Mekanik Generator:
Sebelum pemasangan PSS Daya Mekanik Generator stabil pada detik ke 4,0 seperti pada grafik (4.10) setelah menggunakan PSS sudut rotor menjadi stabil pada detik 3,6 seperti yang terlihat pada grafik (4.15)

5.2. Saran

1. Penerapan PSS dilakukan pada sistem multi machine atau sistem yang lebih besar seperti sistem interkoneksi.
2. Jika hasil kurang jelas total simulation diperbesar dan step time diperkecil agar kita dapat melihat hasil simulasi lebih jelas.

Daftar Pustaka

Imam Robandi. 2006. Desain Sistem Tenaga Modern. Andi Offset, Yogyakarta

Bevrani, H., & Hiyama, T. (2006). Stability and Voltage Regulation Enhancement Using an Optimal Gain Vector, *Proceedings of 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, Canada. 6pp. doi: 10.1109/PES.2006.1708999.

Chetty, M. (2002). A Fuzzy Logic Based Discrete Mode Power System Stabilizer, *Asian Journal of Control*, 4, 3, 327-332.

Grainger, J.J., & Stevenson, W.D.Jr. (1994). Power System Analysis, Singapore: McGraw-Hill.

Harmas, N.M., Abdelaziz, M., & Hamidi- Cherif, A. (2007). Observer Based Intelligent Power System Stabilizer,

LAMPIRAN

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%V	% Tap
	13.800	100.001	0.0	0	0	0	0	Bus13	0.629	0.429	31.8	82.7	
								PLTD_Lokaa	-0.629	-0.429	31.8	82.7	
	20.000	99.640	-0.2	0	0	0.001	0.003	Bus43	0.649	0.405	22.2	84.9	
								Bus39	-0.650	-0.407	22.2	84.7	
	0.400	98.162	-0.7	0	0	0.017	0.010	Bus86	-0.017	-0.010	29.0	85.0	
	0.400	98.161	-0.7	0	0	0.033	0.021	Bus87	-0.033	-0.021	57.7	85.0	
	0.400	98.203	-0.8	0	0	0.036	0.023	Bus88	-0.036	-0.025	62.9	85.0	
	0.400	98.312	-0.8	0	0	0.033	0.020	Bus89	-0.033	-0.020	57.0	85.0	
	0.400	98.146	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus90	-0.035	-0.022	60.6	85.0	
	0.400	98.110	-0.9	0	0	0.064	0.040	Bus91	-0.064	-0.040	111.3	85.0	
	20.000	99.619	-0.2	0	0	0	0	Bus91	0.127	0.081	4.4	84.4	
								Bus94	0.787	0.518	27.3	83.5	
								Bus93	0.056	0.023	1.2	84.5	
								Bus97	0.038	0.024	1.3	84.4	
								Bus98	0.062	0.039	2.1	84.4	
								Bus2	-0.629	-0.424	22.0	82.9	
								Bus83	-0.421	-0.261	14.3	85.0	
	0.400	98.158	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus92	-0.062	-0.038	106.7	85.0	
	0.400	98.104	-1.0	0	0	0.065	0.041	Bus94	-0.065	-0.041	113.3	85.0	
	0.400	98.160	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus95	-0.062	-0.038	107.3	85.0	
	0.400	98.200	-0.9	0	0	0.060	0.037	Bus96	-0.060	-0.037	105.8	85.0	
	0.400	98.235	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus93	-0.035	-0.022	61.1	85.0	
	0.400	98.267	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus99	-0.034	-0.021	58.0	85.0	
	13.800	100.001	0.0	0	0	0	0	Bus3	0.650	0.412	32.2	84.5	
								PLTD_Walhalun	-0.650	-0.412	32.2	84.5	
	0.400	98.128	-0.9	0	0	0.062	0.039	Bus100	-0.062	-0.039	108.1	85.0	
	0.400	98.165	-0.8	0	0	0.037	0.023	Bus97	-0.037	-0.023	64.6	85.0	
	0.400	98.159	-0.9	0	0	0.061	0.038	Bus101	-0.061	-0.038	104.8	85.0	
	0.400	98.273	-0.7	0	0	0.052	0.020	Bus102	-0.052	-0.020	55.7	85.0	
	0.400	98.097	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus98	-0.062	-0.038	106.5	85.0	
	0.400	98.158	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus103	-0.034	-0.021	59.4	85.0	
	0.400	98.219	-0.7	0	0	0.016	0.010	Bus104	-0.016	-0.010	27.6	85.0	
	0.400	98.196	-0.8	0	0	0.054	0.034	Bus105	-0.054	-0.034	93.5	85.0	
	0.400	98.179	-0.7	0	0	0.032	0.020	Bus106	-0.032	-0.020	55.3	85.0	
	20.000	99.589	-0.2	0	0	0.000	0.002	Bus106	-0.273	-0.174	9.4	84.3	
								Bus107	0.221	0.139	7.6	84.5	
								Bus59	0.052	0.063	1.8	84.5	
	0.400	98.197	-0.8	0	0	0.052	0.032	Bus58	-0.052	-0.032	89.9	85.0	
	0.400	98.144	-0.8	0	0	0.083	0.051	Bus107	-0.083	-0.051	143.1	85.0	
	0.400	98.158	-0.7	0	0	0.015	0.009	Bus108	-0.015	-0.009	26.4	85.0	
	0.400	98.202	-0.6	0	0	0.014	0.009	Bus109	-0.014	-0.009	24.8	85.0	

dt:
 anl:
 act:
 ver:
 une: skripsi

ETAP
 7.0.0
 Study Case: TS

Page: 2
 Date: 05-20-2014
 SN: 12345678
 Revision: Base
 Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				N/FMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FT	%Tap
4	0.400	98.140	-0.6	0	0	0.003	0.003	Bus110	-0.003	-0.303	8.2	85.0	
5	0.400	98.133	-0.6	0	0	0.015	0.009	Bus111	-0.015	-0.009	25.4	85.0	
6	0.400	98.088	-0.6	0	0	0.030	0.019	Bus112	-0.030	-0.019	52.0	85.0	
7	0.400	98.140	-0.6	0	0	0.028	0.018	Bus113	-0.028	-0.018	49.0	85.0	
5	0.400	98.099	-0.6	0	0	0.029	0.018	Bus114	-0.029	-0.018	30.4	85.0	
7	0.400	98.168	-0.8	0	0	0.019	0.012	Bus83	-0.019	-0.012	32.3	85.0	
8	0.400	98.137	-0.8	0	0	0.019	0.012	Bus84	-0.019	-0.012	32.3	85.0	
9	0.400	98.212	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus85	-0.035	-0.022	60.1	85.0	
3	20.000	99.619	-0.2	0	0	0	0	Bus3	-0.649	-0.405	22.2	84.9	
								Bus84	0.104	0.066	3.6	84.5	
								Bus88	0.105	0.066	3.6	84.8	
								Bus77	0.019	0.012	0.0	84.4	
								Bus13	0.421	0.261	14.3	85.0	
4	20.000	99.588	-0.2	0	0	0	0	Bus83	-0.104	-0.066	3.6	84.5	
								Bus85	0.086	0.054	2.9	84.5	
								Bus78	0.019	0.012	0.6	84.4	
5	20.000	99.562	-0.2	0	0	0	0	Bus84	-0.086	-0.054	2.9	84.5	
								Bus86	0.051	0.032	1.7	84.5	
								Bus79	0.035	0.022	1.2	84.3	
5	20.000	99.466	-0.2	0	0	0	0	Bus85	-0.090	-0.052	1.7	84.5	
								Bus87	0.034	0.021	1.2	84.5	
								Bus7	0.017	0.011	0.6	84.5	
7	20.000	99.456	-0.2	0	0	0	0	Bus86	-0.034	-0.021	1.2	84.5	
								Bus8	0.034	0.021	1.2	84.5	
6	20.000	99.617	-0.2	0	0	0.000	-0.001	Bus83	-0.105	-0.066	3.6	84.8	
								Bus89	0.009	0.043	2.4	84.5	
								Bus9	0.037	0.023	1.3	84.5	
2	20.000	98.595	-0.2	0	0	0	0	Bus88	-0.069	-0.043	2.4	84.5	
								Bus90	0.035	0.022	1.2	84.5	
								Bus10	0.033	0.021	1.1	84.5	
1	20.000	98.507	-0.2	0	0	0	0	Bus89	-0.035	-0.022	1.2	84.5	
								Bus11	0.035	0.022	1.2	84.5	
	20.000	99.588	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.127	-0.081	4.4	84.3	
								Bus92	0.062	0.040	2.1	84.4	
								Bus12	0.065	0.041	2.2	84.3	
	20.000	99.575	-0.2	0	0	0	0	Bus91	-0.062	-0.040	2.1	84.4	
								Bus14	0.062	0.040	2.1	84.4	
	20.000	99.607	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.036	-0.023	1.2	84.5	
								Bus35	0.036	0.023	1.2	84.5	
	20.000	99.609	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.787	-0.518	27.3	83.5	
								Bus95	0.721	0.476	25.0	83.5	

file:
name:
net:
net:
name: skripoi_

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	MVar	MW	MVar	ID	MW	MVar	Amp	% PF	% Tap
25	20.000	99.585	-0.2	0	0	0.002	0.008	Bus15	0.066	0.042	2.3	84.3	
								Bus94	-0.721	-0.476	25.0	83.5	
								Bus96	0.657	0.429	22.7	83.7	
								Bus16	0.062	0.040	2.1	84.4	
26	20.000	99.578	-0.2	0	0	0.000	0.002	Bus95	-0.657	-0.429	22.7	83.7	
								Bus99	0.596	0.388	20.6	83.8	
								Bus17	0.060	0.038	2.1	84.4	
27	20.000	99.616	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.038	-0.024	1.3	84.4	
								Bus41	0.038	0.024	1.3	84.4	
28	20.000	99.511	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.062	-0.039	2.1	84.4	
								Bus44	0.062	0.039	2.1	84.4	
29	20.000	99.569	-0.2	0	0	-0.007	0.004	Bus96	-0.596	-0.388	20.6	83.8	
								Bus100	0.569	0.363	19.6	84.3	
								Bus26	0.034	0.021	1.2	84.3	
30	20.000	99.563	-0.2	0	0	0.002	0.002	Bus101	0.505	0.322	17.4	84.3	
								Bus99	-0.569	-0.363	19.6	84.3	
								Bus40	0.063	0.040	2.2	84.4	
31	20.000	99.551	-0.2	0	0	0	0	Bus100	-0.505	-0.322	17.4	84.3	
								Bus102	0.444	0.283	15.3	84.3	
								Bus42	0.061	0.039	2.1	84.4	
32	20.000	99.525	-0.2	0	0	0	0	Bus101	-0.443	-0.283	15.3	84.3	
								Bus103	0.411	0.262	14.1	84.3	
								Bus43	0.032	0.021	1.1	84.5	
33	20.000	99.491	-0.2	0	0	0	0	Bus102	-0.411	-0.262	14.1	84.3	
								Bus104	0.376	0.240	13.0	84.3	
								Bus50	0.035	0.022	1.2	84.5	
34	20.000	99.460	-0.2	0	0	0.000	0.001	Bus103	-0.376	-0.240	13.0	84.3	
								Bus105	0.360	0.229	12.4	84.4	
								Bus52	0.016	0.010	0.6	84.5	
35	20.000	99.438	-0.2	0	0	0.000	0.001	Bus104	-0.360	-0.229	12.4	84.4	
								Bus106	0.305	0.193	10.5	84.5	
								Bus53	0.034	0.035	1.9	84.4	
36	20.000	99.419	-0.2	0	0	0.000	-0.001	Bus105	-0.305	-0.193	10.5	84.5	
								Bus58	0.273	0.174	9.4	84.3	
								Bus54	0.032	0.020	1.1	84.5	
37	20.000	99.359	-0.2	0	0	0	0	Bus58	-0.221	-0.139	7.6	84.3	
								Bus108	0.137	0.087	4.7	84.6	
								Bus61	0.083	0.053	2.9	84.5	
38	20.000	99.341	-0.2	0	0	0	0	Bus107	-0.137	-0.087	4.7	84.6	
								Bus109	0.122	0.077	4.2	84.6	
								Bus62	0.015	0.010	0.5	84.5	

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	VV	% Mag	Ang.	MW	MVar	MW	MVar	ID	MW	MVar	Amp	%TF	% Tap
109	20.000	99.315	-0.2	0	0	0	0	Bus108	-0.122	-0.077	4.2	84.6	
								Bus110	0.108	0.068	3.7	84.6	
								Bus63	0.014	0.009	0.5	84.6	
110	20.000	99.292	-0.1	0	0	0	0	Bus109	-0.108	-0.068	3.7	84.6	
								Bus111	0.105	0.065	3.5	84.6	
								Bus64	0.005	0.003	0.2	84.6	
111	20.000	99.271	-0.1	0	0	0	0	Bus110	-0.102	-0.065	3.5	84.6	
								Bus112	0.088	0.056	3.0	84.6	
								Bus65	0.015	0.009	0.5	84.6	
112	20.000	99.254	-0.1	0	0	0	0	Bus111	-0.088	-0.056	3.0	84.6	
								Bus113	0.058	0.036	2.0	84.6	
								Bus66	0.030	0.019	1.0	84.5	
113	20.000	99.239	-0.1	0	0	0	0	Bus112	-0.058	-0.036	2.0	84.6	
								Bus114	0.029	0.018	1.0	84.6	
								Bus67	0.028	0.018	1.0	84.6	
114	20.000	99.230	-0.1	0	0	0	0	Bus113	-0.029	-0.018	1.0	84.6	
								Bus75	0.029	0.018	1.0	84.6	
								Bus2	0.631	0.429	31.8	82.7	
> Lokas	13.800	100.306	0.0	0.631	0.429	0	0	Bus2	0.631	0.429	31.8	82.7	
> Wabulim	13.800	100.292	0.0	0.652	0.412	0	0	Bus39	0.652	0.412	32.2	84.5	

icates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)
icates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	MVar	MW	MVar	ID	MW	MVar	Amp	%PF	% Tap	
1	13.800	100.004	0.0	0	0	0	0	Bus13	0.629	-0.430	31.9	82.6		
								PLTD_Inokes	-0.629	-0.430	31.9	87.6		
2	20.000	99.641	-0.2	0	0	0.001	0.003	Bus83	0.650	0.403	22.1	85.0		
								Bus39	-0.651	-0.406	22.2	84.8		
3	0.400	98.163	-0.7	0	0	0.017	0.010	Bus86	-0.017	-0.010	29.0	85.0		
								Bus87	-0.035	-0.021	57.7	85.0		
4	0.400	98.163	-0.7	0	0	0.033	0.021	Bus88	-0.036	-0.023	62.9	85.0		
								Bus89	-0.033	-0.020	57.0	85.0		
5	0.400	98.514	-0.8	0	0	0.055	0.020	Bus90	-0.035	-0.022	60.6	85.0		
								Bus91	-0.064	-0.040	111.5	85.0		
6	0.400	98.111	-0.9	0	0	0.064	0.040	Bus91	0.127	0.081	4.4	84.4		
								Bus94	0.787	0.518	25.3	85.5		
7	20.000	99.621	-0.2	0	0	0	0	Bus93	0.036	0.023	1.2	84.5		
								Bus97	0.038	0.024	1.3	84.4		
8	0.400	98.159	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus98	0.062	0.039	2.1	84.4		
								Bus2	-0.629	-0.425	22.0	82.8		
9	0.400	98.108	-1.0	0	0	0.065	0.041	Bus83	-0.421	-0.260	14.5	85.1		
								Bus92	-0.062	-0.038	106.7	85.0		
10	0.400	98.162	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus94	-0.065	-0.041	113.3	85.0		
								Bus95	-0.062	-0.038	107.3	85.0		
11	0.400	98.202	-0.9	0	0	0.060	0.037	Bus96	-0.060	-0.037	103.8	85.0		
								Bus93	-0.035	-0.022	61.1	85.0		
12	0.400	98.268	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus99	-0.034	-0.021	58.0	85.0		
								Bus3	0.651	0.411	32.2	84.6		
13	13.800	100.001	0.0	0	0	0	0	PLTD_Washalon	-0.651	-0.411	32.2	84.6		
								Bus100	-0.062	-0.039	108.1	85.0		
14	0.400	98.129	-0.9	0	0	0.062	0.037	Bus97	-0.037	-0.025	64.6	85.0		
								Bus101	-0.061	-0.038	104.8	85.0		
15	0.400	98.160	-0.9	0	0	0.061	0.038	Bus102	-0.032	-0.020	55.7	85.0		
								Bus98	-0.062	-0.038	106.5	85.0		
16	0.400	98.160	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus103	-0.034	-0.021	50.4	85.0		
								Bus104	-0.016	-0.010	27.6	85.0		
17	0.400	98.220	-0.7	0	0	0.016	0.010	Bus105	-0.054	-0.034	95.5	85.0		
								Bus106	-0.032	-0.020	55.5	85.0		
18	0.400	98.197	-0.8	0	0	0.054	0.034	Bus106	-0.032	-0.020	55.5	85.0		
								Bus106	-0.275	-0.174	9.4	84.3		
19	20.000	99.391	-0.2	0	0	0.000	0.002	Bus107	0.221	0.139	7.6	84.5		
								Bus59	0.052	0.033	1.8	84.5		
20	0.400	98.198	-0.8	0	0	0.052	0.032	Bus58	-0.052	-0.032	89.9	85.0		
								Bus107	-0.089	-0.051	143.1	85.0		
21	0.400	98.145	-0.8	0	0	0.083	0.051	Bus108	-0.015	-0.009	26.4	85.0		
								Bus109	-0.014	-0.009	24.8	85.0		

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.200

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
4	0.400	98.141	-0.6	0	0	0.005	0.003	Bus110	-0.005	-0.003	8.2	85.0	
5	0.400	98.134	-0.6	0	0	0.015	0.009	Bus111	-0.015	-0.009	25.4	85.0	
6	0.400	98.090	-0.6	0	0	0.030	0.019	Bus112	-0.030	-0.019	52.0	85.0	
7	0.400	98.141	-0.6	0	0	0.028	0.018	Bus112	-0.028	-0.018	49.0	85.0	
5	0.400	98.101	-0.6	0	0	0.029	0.018	Bus114	-0.029	-0.018	50.4	85.0	
7	0.400	98.170	-0.8	0	0	0.019	0.012	Bus83	-0.019	-0.012	32.3	85.0	
8	0.400	98.139	-0.8	0	0	0.019	0.012	Bus84	-0.019	-0.012	32.3	85.0	
9	0.400	98.213	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus85	-0.035	-0.022	60.1	85.0	
3	20.000	99.621	-0.2	0	0	0	0	Bus2	-0.649	-0.403	22.1	85.0	
								Bus84	0.104	0.066	3.6	84.5	
								Bus88	0.105	0.066	3.6	84.8	
								Bus77	0.029	0.012	0.6	84.4	
								Bus13	0.421	0.260	14.5	85.1	
4	20.000	99.589	-0.2	0	0	0	0	Bus83	-0.104	-0.066	3.6	84.5	
								Bus85	0.086	0.054	2.9	84.5	
								Bus78	0.019	0.012	0.6	84.4	
5	20.000	99.563	-0.2	0	0	0	0	Bus84	-0.086	-0.054	2.9	84.5	
								Bus86	0.051	0.032	1.7	84.5	
								Bus79	0.025	0.022	1.2	84.5	
6	20.000	99.467	-0.2	0	0	0	0	Bus85	-0.050	-0.032	1.7	84.5	
								Bus87	0.034	0.021	1.2	84.5	
								Bus7	0.017	0.011	0.6	84.5	
7	20.000	99.457	-0.2	0	0	0	0	Bus86	-0.034	-0.021	1.2	84.5	
								Bus8	0.034	0.021	1.2	84.5	
8	20.000	99.618	-0.2	0	0	0.000	-0.001	Bus83	-0.105	-0.066	3.6	84.8	
								Bus89	0.069	0.043	2.4	84.5	
								Bus9	0.037	0.023	1.3	84.5	
9	20.000	99.594	-0.2	0	0	0	0	Bus88	-0.069	-0.043	2.4	84.5	
								Bus90	0.035	0.022	1.2	84.5	
								Bus10	0.035	0.021	1.1	84.5	
	20.000	98.508	-0.2	0	0	0	0	Bus89	-0.035	-0.022	1.2	84.5	
								Bus11	0.035	0.022	1.2	84.5	
	20.000	98.589	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.127	-0.081	4.4	84.5	
								Bus92	0.062	0.040	2.1	84.4	
								Bus12	0.065	0.041	2.2	84.3	
	20.000	99.476	-0.2	0	0	0	0	Bus91	-0.062	-0.040	2.1	84.4	
								Bus14	0.062	0.040	2.1	84.4	
	20.000	99.608	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.036	-0.023	1.2	84.5	
								Bus35	0.036	0.023	1.2	84.5	
	20.000	99.610	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.787	-0.518	27.3	83.5	
								Bus95	0.721	0.476	25.1	83.5	

id:
icon:
act:
ent:
me: skripni_

ETAP
7.0.0
Study Case: TS

Page: 7
Date: 05-20-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.200-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp.	%PF	% Tap
5	20.000	99.586	-0.2	0	0	0.002	0.008	Bus15	0.066	0.042	2.3	84.3	
								Bus94	-0.721	-0.436	25.1	83.5	
								Bus96	0.637	0.429	22.7	83.7	
								Bus16	0.062	0.040	2.1	84.4	
6	20.000	99.579	-0.2	0	0	0.000	0.002	Bus95	-0.657	-0.429	22.7	83.7	
								Bus99	0.596	0.388	20.6	83.8	
								Bus17	0.060	0.038	2.1	84.4	
7	20.000	99.617	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.038	-0.024	1.3	84.4	
								Bus41	0.038	0.024	1.3	84.4	
8	20.000	99.512	-0.2	0	0	0	0	Bus13	-0.062	-0.039	2.1	84.4	
								Bus44	0.062	0.039	2.1	84.4	
9	20.000	99.570	-0.2	0	0	-0.007	0.004	Bus96	-0.596	-0.388	20.6	83.8	
								Bus100	0.369	0.363	19.6	84.3	
								Bus36	0.034	0.021	1.2	84.5	
10	20.000	99.564	-0.2	0	0	0.002	0.002	Bus101	0.505	0.322	17.4	84.3	
								Bus99	-0.569	-0.363	19.6	84.3	
								Bus40	0.065	0.040	2.2	84.4	
11	20.000	99.552	-0.2	0	0	0	0	Bus100	-0.505	-0.322	17.4	84.3	
								Bus102	0.444	0.283	15.3	84.5	
								Bus42	0.061	0.039	2.1	84.4	
12	20.000	99.526	-0.2	0	0	0	0	Bus101	-0.443	-0.283	15.3	84.3	
								Bus103	0.411	0.262	14.1	84.3	
								Bus43	0.032	0.021	1.1	84.5	
13	20.000	99.492	-0.2	0	0	0	0	Bus102	-0.411	-0.262	14.1	84.3	
								Bus104	0.376	0.240	13.0	84.3	
								Bus53	0.025	0.022	1.2	84.5	
14	20.000	99.461	-0.2	0	0	0.000	0.001	Bus103	-0.376	-0.240	13.0	84.3	
								Bus105	0.360	0.229	12.4	84.4	
								Bus52	0.016	0.010	0.6	84.5	
15	20.000	99.439	-0.2	0	0	0.000	0.001	Bus104	-0.360	-0.229	12.4	84.4	
								Bus106	0.303	0.193	10.5	84.5	
								Bus53	0.054	0.033	1.9	84.4	
16	20.000	99.421	-0.2	0	0	0.000	-0.001	Bus105	-0.303	-0.193	10.5	84.3	
								Bus58	0.273	0.174	9.4	84.3	
								Bus54	0.032	0.020	1.1	84.5	
17	20.000	99.361	-0.2	0	0	0	0	Bus58	-0.221	-0.139	7.6	84.5	
								Bus108	0.137	0.087	4.7	84.6	
								Bus61	0.083	0.053	2.9	84.5	
18	20.000	99.342	-0.2	0	0	0	0	Bus107	-0.137	-0.087	4.7	84.6	
								Bus109	0.122	0.077	4.2	84.6	
								Bus62	0.015	0.010	0.5	84.3	

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.200-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	MVar	MW	MVar	ID	MW	MVar	Amp	%T	% Tap
09	20.000	99.316	-0.2	0	0	0	0	Bus108	-0.122	-0.077	4.2	84.6	
								Bus110	0.108	0.068	3.7	84.6	
								Bus64	0.014	0.009	0.5	84.6	
10	20.000	99.294	-0.1	0	0	0	0	Bus109	-0.108	-0.068	3.7	84.6	
								Bus111	0.103	0.065	3.5	84.6	
								Bus64	0.005	0.003	0.2	84.6	
11	20.000	99.272	-0.1	0	0	0	0	Bus110	-0.103	-0.065	3.5	84.6	
								Bus112	0.088	0.056	3.0	84.6	
								Bus65	0.015	0.009	0.5	84.6	
12	20.000	99.256	-0.1	0	0	0	0	Bus111	-0.088	-0.056	3.0	84.6	
								Bus113	0.058	0.036	2.0	84.6	
								Bus66	0.030	0.019	1.0	84.5	
13	20.000	99.241	-0.1	0	0	0	0	Bus112	-0.058	-0.036	2.0	84.6	
								Bus114	0.029	0.019	1.0	84.6	
								Bus67	0.028	0.018	1.0	84.6	
14	20.000	99.232	-0.1	0	0	0	0	Bus113	-0.029	-0.019	1.0	84.6	
								Bus75	0.029	0.019	1.0	84.6	
1_Loksa	13.800	100.308	0.0	0.631	0.431	0	0	Bus2	0.631	0.431	31.9	82.6	
1_Watihulun	13.800	100.203	0.0	0.653	0.411	0	0	Bus39	0.653	0.411	32.2	84.6	

icates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)
icates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

At:
Ion:
act:
eer:
jue: skripsi_

ETAP
7.0.0
Study Case: TS

Page: 9
Date: 05-20-2014
SN: 12343678
Revision: Base
Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.500-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%T	% Tap
1	13.800	100.352	0.0	0	0	0	0	Bus13	0.534	0.587	33.1	67.5	
								PLTD Lokca	-0.534	-0.587	33.1	67.5	
	20.000	99.867	-0.3	0	0	0.001	0.003	Bus83	0.604	0.157	18.0	96.8	
								Bus39	-0.605	-0.160	18.1	96.7	
2	0.400	98.287	-0.8	0	0	0.017	0.010	Bus86	-0.017	-0.010	29.1	85.0	
	0.400	98.287	-0.7	0	0	0.033	0.021	Bus87	-0.033	-0.021	57.8	85.0	
	0.400	98.429	-0.9	0	0	0.037	0.023	Bus88	-0.037	-0.023	63.1	85.0	
0	0.400	98.538	-0.8	0	0	0.033	0.021	Bus89	-0.033	-0.021	57.2	85.0	
1	0.400	98.371	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus90	-0.035	-0.022	60.8	85.0	
2	0.400	98.350	-1.0	0	0	0.065	0.040	Bus91	-0.065	-0.040	111.6	85.0	
3	20.000	99.848	-0.3	0	0	0	0	Bus91	0.065	0.041	2.2	84.5	
								Bus94	0.707	0.468	24.5	85.4	
								Bus53	0.056	0.023	1.2	84.5	
								Bus97	0.038	0.024	1.3	84.4	
								Bus98	0.062	0.040	2.1	84.4	
								Bus2	-0.534	-0.582	22.8	67.6	
								Bus85	-0.274	-0.013	10.8	99.9	
4	0.400	99.832	-0.3	0	0	0	0	Bus92	0.000	0.000	0.0	0.0	
5	0.400	98.230	-1.0	0	0	0.066	0.041	Bus94	-0.066	-0.041	115.3	85.0	
6	0.400	98.390	-0.9	0	0	0.062	0.039	Bus95	-0.062	-0.039	107.5	85.0	
7	0.400	98.431	-0.9	0	0	0.060	0.037	Bus96	-0.060	-0.037	104.0	85.0	
8	0.400	98.461	-0.8	0	0	0.036	0.022	Bus93	-0.036	-0.022	61.3	85.0	
9	0.400	98.499	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus99	-0.034	-0.021	58.1	85.0	
10	13.800	100.027	0.0	0	0	0	0	Bus3	0.605	0.163	26.2	96.5	
								PLTD Waibalan	-0.605	-0.163	26.2	96.5	
11	0.400	98.360	-0.9	0	0	0.063	0.039	Bus100	-0.063	-0.039	108.3	85.0	
12	0.400	98.390	-0.9	0	0	0.038	0.023	Bus97	-0.038	-0.023	64.8	85.0	
13	0.400	98.393	-0.9	0	0	0.061	0.038	Bus101	-0.061	-0.038	105.1	85.0	
14	0.400	98.313	-0.8	0	0	0.032	0.020	Bus102	-0.032	-0.020	55.9	85.0	
15	0.400	98.322	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus98	-0.062	-0.038	106.7	85.0	
16	0.400	98.404	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus103	-0.034	-0.021	59.5	85.0	
17	0.400	98.472	-0.7	0	0	0.016	0.010	Bus104	-0.016	-0.010	27.7	85.0	
18	0.400	98.454	-0.8	0	0	0.054	0.034	Bus105	-0.054	-0.034	93.8	85.0	
19	0.400	98.442	-0.7	0	0	0.032	0.020	Bus106	-0.032	-0.020	55.4	85.0	
	20.000	99.665	-0.2	0	0	0.000	0.002	Bus106	-0.191	-0.122	6.6	84.2	
								Bus107	0.138	0.087	4.7	84.6	
								Bus59	0.053	0.033	1.8	84.5	
	0.400	98.465	-0.8	0	0	0.052	0.032	Bus58	-0.052	-0.032	90.1	85.0	
	0.400	99.646	-0.2	0	0	0	0	Bus107	0.000	0.000	0.0	0.0	
	0.400	98.441	-0.7	0	0	0.015	0.009	Bus108	-0.015	-0.009	26.4	85.0	
	0.400	98.483	-0.7	0	0	0.014	0.009	Bus109	-0.014	-0.009	24.9	85.0	

tit:
ion:
act:
ect:
me: skripoi_

ETAP
7.0.0
Study Case: TS

Page: 10
Date: 05-20-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.500-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	VV	% Mag.	Ang.	MW	MVar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
4	0.400	98.423	-0.7	0	0	0.005	0.002	Bus110	-0.005	-0.003	8.2	85.0	
5	0.400	98.416	-0.7	0	0	0.015	0.005	Bus111	-0.015	-0.009	25.4	85.0	
6	0.400	98.371	-0.7	0	0	0.030	0.019	Bus112	-0.030	-0.019	52.1	85.0	
7	0.400	98.423	-0.6	0	0	0.028	0.018	Bus113	-0.028	-0.018	49.2	85.0	
5	0.400	98.382	-0.6	0	0	0.029	0.018	Bus114	-0.029	-0.018	50.6	85.0	
7	0.400	98.594	-0.9	0	0	0.019	0.012	Bus83	-0.019	-0.012	32.4	85.0	
8	0.400	98.563	-0.9	0	0	0.019	0.012	Bus84	-0.019	-0.012	32.4	85.0	
9	0.400	98.458	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus85	-0.035	-0.022	60.2	85.0	
3	20.000	99.848	-0.4	0	0	0	0	Bus3	-0.604	-0.157	18.0	96.8	
								Bus84	0.105	0.066	3.6	84.5	
								Bus88	0.105	0.065	3.6	84.8	
								Bus77	0.019	0.012	0.6	84.4	
								Bus13	0.374	0.013	10.8	99.9	
4	20.000	99.817	-0.3	0	0	0	0	Bus83	-0.105	-0.066	3.6	84.5	
								Bus85	0.085	0.054	2.9	84.5	
								Bus78	0.019	0.012	0.6	84.4	
5	20.000	99.790	-0.2	0	0	0	0	Bus84	-0.096	-0.054	2.9	84.5	
								Bus86	0.031	0.032	1.7	84.5	
								Bus79	0.035	0.022	1.2	84.5	
6	20.000	99.694	-0.2	0	0	0	0	Bus85	-0.051	-0.032	1.7	84.5	
								Bus87	0.034	0.021	1.2	84.5	
								Bus7	0.017	0.011	0.6	84.5	
4	20.000	99.684	-0.2	0	0	0	0	Bus86	-0.034	-0.021	1.2	84.5	
								Bus8	0.034	0.021	1.2	84.5	
5	20.000	99.846	-0.3	0	0	0.000	-0.001	Bus83	-0.105	-0.066	3.6	84.8	
								Bus89	0.069	0.044	2.4	84.5	
								Bus9	0.037	0.023	1.3	84.5	
6	20.000	99.822	-0.3	0	0	0	0	Bus88	-0.069	-0.044	2.4	84.5	
								Bus90	0.036	0.023	1.2	84.5	
								Bus10	0.033	0.021	1.1	84.5	
7	20.000	99.736	-0.2	0	0	0	0	Bus89	-0.034	-0.022	1.2	84.5	
								Bus11	0.035	0.022	1.2	84.5	
	20.000	99.832	-0.3	0	0	0	0	Bus13	-0.365	-0.041	2.2	84.3	
								Bus92	0.000	0.000	0.0	0.0	
								Bus12	0.365	0.041	2.2	84.3	
	20.000	99.832	-0.3	0	0	0	0	Bus91	0.000	0.000	0.0	0.0	
								Bus14	0.000	0.000	0.0	0.0	
	20.000	99.856	-0.3	0	0	0	0	Bus12	-0.036	-0.023	1.2	84.5	
								Bus35	0.036	0.023	1.2	84.5	
	20.000	99.839	-0.3	0	0	0	0	Bus13	-0.707	-0.468	24.5	83.4	
								Bus95	0.641	0.425	22.2	83.8	

d:
 on:
 act:
 ver:
 me: skripsi

ETAP
 7.0.0
 Study Case: TS

Page: 11
 Date: 05-20-2014
 SN: 12345678
 Revision: Base
 Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.500-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
5	20.000	99.818	-0.3	0	0	0.002	0.008	Bus15	0.066	0.042	2.2	84.5	
								Bus94	-0.641	-0.425	22.2	83.3	
								Bus96	0.576	0.378	19.9	83.6	
								Bus36	0.063	0.040	2.2	84.4	
6	20.000	99.812	-0.2	0	0	0.000	0.002	Bus95	-0.576	-0.378	19.5	83.6	
								Bus99	0.513	0.337	17.8	83.6	
								Bus17	0.061	0.039	2.1	84.4	
								Bus13	-0.038	-0.024	1.3	84.4	
7	20.000	99.843	-0.3	0	0	0	0	Bus41	0.038	0.024	1.3	84.4	
								Bus13	-0.052	-0.040	2.1	84.4	
9	20.000	99.740	-0.2	0	0	0	0	Bus44	0.062	0.040	2.1	84.4	
								Bus96	-0.513	-0.337	17.8	83.6	
								Bus100	0.488	0.312	16.8	84.2	
								Bus36	0.034	0.022	1.2	84.5	
10	20.000	99.799	-0.2	0	0	0.002	0.002	Bus101	0.423	0.270	14.5	84.3	
								Bus99	-0.488	-0.312	16.8	84.2	
								Bus40	0.063	0.040	2.2	84.4	
								Bus100	-0.423	-0.270	14.5	84.3	
11	20.000	99.789	-0.2	0	0	0	0	Bus102	0.262	0.231	12.4	84.3	
								Bus42	0.061	0.039	2.1	84.4	
								Bus101	-0.262	-0.231	12.4	84.3	
								Bus103	0.329	0.211	11.3	84.2	
12	20.000	99.767	-0.2	0	0	0	0	Bus43	0.033	0.021	1.1	84.5	
								Bus102	-0.329	-0.211	11.3	84.2	
								Bus104	0.294	0.189	10.1	84.2	
								Bus50	0.035	0.022	1.2	84.5	
13	20.000	99.716	-0.2	0	0	0.000	0.001	Bus103	-0.294	-0.189	10.1	84.2	
								Bus105	0.278	0.177	9.5	84.3	
								Bus52	0.016	0.010	0.6	84.5	
								Bus104	-0.278	-0.177	9.5	84.3	
14	20.000	99.699	-0.2	0	0	0.000	0.001	Bus106	0.223	0.141	7.7	84.5	
								Bus53	0.055	0.033	1.9	84.4	
								Bus105	-0.223	-0.141	7.7	84.5	
								Bus58	0.191	0.124	6.6	84.2	
15	20.000	99.686	-0.2	0	0	0.000	-0.001	Bus34	0.032	0.020	1.1	84.5	
								Bus38	-0.138	-0.087	4.7	84.6	
								Bus108	0.158	0.087	4.7	84.6	
								Bus61	0.000	0.000	0.0	0.0	
16	20.000	99.646	-0.2	0	0	0	0	Bus107	-0.138	-0.087	4.7	84.6	
								Bus109	0.129	0.077	4.2	84.6	
								Bus62	0.015	0.010	0.5	84.5	

file:
name:
sheet:
owner:
me: skripsi

ETAP
7.0.0
Study Case: TS

Page: 12
Date: 05-20-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 0.500-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%T	% Tap
09	20.000	99.601	-0.1	0	0	0	0	Bus108	-0.123	-0.077	4.2	84.6	
								Bus110	-0.108	0.068	3.7	84.6	
								Bus63	0.011	0.009	0.1	84.6	
10	20.000	99.579	-0.2	0	0	0	0	Bus109	-0.108	-0.068	3.7	84.6	
								Bus111	0.103	0.065	3.1	84.6	
								Bus64	0.005	0.005	0.2	84.6	
11	20.000	99.557	-0.2	0	0	0	0	Bus110	-0.103	-0.065	3.1	84.6	
								Bus112	0.089	0.056	3.0	84.6	
								Bus65	-0.015	0.009	0.5	84.6	
12	20.000	99.541	-0.2	0	0	0	0	Bus111	-0.089	-0.056	3.0	84.6	
								Bus113	0.058	0.037	2.0	84.6	
								Bus66	0.030	0.019	1.0	84.6	
13	20.000	99.526	-0.2	0	0	0	0	Bus112	-0.058	-0.037	2.0	84.6	
								Bus114	0.029	0.019	1.0	84.6	
								Bus67	0.029	0.013	1.0	84.6	
14	20.000	99.517	-0.2	0	0	0	0	Bus113	-0.029	-0.019	1.0	84.6	
								Bus75	0.029	0.019	1.0	84.6	
1_Lokea	13.800	100.643	-0.1	0.537	0.588	0	0	Bus2	0.537	0.588	33.1	67.4	
1_Watihalem	13.800	100.208	0.0	0.606	0.163	0	0	Bus39	0.606	0.163	26.2	96.6	

icates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)
icates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

ti:
om:
ict:
rec:
me: skripsi

ETAP
7.0.0

Study Case: TS

Page: 13
Date: 05-20-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T = 10,000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	UD	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
1	13.800	100.097	0.1	0	0	0	0	Bus13	1.100	-3.408	149.7	30.7	
								PLTD_Lokan	-1.100	-3.408	149.7	30.7	
	20.000	97.341	-0.4	0	0	0.001	0.003	Bus82	1.994	-3.095	109.2	54.2	
								Bus29	-1.995	-3.098	109.3	54.2	
	0.400	95.854	-0.9	0	0	0.016	0.010	Bus86	-0.016	-0.010	28.4	85.0	
	0.400	95.854	-0.8	0	0	0.032	0.020	Bus87	-0.032	-0.020	56.3	85.0	
	0.400	95.871	-0.9	0	0	0.035	0.021	Bus88	-0.035	-0.021	61.4	85.0	
	0.400	0.000	90.0	0	0	0	0	Bus89	0.000	0.000	3405.5	0.0	
	0.400	95.465	-0.4	0	0	0.033	0.021	Bus90	-0.033	-0.021	59.0	85.0	
	0.400	0.000	90.0	0	0	0	0	Bus91	0.000	0.000	5593.2	0.0	
	20.000	97.278	-0.3	0	0	0	0	Bus91	1.195	-5.579	112.0	31.7	
								Bus94	0.671	0.445	23.9	83.4	
								Bus93	0.034	0.022	1.2	84.5	
								Bus97	0.036	0.023	1.3	84.4	
								Bus98	0.059	0.038	2.1	84.4	
								Bus2	-1.093	-3.304	103.3	31.4	
								Bus83	-0.903	-0.802	35.8	74.8	
	0.400	96.980	-0.2	0	0	0	0	Bus92	0.000	0.000	0.0	0.0	
	0.400	95.799	-1.1	0	0	0.062	0.039	Bus94	-0.062	-0.039	110.6	85.0	
	0.400	95.847	-1.0	0	0	0.059	0.037	Bus95	-0.059	-0.037	104.7	85.0	
2	0.400	95.896	-1.0	0	0	0.057	0.035	Bus96	-0.057	-0.035	101.3	85.0	
	0.400	95.926	-0.9	0	0	0.034	0.021	Bus93	-0.034	-0.021	59.7	85.0	
	0.400	95.963	-0.9	0	0	0.032	0.020	Bus99	-0.032	-0.020	56.7	85.0	
	13.800	99.998	0.4	0	0	0	0	Bus3	2.003	-5.212	158.4	52.9	
								PLTD_Wabahan	-2.003	-5.212	158.4	52.9	
	0.400	95.828	-1.0	0	0	0.060	0.037	Bus100	-0.060	-0.037	105.5	85.0	
	0.400	95.857	-1.0	0	0	0.036	0.022	Bus97	-0.036	-0.022	63.1	85.0	
	0.400	95.860	-1.0	0	0	0.058	0.036	Bus101	-0.058	-0.036	102.4	85.0	
	0.400	95.977	-0.8	0	0	0.031	0.019	Bus102	-0.031	-0.019	54.4	85.0	
	0.400	95.791	-1.0	0	0	0.059	0.036	Bus98	-0.059	-0.036	104.0	85.0	
	0.400	95.871	-0.9	0	0	0.033	0.020	Bus103	-0.033	-0.020	58.0	85.0	
	0.400	95.937	-0.8	0	0	0.015	0.009	Bus104	-0.015	-0.009	27.0	85.0	
	0.400	95.919	-0.9	0	0	0.052	0.032	Bus105	-0.052	-0.032	91.4	85.0	
	0.400	95.907	-0.8	0	0	0.030	0.019	Bus106	-0.030	-0.019	54.0	85.0	
	20.000	97.099	-0.3	0	0	0.000	0.002	Bus106	-0.181	-0.116	6.4	84.2	
								Bus107	0.131	0.083	4.6	86.6	
								Bus59	-0.050	0.032	1.8	84.5	
	0.400	95.934	-0.9	0	0	0.050	0.031	Bus58	-0.050	-0.031	87.8	85.0	
	0.400	97.080	-0.3	0	0	0	0	Bus107	0.000	0.000	0.0	0.0	
	0.400	95.907	-0.8	0	0	0.015	0.009	Bus108	-0.015	-0.009	25.7	85.0	
	0.400	95.949	-0.7	0	0	0.014	0.008	Bus109	-0.014	-0.008	24.2	85.0	

E:
 SMI:
 M:
 R:
 M: skripsi_

ETAP
 7.0.0
 Study Case: TS

Page: 14
 Date: 05-20-2014
 SN: 12345678
 Revision: Base
 Config: Normal

LOAD FLOW REPORT @ T=10,000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFRM	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp.	% Tap	% Tap
4	0.400	95.889	-0.8	0	0	0.005	0.003	Bus110	-0.005	-0.003	8.0	85.0	
5	0.400	95.882	-0.7	0	0	0.014	0.009	Bus111	-0.014	-0.009	24.8	85.6	
6	0.400	95.838	-0.7	0	0	0.029	0.018	Bus112	-0.029	-0.018	50.8	85.0	
7	0.400	95.889	-0.7	0	0	0.027	0.017	Bus113	-0.027	-0.017	47.9	85.0	
8	0.400	95.840	-0.7	0	0	0.028	0.017	Bus114	-0.028	-0.017	49.3	85.0	
9	0.400	95.861	-0.9	0	0	0.018	0.011	Bus83	-0.018	-0.011	31.5	85.0	
10	0.400	95.830	-0.9	0	0	0.018	0.011	Bus84	-0.018	-0.011	31.5	85.0	
11	0.400	95.903	-0.9	0	0	0.033	0.021	Bus85	-0.033	-0.021	58.7	85.0	
12	20.000	97.278	-0.3	0	0	0	0	Bus3	-1.990	-3.095	109.2	54.1	
								Bus84	0.100	0.063	3.5	84.5	
								Bus88	0.970	2.219	71.9	40.0	
								Bus77	0.018	0.011	0.6	84.4	
								Bus15	0.903	0.802	35.8	74.8	
13	20.000	97.247	-0.3	0	0	0	0	Bus83	-0.100	-0.063	3.5	84.5	
								Bus85	0.082	0.052	2.9	81.5	
								Bus78	0.018	0.011	0.6	84.4	
14	20.000	97.221	-0.3	0	0	0	0	Bus84	-0.082	-0.052	2.9	84.5	
								Bus86	0.048	0.030	1.7	84.5	
								Bus79	0.033	0.021	1.2	84.5	
	20.000	97.128	-0.3	0	0	0	0	Bus85	-0.048	-0.030	1.7	84.5	
								Bus87	0.032	0.020	1.1	84.5	
								Bus7	0.016	0.010	0.6	84.5	
	20.000	97.118	-0.3	0	0	0	0	Bus86	-0.032	-0.020	1.1	84.5	
								Bus8	0.032	0.020	1.1	84.5	
	20.000	97.250	-0.3	0	0	0.000	-0.001	Bus83	-0.968	-2.219	71.9	40.0	
								Bus89	0.933	2.198	70.9	39.1	
								Bus9	0.033	0.022	1.2	84.5	
	20.000	96.871	0.1	0	0	0	0	Bus88	-0.914	-2.196	70.9	38.4	
								Bus90	0.033	0.021	1.2	84.5	
								Bus10	0.880	2.175	69.9	37.5	
	20.000	96.788	0.1	0	0	0	0	Bus89	-0.033	-0.021	1.2	84.5	
								Bus11	0.033	0.021	1.2	84.5	
	20.000	96.980	0.2	0	0	0	0	Bus13	-1.158	-3.579	112.0	30.8	
								Bus92	0.000	0.000	0.0	0.0	
								Bus12	1.158	3.579	112.0	30.8	
	20.000	96.980	0.2	0	0	0	0	Bus91	0.000	0.000	0.0	0.0	
								Bus14	0.000	0.000	0.0	0.0	
	20.000	97.266	-0.3	0	0	0	0	Bus15	-0.034	-0.022	1.2	84.5	
								Bus35	0.034	0.022	1.2	84.5	
	20.000	97.268	-0.3	0	0	0	0	Bus13	-0.671	-0.445	23.9	85.4	
								Bus95	0.608	0.405	21.7	85.5	

LOAD FLOW REPORT at T = 10,000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
5	20.000	97.248	-0.3	0	0	0.002	0.008	Bus15	0.063	0.040	2.2	84.3	
								Bus54	-0.608	-0.405	21.7	83.3	
								Bus96	0.546	0.359	18.4	83.6	
								Bus16	0.060	0.038	2.1	84.4	
6	20.000	97.242	-0.3	0	0	0.000	0.002	Bus95	-0.546	-0.359	19.4	83.6	
								Bus99	0.488	0.321	17.3	83.6	
								Bus17	0.058	0.037	2.0	84.4	
7	20.000	97.274	-0.3	0	0	0	0	Bus13	-0.036	-0.023	1.3	84.4	
								Bus41	0.036	0.023	1.3	84.4	
8	20.000	97.172	-0.3	0	0	0	0	Bus13	-0.039	-0.038	2.1	84.4	
								Bus44	0.039	0.038	2.1	84.4	
9	20.000	97.254	-0.3	0	0	-0.007	0.004	Bus96	-0.488	-0.321	17.3	83.6	
								Bus100	0.465	0.297	16.3	84.2	
								Bus36	0.032	0.020	1.1	84.5	
10	20.000	97.229	-0.3	0	0	-0.002	0.002	Bus101	0.402	0.257	14.2	84.3	
								Bus99	-0.463	-0.296	16.3	84.2	
								Bus40	0.050	0.038	2.1	84.4	
11	20.000	97.230	-0.3	0	0	0	0	Bus100	-0.402	-0.257	14.2	84.3	
								Bus102	0.344	0.220	12.1	84.3	
								Bus42	0.058	0.037	2.0	84.4	
12	20.000	97.199	-0.3	0	0	0	0	Bus101	-0.343	-0.220	12.1	84.2	
								Bus103	0.312	0.200	11.0	84.2	
								Bus43	0.031	0.020	1.1	84.3	
13	20.000	97.172	-0.3	0	0	0	0	Bus102	-0.312	-0.200	11.0	84.2	
								Bus104	0.279	0.179	9.9	84.2	
								Bus50	0.055	0.021	1.2	84.5	
14	20.000	97.149	-0.3	0	0	0.000	0.001	Bus103	-0.279	-0.179	9.9	84.2	
								Bus105	0.264	0.168	9.3	84.3	
								Bus52	0.015	0.010	0.5	84.3	
5	20.000	97.132	-0.3	0	0	0.000	0.001	Bus104	-0.264	-0.168	9.3	84.3	
								Bus105	0.212	0.134	7.5	84.3	
								Bus53	0.052	0.033	1.8	84.4	
6	20.000	97.119	-0.3	0	0	0.000	-0.001	Bus105	-0.212	-0.134	7.5	84.3	
								Bus58	0.181	0.116	6.4	84.2	
								Bus54	0.031	0.019	1.1	84.5	
7	20.000	97.080	-0.3	0	0	0	0	Bus58	-0.131	-0.083	4.6	84.6	
								Bus108	0.131	0.083	4.6	84.6	
								Bus61	0.000	0.000	0.0	0.0	
8	20.000	97.062	-0.3	0	0	0	0	Bus107	-0.131	-0.083	4.6	84.6	
								Bus109	0.117	0.074	4.1	84.6	
								Bus62	0.015	0.009	0.5	84.5	

Study Case: LF

skripsi_

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
	13.800	100.000	0.0	0.631	0.419	0	0	Bus13	0.631	0.419	31.7	83.3	
	20.000	98.646	-0.3	0	0	0	0	Bus83	0.651	0.398	22.1	84.3	
								Bus29	-0.651	-0.398	22.1	85.3	
	0.400	98.168	-0.8	0	0	0.017	0.010	Bus86	-0.017	-0.010	29.0	85.0	
	0.400	98.168	-0.8	0	0	0.033	0.021	Bus87	-0.033	-0.021	57.7	85.0	
	0.400	98.210	-0.9	0	0	0.036	0.023	Bus88	-0.036	-0.023	62.9	85.0	
	0.400	98.319	-0.8	0	0	0.033	0.020	Bus89	-0.033	-0.020	57.0	85.0	
	0.400	98.152	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus90	-0.035	-0.022	60.6	85.0	
	0.400	98.116	-1.0	0	0	0.064	0.040	Bus91	-0.064	-0.040	111.3	85.0	
	20.000	99.626	-0.3	0	0	0	0	Bus91	0.127	0.081	4.4	84.4	
								Bus94	0.791	0.501	27.1	84.5	
								Bus93	0.036	0.023	1.2	84.5	
								Bus97	0.038	0.024	1.3	84.4	
								Bus98	0.062	0.039	2.1	84.4	
								Bus2	-0.630	-0.414	21.9	83.6	
								Bus83	-0.422	-0.255	14.3	85.8	
	0.400	98.164	-1.0	0	0	0.062	0.038	Bus92	-0.062	-0.038	106.7	85.0	
	0.400	98.110	-1.0	0	0	0.065	0.041	Bus94	-0.065	-0.041	113.3	85.0	
	0.400	98.167	-1.0	0	0	0.062	0.038	Bus95	-0.062	-0.038	107.3	85.0	
	0.400	98.207	-0.9	0	0	0.060	0.037	Bus96	-0.060	-0.037	103.8	85.0	
	0.400	98.241	-0.9	0	0	0.035	0.022	Bus98	-0.035	-0.022	61.1	85.0	
	0.400	98.273	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus99	-0.034	-0.021	58.0	85.0	
	13.800	100.000	0.0	0.652	0.403	0	0	Bus3	0.652	0.403	32.1	85.1	
	0.400	98.134	-1.0	0	0	0.062	0.039	Bus100	-0.062	-0.039	108.1	85.0	
	0.400	98.171	-0.9	0	0	0.037	0.023	Bus97	-0.037	-0.023	64.6	85.0	
	0.400	98.165	-0.9	0	0	0.061	0.038	Bus101	-0.061	-0.038	104.8	85.0	
	0.400	98.280	-0.8	0	0	0.032	0.020	Bus102	-0.032	-0.020	55.7	85.0	
	0.400	98.103	-0.9	0	0	0.062	0.038	Bus98	-0.062	-0.038	106.5	85.0	
	0.400	98.165	-0.8	0	0	0.034	0.021	Bus103	-0.034	-0.021	59.4	85.0	
	0.400	98.225	-0.8	0	0	0.016	0.010	Bus104	-0.016	-0.010	27.6	85.0	
	0.400	98.202	-0.8	0	0	0.054	0.034	Bus105	-0.054	-0.034	95.6	85.0	
	0.400	98.185	-0.8	0	0	0.032	0.020	Bus106	-0.032	-0.020	55.3	85.0	
	20.000	99.396	-0.2	0	0	0	0	Bus106	-0.275	-0.173	9.4	84.5	
								Bus107	0.224	0.139	7.6	84.5	
								Bus99	0.052	0.033	1.8	84.5	
	0.400	98.203	-0.8	0	0	0.052	0.032	Bus38	-0.052	-0.032	89.9	85.0	

skripsi_

Study Case: LF

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
0.400	98.151	-0.8	0	0	0.083	0.051	Bus107	-0.083	-0.051	143.1	85.0		
0.400	98.164	-0.7	0	0	0.015	0.009	Bus108	-0.015	-0.009	26.4	85.0		
0.400	98.208	-0.7	0	0	0.014	0.009	Bus109	-0.014	-0.009	24.8	85.0		
0.400	98.146	-0.7	0	0	0.003	0.003	Bus110	-0.005	-0.003	8.2	85.0		
0.400	98.139	-0.7	0	0	0.015	0.009	Bus111	-0.015	-0.009	25.4	85.0		
0.400	98.095	-0.7	0	0	0.030	0.019	Bus112	-0.030	-0.019	52.0	85.0		
0.400	98.146	-0.6	0	0	0.028	0.018	Bus113	-0.028	-0.018	49.0	85.0		
0.400	98.106	-0.6	0	0	0.029	0.018	Bus114	-0.029	-0.018	50.4	85.0		
0.400	98.173	-0.9	0	0	0.019	0.012	Bus83	-0.019	-0.012	32.3	85.0		
0.400	98.144	-0.9	0	0	0.019	0.012	Bus84	-0.019	-0.012	32.3	85.0		
0.400	98.218	-0.8	0	0	0.035	0.022	Bus85	-0.035	-0.022	60.1	85.0		
20.000	99.626	-0.3	0	0	0	0	Bus3	-0.651	-0.398	22.1	85.3		
							Bus84	0.104	0.066	3.6	84.5		
							Bus88	0.105	0.067	3.6	84.5		
							Bus77	0.019	0.012	0.6	84.4		
							Bus13	3.422	0.253	14.3	85.8		
20.000	99.594	-0.3	0	0	0	0	Bus83	-0.104	-0.066	3.6	84.5		
							Bus85	0.086	0.054	2.9	84.5		
							Bus78	0.019	0.012	0.6	84.4		
20.000	99.568	-0.3	0	0	0	0	Bus84	-0.086	-0.054	2.9	84.5		
							Bus86	0.051	0.032	1.7	84.5		
							Bus79	0.035	0.022	1.2	84.5		
20.000	99.472	-0.2	0	0	0	0	Bus85	-0.050	-0.032	1.7	84.5		
							Bus87	0.034	0.021	1.2	84.5		
							Bus7	0.017	0.011	0.6	84.5		
20.000	99.467	-0.2	0	0	0	0	Bus86	-0.034	-0.021	1.2	84.5		
							Bus8	0.034	0.021	1.2	84.5		
20.000	99.523	-0.3	0	0	0	0	Bus83	-0.105	-0.067	3.6	84.5		
							Bus89	0.069	0.043	2.4	84.5		
							Bus9	0.037	0.023	1.3	84.5		
20.000	99.199	-0.3	0	0	0	0	Bus88	-0.069	-0.043	2.4	84.5		
							Bus90	0.035	0.022	1.2	84.5		
							Bus10	0.033	0.021	1.1	84.5		
20.000	99.513	-0.2	0	0	0	0	Bus89	-0.035	-0.022	1.2	84.5		
							Bus11	0.035	0.022	1.2	84.5		
20.000	99.595	-0.3	0	0	0	0	Bus13	-0.127	-0.081	4.4	84.3		
							Bus92	0.062	0.040	2.1	84.4		
							Bus12	0.065	0.041	2.2	84.3		

Study Case: LF

skripsi

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
20.000	99.581	-0.3		0	0	0	0	Bus91	-0.062	-0.040	2.1	84.4	
								Bus14	0.062	0.040	2.1	84.4	
20.000	99.614	-0.3		0	0	0	0	Bus13	-0.036	-0.025	1.2	84.5	
								Bus35	0.036	0.023	1.2	84.5	
20.000	99.615	-0.3		0	0	0	0	Bus13	-0.791	-0.501	27.1	84.5	
								Bus95	0.725	0.459	24.9	84.5	
								Bus15	0.066	0.042	2.3	84.3	
20.000	99.591	-0.3		0	0	0	0	Bus94	-0.724	-0.459	24.9	84.5	
								Bus96	0.662	0.419	22.7	84.5	
								Bus16	0.062	0.040	2.1	84.4	
20.000	99.584	-0.3		0	0	0	0	Bus95	-0.662	-0.419	22.7	84.5	
								Bus99	0.601	0.381	20.6	84.5	
								Bus17	0.060	0.038	2.1	84.4	
20.000	99.622	-0.3		0	0	0	0	Bus13	-0.038	-0.024	1.3	84.4	
								Bus41	0.038	0.024	1.3	84.4	
20.000	99.517	-0.2		0	0	0	0	Bus13	-0.062	-0.039	2.1	84.4	
								Bus44	0.062	0.039	2.1	84.4	
20.000	99.575	-0.3		0	0	0	0	Bus96	-0.601	-0.381	20.6	84.5	
								Bus100	0.568	0.359	19.5	84.5	
								Bus36	0.034	0.021	1.3	84.5	
20.000	99.569	-0.3		0	0	0	0	Bus101	0.503	0.319	17.3	84.5	
								Bus39	-0.568	-0.359	19.5	84.5	
								Bus40	0.063	0.040	2.2	84.4	
20.000	99.557	-0.3		0	0	0	0	Bus100	-0.305	-0.319	17.3	84.5	
								Bus102	0.444	0.280	15.2	84.5	
								Bus42	0.061	0.039	2.1	84.4	
20.000	99.531	-0.3		0	0	0	0	Bus101	-0.443	-0.280	15.2	84.5	
								Bus103	0.411	0.260	14.1	84.5	
								Bus43	0.032	0.021	1.1	84.5	
20.000	99.497	-0.2		0	0	0	0	Bus102	-0.411	-0.260	14.1	84.5	
								Bus104	0.576	0.238	12.9	84.5	
								Bus50	0.035	0.022	1.2	84.5	
20.000	99.466	-0.2		0	0	0	0	Bus103	-0.376	-0.238	12.9	84.5	
								Bus105	0.360	0.228	12.4	84.5	
								Bus52	0.016	0.010	0.6	84.5	
20.000	99.444	-0.2		0	0	0	0	Bus104	-0.360	-0.227	12.4	84.5	
								Bus106	0.305	0.193	10.5	84.5	
								Bus53	0.054	0.035	1.9	84.4	
20.000	99.426	-0.2		0	0	0	0	Bus105	-0.305	-0.193	10.5	84.5	

Study Case: LF

skips

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
20.000	99.366	-0.2	0	0	0	0	0	Bus58	0.279	0.173	9.4	84.5	
								Bus54	-0.032	0.020	1.1	84.5	
								Bus58	-0.221	-0.139	7.6	84.5	
								Bus108	0.137	0.087	4.7	84.6	
20.000	99.347	-0.2	0	0	0	0	0	Bus61	0.083	0.053	2.9	84.5	
								Bus107	-0.137	-0.087	4.7	84.6	
								Bus109	0.122	0.077	4.2	84.6	
								Bus62	0.015	0.010	0.5	84.5	
20.000	99.322	-0.2	0	0	0	0	0	Bus108	-0.122	-0.077	4.2	84.6	
								Bus110	0.108	0.068	3.7	84.6	
								Bus63	0.014	0.009	0.5	84.6	
								Bus109	-0.108	-0.068	3.7	84.6	
20.000	99.299	-0.2	0	0	0	0	0	Bus111	0.103	0.065	3.5	84.6	
								Bus64	0.005	0.003	0.2	84.6	
								Bus110	-0.103	-0.065	3.5	84.6	
								Bus112	0.088	0.056	3.0	84.6	
20.000	99.261	-0.2	0	0	0	0	0	Bus65	0.015	0.009	0.5	84.6	
								Bus111	-0.088	-0.056	3.0	84.6	
								Bus113	0.058	0.036	2.0	84.6	
								Bus66	0.030	0.019	1.0	84.5	
20.000	99.246	-0.2	0	0	0	0	0	Bus112	-0.058	-0.036	2.0	84.6	
								Bus114	0.029	0.019	1.0	84.6	
								Bus67	0.029	0.018	1.0	84.6	
								Bus113	-0.029	-0.019	1.0	84.6	
20.000	99.237	-0.2	0	0	0	0	0	Bus75	0.029	0.019	1.0	84.6	

n = voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)
m = a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA



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

PT. BNI (PERSERO) MALANG : Kampus I : Jl. Dendungan Sigura - guru No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
BANK NIAGA MALANG : Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 4176734 Malang

BERITA ACARA UJIAN SEKRIPI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

NAMA : WILHELMUS WAJO ARAN
NIM : 08.12.018
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK
JUDUL SEKRIPI : IMPLEMENTASI POWER SISTEM STABILIZEERSS
PADA PLTD LARANTUKA MENGGUNAKAN ETAP
POWER STATION

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Stratat satu (S-1) pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 20 Februari 2014
Dengan Nilai : 71.65 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(M. Abraham Ashari, ST, MT)
NIP.Y. 1030100358

Sekretaris

(Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST, MT)
NIP.P.1030800417

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

(Awan Uji Krismanto, ST, MT)
NIP. 108003012005011002

Dosen Penguji II

(IR. Teguh Herbasuki, MT)
NIP.Y.1038900209



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **WILHELMUS WAYO ARAN**

Nim : **0812018**

Semester : **VIII (Delapan)**

Jurusan : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

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

" ANALISIS SINKRONISASI DAN REDAMAN TORSI REGULATOR TEGANGAN NONLINEAR"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

NIP.Y. 1018500108

*) Coret yang tidak perlu



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **WILHELMUS WAYO ARAN**

Nim : **0812018**

Semester : **VIII (Delapan)**

Jurusan : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

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

" ANALISIS SINKRONISASI DAN REDAMAN TORSI REGULATOR TEGANGAN NONLINEAR"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Ir. M. Abdul Hamid, MT

NIP.Y. 1018800188

Catatan :

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

*) Coret yang tidak perlu



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : WILHELMUS WAZO ARAN
N I M : 0812018
Semester :
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-I
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Alamat :

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

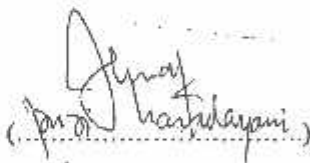
Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

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

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

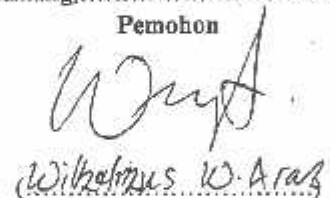
Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas

Recording Teknik Elektro S-I


(Prodi Koordinator)

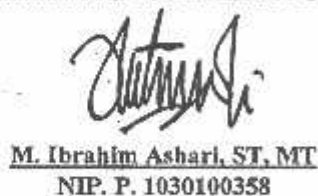
Malang, 05-04-.....2013

Pemohon


(Wilhelmus W. Aran)

Disetujui

Ketua Prodi Teknik Elektro S-I


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

Mengetahui
Dosen Wali


(IR. TEGUH HERBASUKI) MT
NIP:

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

1. IPK 2.825 / 3.00 = 2.77
2. 136
3. - MR 5 sks Indonesia 7 E
- 3 praktikum



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formullr Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : WILHELMUS WAYO A.
NIM :
Perbaikan meliputi :

- ① Gmbi judul !!
- ② Sematkan data !!
- ③ Analisis menyatakan angka ?

Malang,



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 : WILHELMUS WAYO ARAN
NIM : 0812018
Perbaikan meliputi :

Malang, 20 - 02 - 2014.

[Handwritten signature]



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

1.	Nim	: 0812018		
2.	Nama	: WILHELMUS WAYO ARAN		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	18 Mei 2013	09:00	III.1.5	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS SINKRONISASI DAN REDAMAN TORSI REGULATOR TEGANGAN NONLINEAR		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
7.	Catatan :	judul skripsi, masalah yg dibahas dan kemampuan/pemahaman pralu di tinjau		
	Catatan :			
		Persetujuan judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	(.....)	(.....)	(Lautul M.H.Y.)	
8.	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

iran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

la : Yth. Bapak/Ibu **Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **WILHELMUS WAYO ARAN**
Nim : **0812018**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

"ANALISIS SINKRONISASI DAN REDAMAN TORSI REGULATOR TEGANGAN NONLINEAR"

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Program Studi Teknik Elektro S-1

Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

Hormat Kami

WILHELMUS WAYO ARAN

NIM. 0812018



ran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

a : Yth. Bapak/Ibu **Ir. M. Abdul Hamid, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **WILHELMUS WAYO ARAN**
Nim : **0812018**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

"ANALISIS SINKRONISASI DAN REDAMAN TORSI REGULATOR TEGANGAN NONLINEAR"

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Program Studi Teknik Elektro S-1

Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

Hormat Kami

WILHELMUS WAYO ARAN

NIM. 0812018



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

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

(PERSERO) MALANG
K NIAGA MALANG

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

or Surat : ITN-312/EL-FTI/2013

piran : -

al : BIMBINGAN SKRIPSI

Ida : Yth. Bapak/Ibu **Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **WILHELMUS WAYO ARAN**
Nim : **0812018**
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 Ganjil Tahun Akademik 2013-2014 "

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

NIPP. 1030100358