Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(power system stabilizer)*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

IKHWAN RANAPATI SURO
201710130311175

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDY STABILITAS TRANSIEN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK MULTIMESIN UNTUK BERBAGAI JENIS PSS (POWER SISTEM STABILIZER)

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh:
Ikhwan Ranapati Suro
201710130311175

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.	**Dr. Machmud Effendy S.T., M.Eng.**
NIDN: 0705056501	**NIDN: 0715067402**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDY STABILITAS TRANSIEN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK MULTIMESIN UNTUK BERBAGAI JENIS PSS (POWER SISTEM STABILIZER)

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :
Ikhwan Ranapati Suro
201710130311175

Tanggal Ujian : 13 Januari 2024
Periode Wisuda : Periode I 2024

Disetujui oleh:

1. **Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.** (Pembimbing I)
   NIDN: 0705056501
2. **Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng.** (Pembimbing II)
   NIDN: 0715067402
3. **Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.** (Penguji I)
   NIDN: 07[illegible]8036502
4. **Khusnul Hidayat, S.T., M.T.** (Penguji II)
   NIDN: 0723108202

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik ELektro

Khusnul Hidayat, S.T., M.T.
NIDN. 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA	**: Ikhwan Ranapati Suro**
Tempat/Tgl Lahir	**: Pasuruan, 14 April 1998**
NIM	**: 201710130311175**
FAK./JUR.	**: TEKNIK/ELEKTRO**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir kami dengan judul **" Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS (power system stabilizer)"** beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, Januari 2024

Yang Membuat Pernyataan

METERAI TEMPEL

Ikhwan Ranapati Suro

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.)	**(Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng.)**
NIDN: 0705056501	**NIDN: 0715067402**

KATA PENGANTAR

Rasa syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkah dan rahmatNya akhirnya penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah berupa Laporan Tugas Akhir berjudul Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(power system stabilizer)* Tujuan penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah dalam rangka menyelesaikan rangkaian Tugas Akhir guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Sehubungan dengan semua itu, maka pada kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ilyas Masudin, ST., MLogSCM.Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.,selaku Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng.selaku Pembimbing Pendamping
3. Bapak Khusnul Hidayat, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang.
4. Bapak Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.,selaku Kepala Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan berbagai macam ilmu, pengalaman dan hal-hal bermanfaat.
6. Rekan-rekan angkatan tahun 2017 yang telah membantu kegiatan tugas akhir ini mulai dari persiapan hingga terselesaikannya laporan ini.
7. Sujud sembah dan rasa hormat kepada Ibu dan Ayah tercinta yang telah memberikan dorongan semangat, motivasi dan doa yang tulus sehingga penulis dapat menggapai cita-cita.

Demikianlah, mudah-mudahan semua ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis untuk jalan meretas kehidupan dan masa depan yang lebih baik dan penuh harapan atas ridho Allah SWT. Amin. Selanjutnya selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang, apabila ada kekurangan dan kesalahan, penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya. Atas perhatiannya disampaikan terima kasih.

Malang, ……..

Ikhwan Ranapati Suro

Abstrak

Stabilitas Transien merupakan kemampuan suatu sistem tenaga untuk kembali pada kondisi operasi normal setelah mengalami gangguan. Gangguan tersebut bisa berupa pelepasan beban, hilangnya pembangkit dan gangguan hubung singkat. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui stabilitas transien pada sistem tenaga listrik multimesin untuk berbagai jenis PSS *(power system stabilizer).* Adapun jenis PSS yang digunakan antara lain yakni PSS-PID,Generic dan Multiband. Penerapan model Power System Stabilizer (PSS)-1A didasarkan pada penggunaan standar IEEE 421.5-2005 yang efektif meredam osilasi akibat ganggaun tersebut. Simulasi dilakukan dengan membandingan hasil pemasangan ketiga jenis PSS yang dilakukan secara terpisah. Hipotesis sementara pada simulasi sistem pembangkit listrik menunjukan bahwa hasil penggunaan PSS yang paling efektif adalah sesuai dengan penggunaan dan keunggulan masing-masing.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL i
LEMBAR PERSETUJUAN..... ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR PERNYATAAN..... iv
KATA PENGANTAR..... v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL viii
BAB 1..... 1
PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah..... 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Manfaat Penelitian 3
1.6. Sistematika Penulisan 4
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Power System Stabilizer 5
2.1.1. Power System Stabilizer Generic 5
2.1.2. Power System Stabilizer Multiband 6
2.1.3. Power System Stabilizer PID 7
2.2 Generator 8
BAB III..... 11
METODOLOGI PENELITIAN 11
3.1. Perancangan sistem..... 12
3.2. Pemodelan PSS-PID 12
3.3. Power System Stabilizer Generic 13
3.4. Power System Stabilizer Multiband 14
3.5 Rancangan pengujian system kontrol PSS. 15
3.5.1. Pengujia dengan gangguan pada 1 phasa. 15
3.5.2 Pengujian dengan gangguan pada 3 phasa 16
BAB IV 17

HASIL DAN PEMBAHASAN 17
4.1 Pengujian pada system Gangguan 1 Phasa 17
4.2 Pengujian pada system Gangguan 3 Phasa 22
BAB V 25
PENUTUP 25
5.1 Kesimpulan 25
5.2 Saran 25
DAFTAR PUSTAKA 25
LAMPIRAN 27

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok diagram PSS *Generic* 5

Gambar 2.2 Blok diagram PSS *Multiband* 6

Gambar 2.3 Blok diagram PSS *Multiband* 7

Gambar 2.3 Blok diagram PSS-PID.....7

Gambar 3.1 Flowchart alur pengerjaan 10

Gambar 3.2 rangkaian PSS Generic 11

Gambar 3.3 rangkaian PSS Multiband.....12

Gambar 3.4 rangkaian PID-PSS 13

Gambar 3.5 Rangkaian sistem tenaga listrik multimesin 14

Gambar 4.1 hasil gelombang PSS Generic 1 phasa.....17

Gambar 4.2 hasil gelombang PSS Multiband 1 phasa ..... …17

Gambar 4.3 hasil gelombang PSS-PID 1 phasa ..... …18

Gambar 4.4 hasil gelombang PSS Generic,Multiband dan PID-PSS 1 phasa .... …18

Gambar 4.5 hasil gelombang PSS Generic 3 phasa..... …20

Gambar 4.6 hasil gelombang PSS Multiband 3 phasa ..... …21

Gambar 4.7 hasil gelombang PSS-PID 3 phasa ..... …21

Gambar 4.8 hasil gelombang PSS Generic,Multiband dan PID-PSS 1 phasa .... …22

DAFTAR TABEL

Tabel. 4.1 Hasil Simulasi Sistem 1 Phasa 20

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Sistem 3 Phasa 24

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO & D3 TEKNIK ELEKTRONIKA
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Telp. 0341 - 464318 Ext. 129, Fax. 0341 - 460782

FORM CEK PLAGIASI LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Ikhwan Ranapati Suro

NIM : 201710130311175

Judul TA : Studi Stabilitas Transien Pada Sitem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(Power Sistem Stabilizer)*

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin

No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	1 %
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	3 %
3.	Bab 3 – Metodelogi Penelitian	35 %	3 %
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	0 %
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	0 %
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	6 %

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

(Dr. Ir Ermanu A. Hakim,M.T.)

Dosen Pembimbing II,

(Dr. Machmud Effendy,S.T.)

neural network digunakan untuk mengatur nilai parameter pada alat kontrol sehingga pada redaman sistem yang digunakan akan bekerja optimal meskipun suatu keadaan kondisi suatu sistem operasi atau konfigurasi system yang akan berubah-ubah [3]. Penerapan dari model PSS-1A mampu memperbaiki tingkat stabilitas pada peralihan, dapat ditunjukan waktu dari peralihan atau transient pada tingkat kecepatannya lebih baik jika dibandingkan tanpa menggunakan PSS jaringan sistem 500 KV yang diimplentasikan pada permodelan Simulink Matlab [5].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, dilakukan research sebagai tugas akhir dengan Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(power system stabilizer)*,dimana penulisan ini membandingkan terkait stabilitas transien pada system tenaga listrik yang menggunakan beberapa jenis PSS. Sehingga dapat memberikan solusi terbaik dengan cara menghilangkan pengaruh buruk dan membuat pengaruh yang lebih baik [6].

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian menjadi landasan dari Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS*(power system stabilizer)* dari uraian pada latar belakang sebagai berikut:

1. Bagaimanakah merancang system yang menstabilkan kondisi transien ?
2. Bagaimana hasil analisa respon sistem tenaga listrik menggunakan jenis-jenis PSS?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian dari Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(power system stabilizer)* antara lainsebagai berikut:

- Merancang kontro yang menstabilkan kondisi transien
- Mengetahui hasil analisa respon transien sistem PSS (Generic,Multiband dan PSS-PID)

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan pada masalah penelitian ini merupakan berikut:

- Penelitian memfokuskan untuk meredam osilasi dari sistem tenagalistrik.
- Tidak membahas tentang gangguan jaringan.
- Penelitian memfokuskan untuk jenis PSS[Generic,Multiband,PID-PSS]
- Simulasi menggunakan aplikasi MATLAB R2017b.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yang diperoleh dari Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(power system stabilizer)* yakni untuk mencari parameter terbaik di berbagai jenis-jenis PSS, sehingga dapat menentukan stabilitas sistem secara optimal.

1.6. Sistematika Penulisan

Dari penelitian memiliki susunan sistematika dari penulisan sebagai berikut: BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan menerangkan terkait latar belakang, rumusan dari masalah, tujuan dan, batasan pada masalah dan juga manfaat beserta dari sistematika dari penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini membahas tentang adanya teori-teori yang digunakan sebagai bahan dasar dalam penelitian. Teori yang dibahas pada penelitian ini meliputi Generator, Power System Stabilizer,

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjelaskan perancangan blok sistem PSS , dan membuat simulasi pada MATLAB Simulink 2017b.

BAB IV ANALISA DATA DAN PENGUJIAN SISTEM

Analisa dan pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem 1 fasa dan3 fasa dengan memberikan fault breaker pada sistem.

BAB V PENUTUP

Penutup disini akan menjabarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dalam berupa kesimpulan dan saran yang diberikan untuk selanjutnya dapat disempurnakan dan dikembangkan

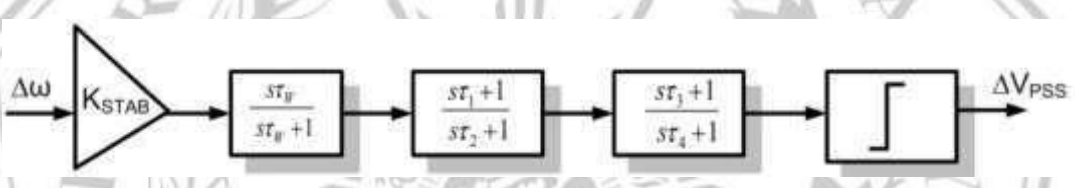
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Power System Stabilizer

2.1.1. Power System Stabilizer Generic

Blok penstabil sistem daya generik (PSS) dapat digunakan untuk menambahkan redaman ke osilasi rotor mesin sinkron dengan mengontrol eksitasinya. Gangguan yang terjadi dalam sistem tenaga menyebabkan osilasi elektromekanis dari generator listrik. Osilasi ini, juga disebut ayunan daya, harus diredam secara efektif untuk menjaga stabilitas sistem [1, 3, 4]. Sinyal keluaran dari PSS digunakan sebagai masukan tambahan (vstab) ke blok Sistem Eksitasi. Sinyal input PSS dapat berupa deviasi kecepatan mesin, dw, atau daya percepatannya, Pa = Pm-Peo (perbedaan antara daya mekanik dan daya listrik)



Gambar 2.1 Blok diagram PSS *Generic* [7]

Gambar 2.1 menunjukkan diagram blok penstabil sistem daya generik (PSS), yang dapat dimodelkan dengan menggunakan fungsi transfer berikut :

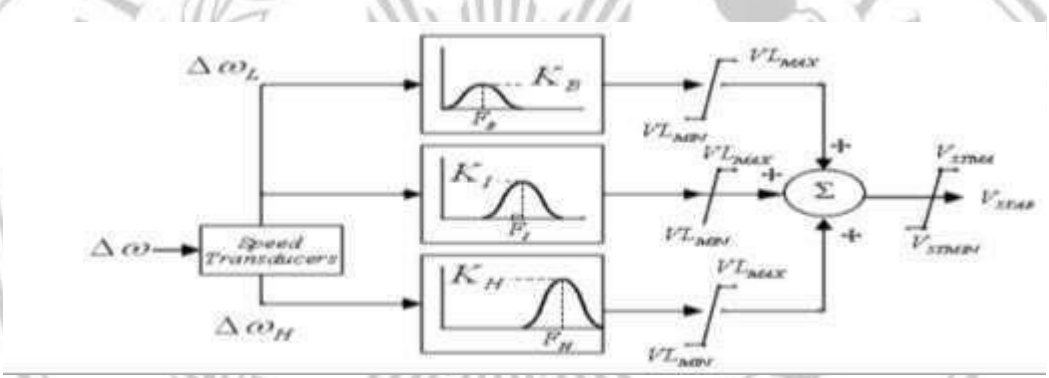
$$G(s) = K \cdot \frac{T_{1a}s+1}{T_{1d}s+1} \cdot \frac{T_{2a}s+1}{T_{2d}s+1} \tag{2.1}$$

Untuk memastikan redaman yang kuat, PSS harus memberikan kemajuan fase moderat pada frekuensi yang diinginkan untuk mengkompensasi kelambatan yang melekat antara eksitasi medan dan torsi listrik yang diinduksi oleh aksi PSS. Model terdiri dari filter jalur rendah, penguatan umum, filter jalur tinggiwashout, sistem kompensasi fase, dan pembatas output. Gain umum K menentukan jumlah redaman yang dihasilkan oleh stabilizer [1, 3, 4]. Filte high-pass washout menghilangkan frekuensi rendah yang ada dalam sinyal dw dan memungkinkan PSS hanya merespons perubahan kecepatan. Sistem kompensasi fase diwakili oleh kaskade dari dua fungsi transfer lead-lag orde pertama yang digunakan untuk mengkompensasi fase lag antara tegangan eksitasi dan torsi listrik dari mesin sinkron.

2.1.2. Power System Stabilizer Multiband

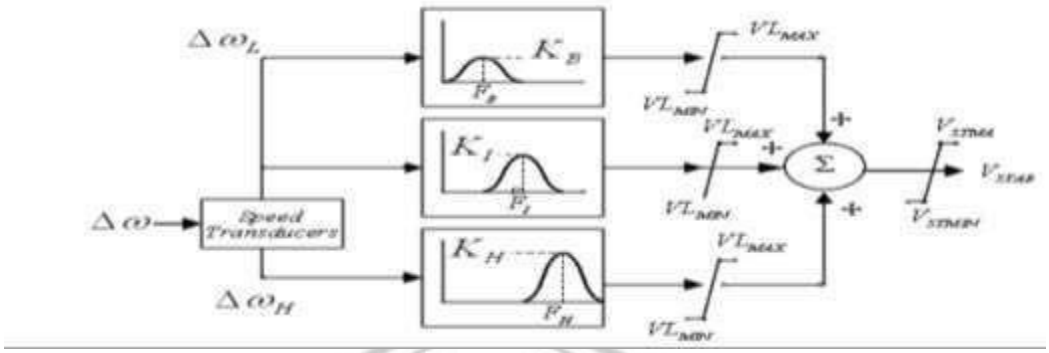
Gangguan yang terjadi dalam sistem tenaga menyebabkan osilasi elektromekanis dari generator listrik. Osilasi ini, juga disebut ayunan daya, harus diredam secara efektif untuk menjaga stabilitas sistem. Osilasi elektromekanis dapat diklasifikasikan dalam empat kategori utama :

1. Osilasi lokal: antara unit dan stasiun pembangkit lainnyadan antara yang terakhir dan bagian sistem tenaga lainnya. Frekuensi mereka biasanya berkisar antara 0,8 hingga 4,0Hz.
2. Osilasi interplan: antara dua pembangkit listrik yang berdekatan secara elektrik. Frekuensi dapatbervariasi dari 1 hingga 2Hz.
3. Osilasi antar area: antara dua kelompok utama pembangkit. Frekuensi biasanya dalam kisaran 0,2hingga 0,8Hz.
4. Osilasi global: ditandai dengan osilasi fase-dalam yangumum dari semua generator seperti yang ditemukan pada sistem yang terisolasi. Frekuensi mode global seperti itu biasanya di bawah 0,2Hz.



Gambar 2.2 Blok diagram PSS Multiband [7]

5. Osilasi lokal: antara unit dan stasiun pembangkit lainnyadan antara yang terakhir dan bagian sistem tenaga lainnya. Frekuensi mereka biasanya berkisar antara 0,8 hingga 4,0Hz.
6. Osilasi interplan: antara dua pembangkit listrik yang berdekatan secara elektrik. Frekuensi dapatbervariasi dari 1 hingga 2Hz.
7. Osilasi antar area: antara dua kelompok utama pembangkit. Frekuensi biasanya dalam kisaran 0,2hingga 0,8Hz.
8. Osilasi global: ditandai dengan osilasi fase-dalam yangumum dari semua generator seperti yang ditemukan pada sistem yang terisolasi. Frekuensi mode global seperti itu biasanya di bawah 0,2Hz.

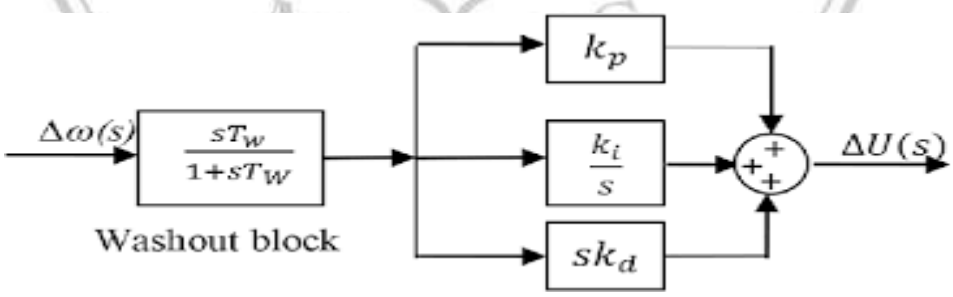


Gambar 2.3 Blok diagram PSS *Multiband* [7]

Kebutuhan akan redaman yang efektif untuk rentang yang begitu luas, hampir dua dekade, Osilasi elektromekanis memotivasi konsep penstabil sistem daya multiband (MBPSS), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 . Seperti namanya, struktur MB-PSS didasarkan pada beberapa band kerja. Tigapita terpisah didedikasikan untuk mode osilasi frekuensi rendah, menengah, dan tinggi: pita rendah biasanya dikaitkan dengan mode global sistem daya, menengah dengan mode interarea, dan tinggi dengan mode lokal. Masing- masing dari tiga Pita terbuat dari filter bandpass diferensial, penguatan, dan pembatas. Output dari tiga band dijumlahkan dan dilewatkan melalui pembatas akhir yang menghasilkan output stabilizer Vstab. Sinyal ini kemudian memodulasi titik set pengatur tegangan generator untuk meningkatkan redaman osilasi elektromekanis. Untuk memastikan redaman yang kuat, MB- PSS harus menyertakan kemajuan fase moderat pada semua frekuensi yang diinginkan untuk mengkompensasi kelambatan yang melekat antara eksitasi medan dan torsi listrik yang diinduksi oleh aksi MB-PSS [1].

2.1.3. Power System Stabilizer PID

Blok Blok penstabil sistem PID-PSS dapat digunakan untuk menambahkan redaman ke osilasi rotor mesin sinkron dengan mengontrol eksitasinya. Gangguan yang terjadi dalam sistem tenaga menyebabkan osilasi elektromekanis dari generator listrik



Gambar 2.4 Blok diagram PSS-PID [7]

2.1 Generator

Generator merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanik hingga menjadi energi listrik. Pada generator diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain :

a. Berdasarkan jenis putaran medan :

- Generator Sinkron

  Pada generator sinkron digunakan sebuah medan magnetic yang dapat berputar hingga energi listrik pada lilitan stator mampu dikeluarkan. Arus penguatan untuk rotor dapat dihasilkan dari satu ataupun lebih lilitan generator yang dipasangkan pada bagian poros yang juga terpasang. Listrik yang mampu dihasilkan satu diarahkan dengan dibantu diode. Dioda merupakan suatu bagian elemen pengantar yang dapat berfungsi meneruskan adanya arus listrik hanya satu arah. Generator sinkron merupakan jenis praktis yang menghasilkan arus bolak balik tiga fasa dengan frekuensi bergantung jumlah purtaran-putaran rotor. Hal ini sangat praktis tidak memungkinkan penghubungan pada jaringan (50Hz), kecuali jika dengan adanya perantara pengaturan putaran pada jaringan yang disinkronisasikan. Apabila sebuah generator dihubungkan dengan jembatan perantara arus, maka dapat diperoleh arus yang searah dengan keuntungan terdahulu.

- Generator Asinkron

  Cara kerja generator asinkron didasarkan dengan pengaruh timbal-balik antara medan-magnet pada stator dan rotor. Pada bagian dalam dari lilitan stator, terdapat arus tiga fasa yang dihubungkan untuk membangkitkan medan magnet yang berputar-putar. Maka karena itu terjadinya medan magnet rotor sehingga didalam lilitan- lilitan yang ada dihubungkan dengan singkat untuk mengalirnya arus. Akibatnya arus ini dapat mengubah sebuah medan dari rotornya dengan sedemikian rupa hingga rotor tersebut berputar. Diantara medan rotor dan juga medan stator harus selalu terdapat perubahan, sebab kalau tidak berubah mestinya tidak dapat bekerja dengan baik. Sehingga rotor itu tidak akan berputar sinkron pada medan rotor. Meskipun motornya dapat berputar, rotor tersebut berputar mengikuti medan ststor. Perbedaam antara putaran rotor dengan medan stator disebut juga slip dan dinyatakan dalam proses putaran sinkron. Apabila rotor tersebut berputar lebih cepat daripada medan stator, maka mesin tersebut bekerja sebagai generator. Hal ini Juga terdapat slip. Tegangan yang mampu dihasilkan adalah sefasa dengan tegangan jaringan, variasi sejumlah putaran (dalam batasan tertentu) diserap oleh slip.

b. Berdasarkan jenis arus :

- Generator DC (*direct current*)

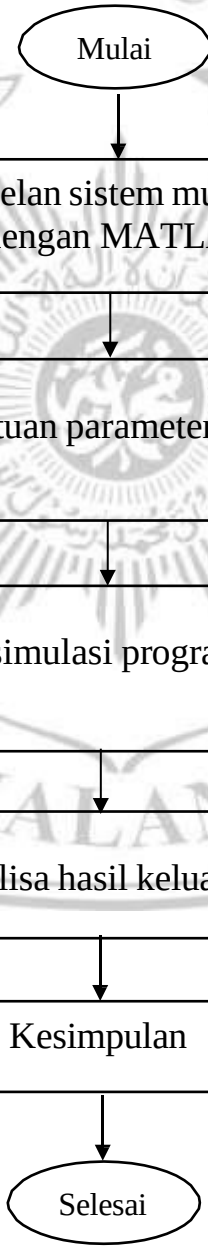
Arus listrik yang dihasilkan mengalir pada satu arah saja. Generator DC mirip dengan generator AC yan ditambah komulator (cincin belah) dan sikat. Sikatini tidak berputar bersama loop. Output dari generatorini berupa arus searah (seperti baterai). Hal ini karena adanya cincin belah membuat arus hanya mengalir pada 1 arah saja . Generator DC terbuatdari loop kawat yang diputar dalam medan magnet agar menghasilkan arus listrik. Fungsi cincin belah di generator DC membalik arah arus ketika loop sudah berputar setengah putaran sehingga GGL induksi yangdihasilkan seperti bukit yang hanya menghasilkan bagian positif saja tidak ada bagian negatif.

- Generator AC (*Alternating Current*)

  Arus listrik yang mampu dihasilkan mengalir dalam dua arah (bolak-balik). Pada jenis generator AC, kumparan atau loop kawat diputar dalam medan magnet. Energi yang digunakan untuk memutar loop ini bisa berasal dari turbin yang digerakkan oleh pembangkit tenaga air atau pembangkit tenaga panas. Ujung loop dihubungkan dengan cincin yang berputar Bersama loop. Arus induksi yang timbul dialirkan ke rangkaian luar melalui sikat statis (tidak ikut berputar Bersama loop) Pada waktu loop berputarterjadi perubahan fluks yang masuk bidang loop (karena loop-nya miring). Perubahan fluks ini akan menimbulkan arus induksi. GGL induksi yang dihasilkan generator AC adalah sinusoidal. [1].Pada penelitian ini menggunakan generator asinkron dengan parameter M1 (generator) yang dapat didefinisikan sebagai bus pembangkit PV (V= 13800 V, P= 950 MW) dan mesin M2 didefinisikan sebagai swing bus (V = 13800 V, 0 derajat).

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Pemodelan dan simulasi dari Desain Sistem PSS Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin menggunakan beberapa jenis PSS pada 1 phasa dan 3 phasa yang akan dijelaskan pada bab ini. Adapun hal yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah PSS-PID. Permodelan yang dipakai pada acuan penelitian yang telah dilakukan oleh Lin Xu [1].Gambar 3.1 merupakan flowchart Analisa Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Menggunakan Model PSS *(power system stabilizer*)



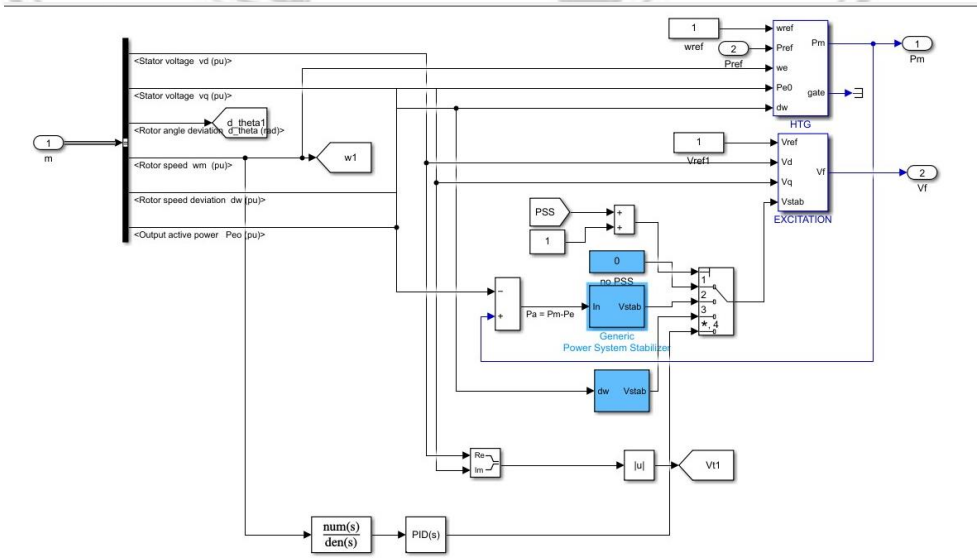
Gambar 3.1 Flowchart alur pengerjaan

3.1. Perancangan sistem

Sistem yang akan dijadikan studi kasus adalah sistem tenaga listrik menggunakan perancangan jenis-jenis PSS dengan transmisi dalam sistem pembangkit M1 dan daya 1000 MW dihubungkan pada pusat beban 5000MW beban resitif dengan melewati jaringan transmisi 700 km, 500 kV. Pada parameter kontrol, bisa dilihat beban yang terdiri dari beban FED dengan adanya kendali 1000 MVA dan pembangkit lokal 5000 MVA (M2). Aliran pada beban melewati sistem M1 mampu membangkitkan 950 MW dan M2 4046 MW. Dalam menjaga kestabilan dari sistem setelah adanya gangguan pelepasan beban kemudian dilihat respon dari system tenaga listrik dengan menggunakan beberapa jenis PSS antara lain PSS Generic, PSS Multiband dan PID-PSS. Kedua generator dikontrol oleh adanya hidraulic turbine dan governor (HTG). Untuk melakukan simulasi dengan kondisi steady state, mesin dan regulator sebelumnya telah dilakukan inisialisasi pada bagian blok Powergui. Aliran beban dari disimbolkan dengan mesin M1 *(generator)* yang didefinisikan pada bus pembangkit PV (V= 13800 V, P = 950MW) dan mesin M2 diartikan dengan swing bus (V = 13800 V, 0 derajat).

3.1.1 Power System Stabilizer Generic

Rangkaian simulasi system PSS-Generic sesuai dengan gambar 2.1 seperti gambar 3.2 berikut:

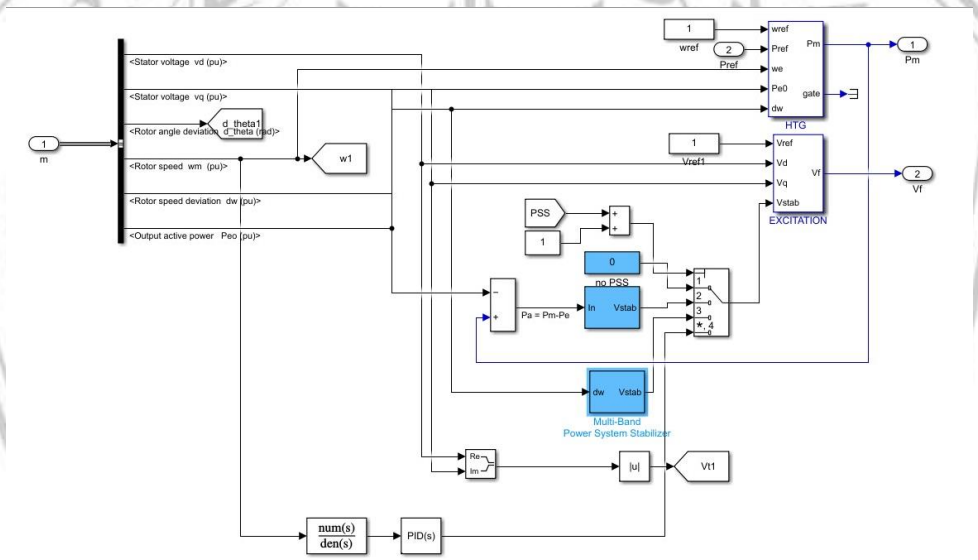


Gambar 3.2 rangkaian PSS-Generic

PSS Generik yang tersedia di Matlab dengan parameter sensor konstanta waktu sebesar 15e- 3 detik pada filter low untuk memfilter sinyal input, Gain yaitu satuan kemampuan rangkaian untuk memperbesar daya dari sinyal masukan ke keluaran sebesar 2, Konstanta waktu dalam detik dari filter yg digunakan system 0,7, Konstanta waktu pembilangT1n sebesar 60e-3 0,5 dan Batasan waktu keluaran stabilizer sebesar -0,15 0,15 :

3.1.2 Power System Stabilizer Multiband

Rangkaian simulasi system PSS-Multiband sesuai dengan gambar 2.2 seperti gambar 3.3 berikut:
:

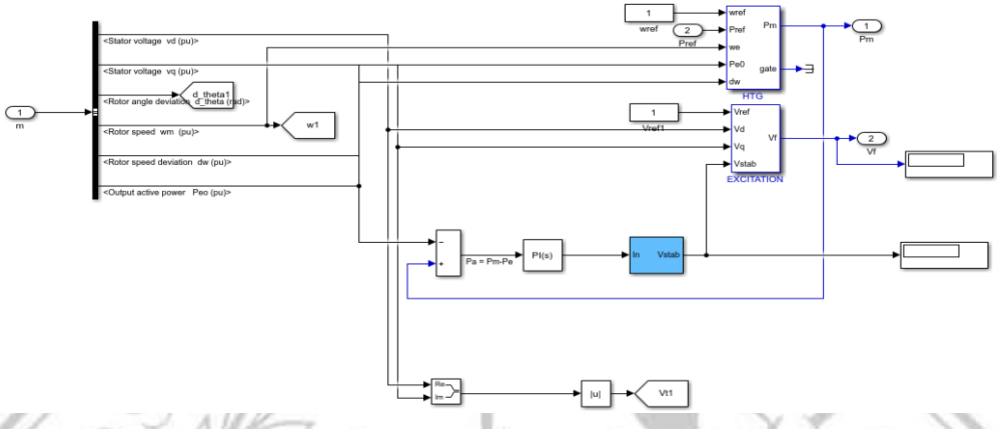


Gambar 3.3 rangkaian PSS-Multiband

PSS Multiband yang tersedia di Matlab dengan parameter , Satuan kemampuan rangkaian untuk memperbesar daya dari sinyal masukan ke keluaran sebesar 1 0, Penguatan frequensi rendah 0,025 5 , Penguatan frequensi menengah 0,8 25 , Penguatan frequensi tinggi 12 0 145 dan Batasan yang dikenakan pada keluaran frequensi rendah,menengah dan tinggi pada keluaran stabilizer 0,75 15 15 15 :

3.1.3 Pemodelan PSS-PID

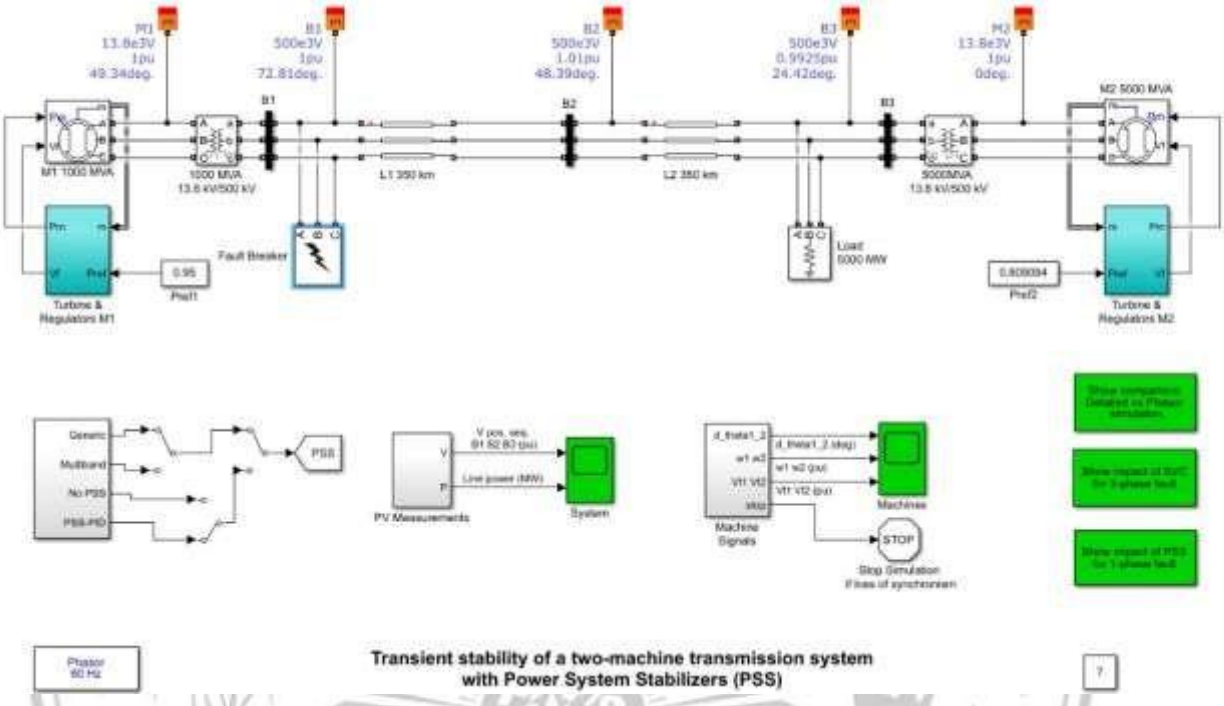
Rangkaian simulasi system PID-PSS sesuai dengan gambar 2.3 seperti gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 rangkaian PID-PSS

Penentuan parameter kontrol yang digunakan didasarkan dengan cara mencoba-coba dan dengan pendekatan yang didasarkan parameter Generik dan Multiband parameter yang digunakan adalah proposional 0,12, integral 1 dan derivatif 0,036

Berikut gambar penempatan rangkaian PSS pada sistem jika dirangkai pada satu simulasi dengan diberikan pilihan untuk mengoperasikan salah satu PSS :



Gambar 3.5 Rangkaian sistem tenaga listrik pada rangkaian multimesin

3.2 Rancangan pengujian system kontrol PSS.

Pengujian PSS dilakukan dengan menjalankan system PSS kemudian diberi gangguan, penentuan Gangguan 1 phasa (Fault Breaker) dengan cara memberi konstanta pada gangguan sebesar:

Phasa A: Fault resistance 0,001

gangguan 3 phasa(Fault Breaker) dengan cara memberi konstanta pada gangguan sebesar:

1. Phasa A: Fault resistance 0,001
2. Phasa B: Snuber resistance 1e6
3. Phasa C: Snuber resistance 1e6

3.2.1. Pengujian dengan gangguan pada 1 phasa.

Langkah Langkah pengujian 1 phasa pada masing-masing PSS dijabarkan pada kalimat berikut:

1. Membuka rangkaian system tenaga listrik multimesin seperti gambar 3.5..
2. Menjalankan PSS dengan mengubah arah panah ke jenis PSS:

   1.Generic

   2.Multiband

3.PSS-PID.

3. Mengklik gangguan 1 phasa pada bagian Fault Breaker
4. Memperhatikan hasil gelombang pada bagian SCOPE
5. Menganalisa gelombang yang paling optimal dalam menjaga stabilitas transien.

3.2.2 Pengujian dengan gangguan pada 3 phasa .

Langkah Langkah pengujian 3 phasa pada masing-masing PSS dijabarkan pada kalimat berikut:

1. Membuka rangkaian system tenaga listrik multimesin seperti gambar 3.5..
2. Menjalankan PSS dengan mengubah arah panah ke jenis PSS

   1.Generic

   2.Multiband

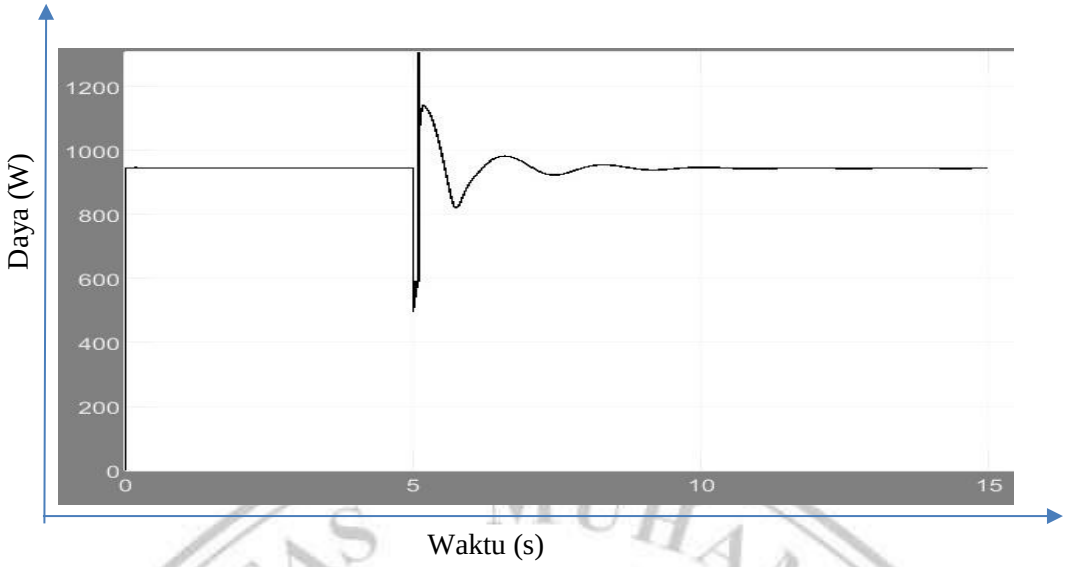
   3.PSS-PID.
3. Mengklik gangguan 3 phasa pada bagian Fault Breaker
4. Memperhatikan hasil gelombang pada bagian SCOPE
5. Menganalisa gelombang yang paling optimal dalam menjaga stabilitas transien.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan simulasi Studi Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS (power system stabilizer). Pengujian sistem dilakukan dengan software MATLAB R2017b. Dalam pengujian yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui kestabilan sistem saat menggunakan berbagai jenis PSS,ketika terjadi gangguan. Hasil simulasi akan dianalisis berdasarkan output gelombang yang dihasilkan untuk melihat *overshoot*¸ *error steady state* dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk kembali optimal setelah adanya gangguan.Gangguan yang digunakan pada studi kasus kali ini merupakan gannguan pelepasan beban.Untuk mengetahui *overshoot* dapat kita lihat dari lonjakan gelombang jangka pendek setelah system diberikan gangguan.dan unruk mengetahui mengetahui seberapa cepat system Kembali ke keadaan mantab setelah gangguan dapat dilihat dari gelombang dimana terjadi naik turun setelah terjadi gangguan kemudian gelombang Kembali dalam keaadaan normal,saat awal gelombang Kembali ke keadaan normal,dititik itulah sebagai penentuaan system Kembali ke keaadaan stabil.

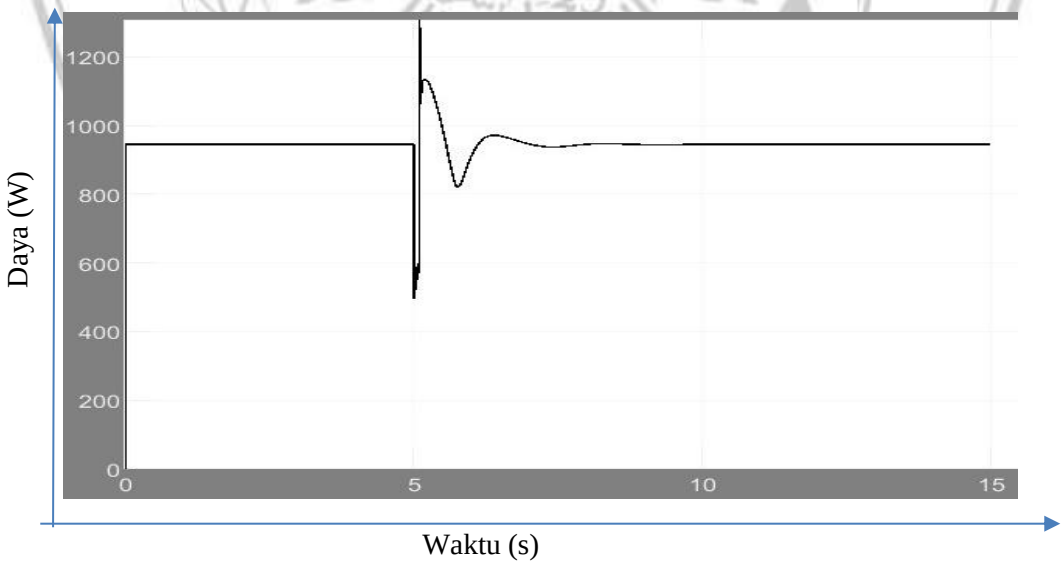
4.1.Pengujian pada system Gangguan 1 Phasa

Pada percobaan yang dilakukan, akan dianalisa berdasarkan hasil output gelombang yaitu hasil gelombang simulasi jenis-jenis PSS. Hal yang akan dianalisis berupa *overshoot, error steady state* dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk kembali ke keadaan stabil. Berikut merupakan hasil gelombang dari PSS Generik yang tersedia di Matlab dengan parameter sensor time constan(sensor konstanta waktu dalam detik dari filter low untuk memfiltersinyal input) 15e- 3, Gain(satuan kemampuan rangkaian untuk memperbesar daya dari sinyal masukan ke keluaran) 2, Wash out time(konstanta waktu dalam detik dari filter yg digunakan system) 0,7, Lead lag(konstanta waktu pembilangT1n) 60e-3 0,5 dan outtime(Batasan waktu keluaran stabilizer) -0,15 0,15 :



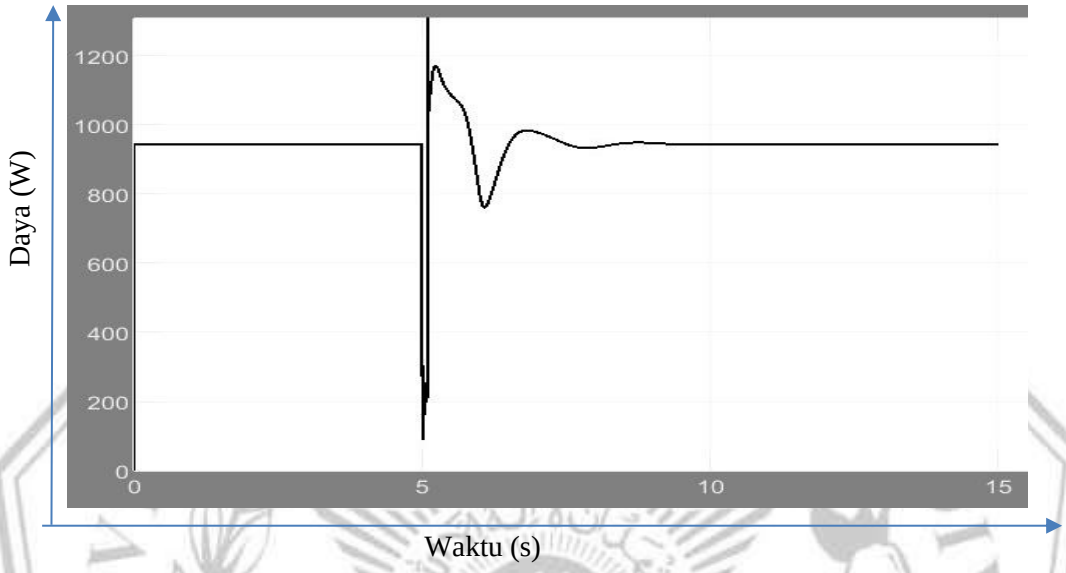
Gambar 4.1 Hasil Gelombang PSS Generic 1 phasa

Kemudian berikut hasil gelombang PSS Multiband dengan parameter, Global Gain (satuan kemampuan rangkaian untuk memperbesar daya dari sinyal masukan ke keluaran) 1 0, low frequensifrequensi (penguatan frequensi rendah) 0,025 5 ,intermediate frequensi(penguatan frequensi menengah) 0,8 25 ,high frequensi(penguatan frequensi tinggi) 12 0 145 dan signal limit(Batasan yang dikenakan pada keluaran frequensi rendah,menengah dan tinggi pada keluaran stabilizer) 0,75 15 15 15 :



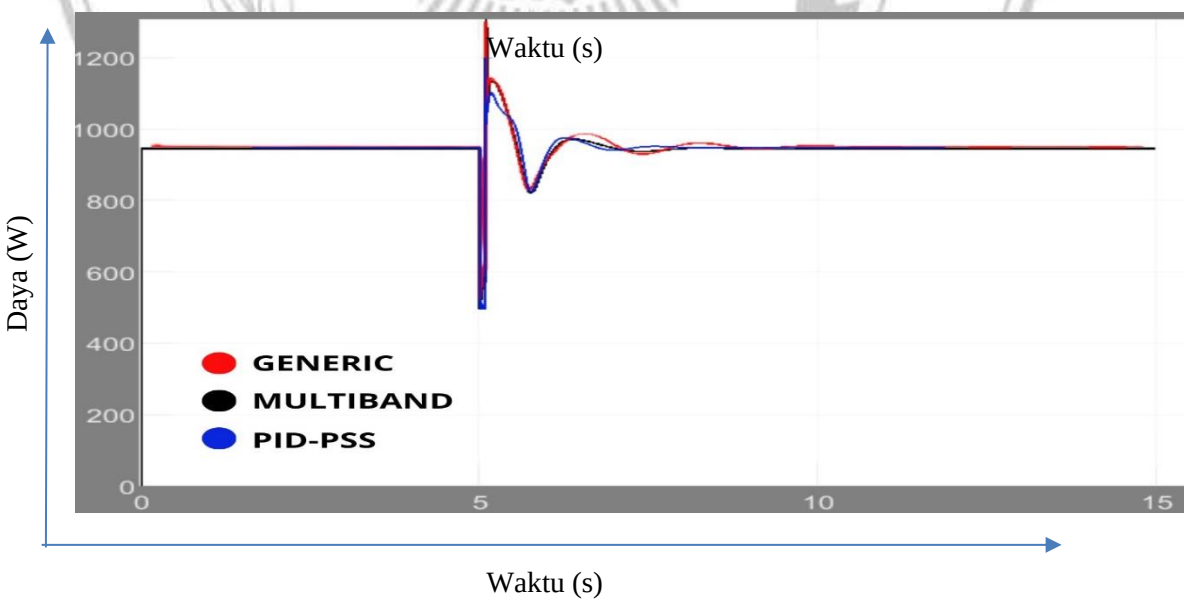
Gambar 4.2 Hasil Gelombang PSS Multiband 1 phas

Berikut hasil gelombang dari PID-PSS,parameter yang digunakan didasarkan dengan cara mencoba-coba dan dengan pendekatan yang didasarkan parameter Generik dan Multiband.parameter yang digunakan adalah proposional 0,12, integral 1 dan derivatif 0,036



Gambar 4.3 Hasil Gelombang PSS-PID 1 phasa

Berikut gambar perbandingan hasil gelombang dari PSS Generik,Multiband dan PID-PSS:



Gambar 4.4 Hasil Gelombang PSS Generic,Multiband dan PSS-PID 1 phasa

Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada detik ke 5 sistem diberikan gangguan selama 0.1 detik sehingga terjadi lonjakan osilasi yang menandakan sistem sedang mengalami gangguan. Pada gelombang PSS Generic menunjukkan sistem Kembali ke titik *stady state* pada detik ke 2,5setelah diberikan gangguan , memiliki *overshoot* 0,08. Dan Pada gelombang PSS Multiband menunjukkan sistem Kembali ke titik *stady state* pada detik ke 2 setelah adanya gangguan , memiliki *overshoot* 0,05. Dan Pada gelombang PSS-PID menunjukkan sistem Kembali ke titik *stady state* pada detik ke 1 setelah adanya gangguan, memiliki overshoot 0,03.

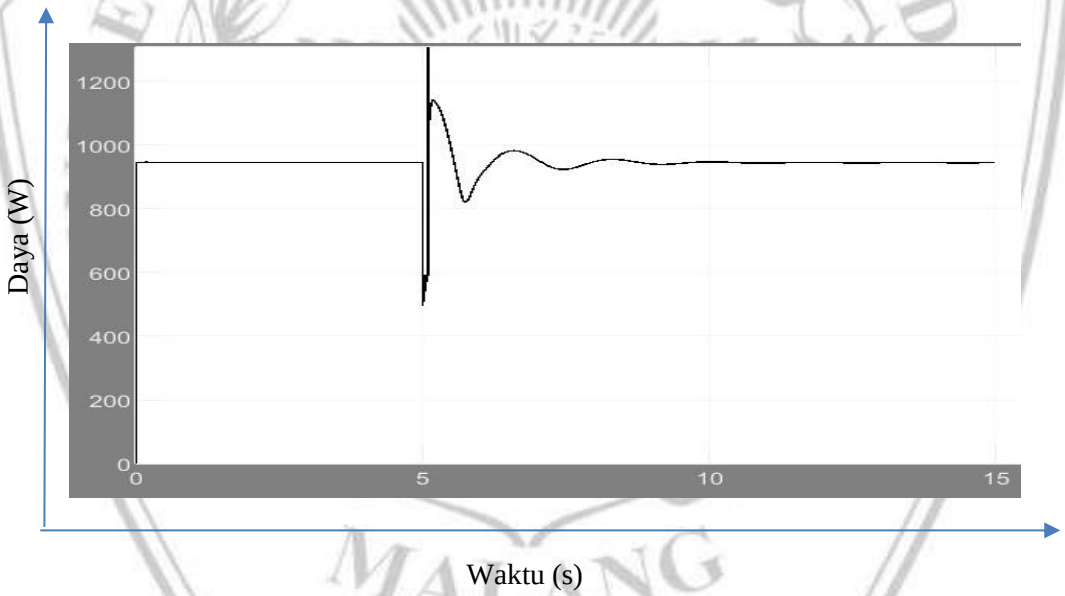
Tabel. 4.1 Hasil Simulasi Sistem 1 Phasa

Gelombang	*Overshoot*	Waktu yang dibutuhkan sistem untuk stabil kembali
Generic	0,08	2,5 detik
Multiband	0,05	2 detik
PID-PSS	0,03	1 detik

Pada sistem yang menggunakan metode PSS-PID memiliki *overshoot* paling rendah dari metode yang lain, dan memiliki waktu paling cepat untuk mengembalikan sistem ke kondisi stabil ketika ada gangguan. Pada percobaan peneletian kami ini hanya didasarkan untuk percobaan perbandingan untuk berbagai jenis-jenis PSS.

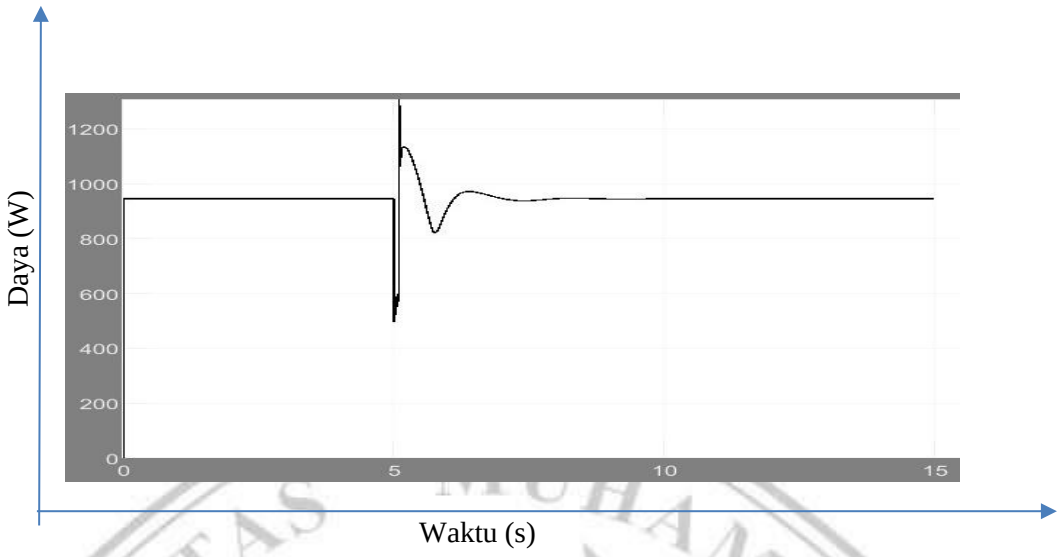
4.2 Pengujian pada system Gangguan 3 Phasa

Pada percobaan yang dilakukan, akan dianalisa berdasarkan hasil output gelombang yaitu hasil gelombang simulasi jenis-jenis PSS. Hal yang akan dianalisis berupa *overshoot*, dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk kembali ke keadaan stabil. . Berikut merupakan hasil gelombang dari PSS Generik yang tersedia di Matlab dengan parameter sensor time constan(sensor konstanta waktu dalam detik dari filter low untuk memfiltersinyal input) 15e- 3, Gain(satuan kemampuan rangkaian untuk memperbesar daya dari sinyal masukan ke keluaran) 2, Wash out time(konstanta waktu dalam detik dari filter yg digunakan system) 0,7, Lead lag(konstanta waktu pembilangT1n) 60e-3 0,5 dan outtime(Batasan waktu keluaran stabilizer) -0,15 0,15 :



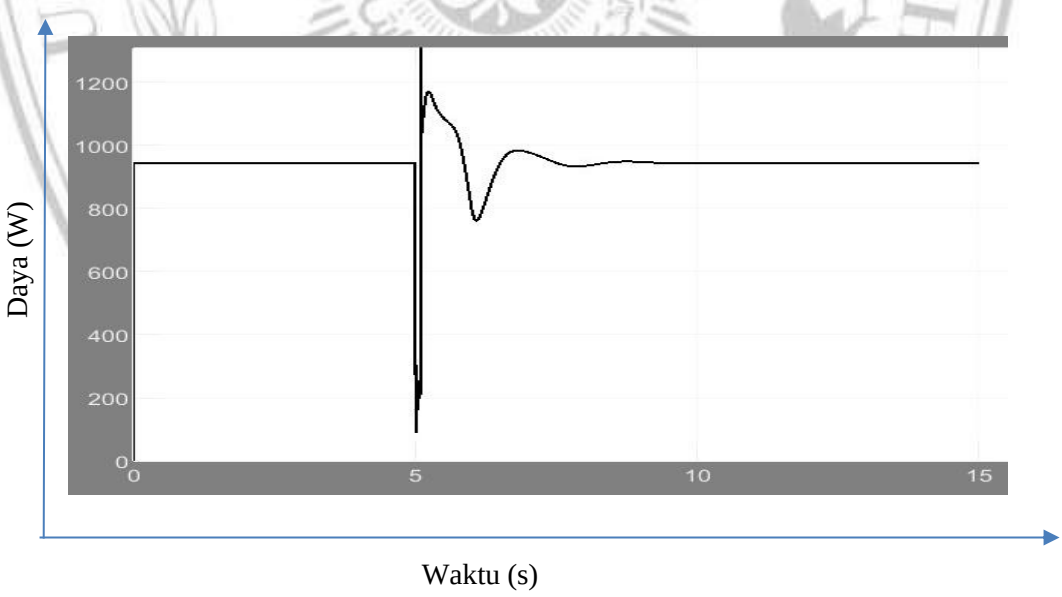
Gambar 4.5 Hasil Gelombang PSS Generic 3 phasa

Kemudian berikut hasil gelombang PSS Multiband dengan parameter, Global Gain (satuan kemampuan rangkaian untuk memperbesar daya dari sinyal masukan ke keluaran) 1 0, low frequensifrequensi (penguatan frequensi rendah) 0,025 5 ,intermediate frequensi(penguatan frequensi menengah) 0,8 25 ,high frequensi(penguatan frequensi tinggi) 12 0 145 dan signal limit(Batasan yang dikenakan pada keluaran frequensi rendah,menengah dan tinggi pada keluaran stabilizer) 0,75 15 15 15 :



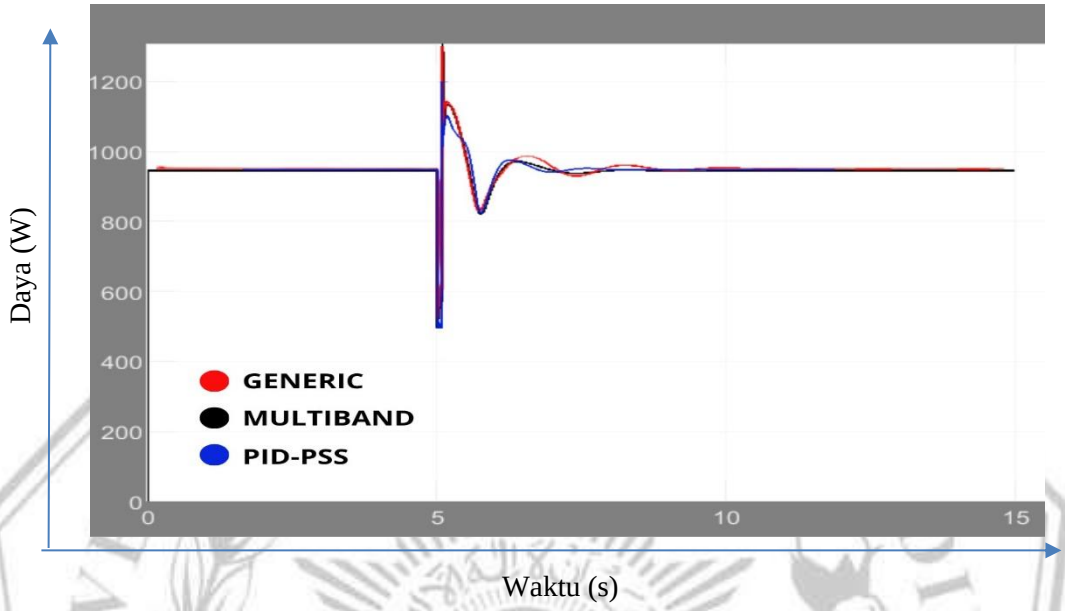
Gambar 4.6 Hasil Gelombang PSS Multiband 3 phasa

Berikut hasil gelombang dari PID-PSS,parameter yang digunakan didasarkan dengan cara mencoba-coba dan dengan pendekatan yang didasarkan parameter Generik dan Multiband.parameter yang digunakan adalah proposional 0,12, integral 1 dan derivatif 0,036. :



Gambar 4.7 Hasil Gelombang PSS PID 3 phasa

Berikut gambar perbandingan hasil gelombang dari PSS Generik,Multiband dan PID-PSS:



Gambar 4.4 Hasil Gelombang PSS Generic,Multiband dan PSS-PID 3 phasa

Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada detik ke 5 sistem diberikan gangguan selama 0.1 detik sehingga terjadi lonjakan osilasi yang menandakan sistem sedang mengalami gangguan. Pada gelombang PSS Generic menunjukkan sistem Kembali ke titik *stady state* pada detik ke 2,5 setelah adanya gangguan , memiliki *overshoot* 0,08. Dan Pada gelombang PSS Multiband menunjukkan sistem Kembali ke titik *stady state* pada detik ke 2 setelah adanya gangguan , memiliki *overshoot* 0,05.Dan Pada gelombang PSS-PID menunjukkan sistem Kembali ke titik *stady state* pada detik ke 1 setelah adanya gangguan , memiliki *overshoot* 0,03.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Sistem 3 Phasa

Gelombang	*Overshoot*	Waktu yang dibutuhkan sistem untuk stabil kembali
Generic	0,08	2,5 detik
Multiband	0,05	2 detik
PID-PSS	0,03	1 detik

Pada sistem yang menggunakan metode PSS-PID memiliki *overshoot* paling rendah dari metode yang lain, dan memiliki waktu paling cepat untuk mengembalikan sistem ke kondisi stabil ketika ada gangguan. Pada percobaan peneletian kami ini hanya didasarkan untuk percobaan perbandingan untuk berbagai jenis-jenis PSS.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada desain sistem PSS pada sistem tenaga listrik multimesin menggunakan berbagai jenis-jenis PSS yaitu PSS Generic, PSS Multiband, dan PSS-PID. dilakukan perbandingan antara penggunaan dari berbagai jenis PSS tersebut. Jenis PID-PSS lebih optimal dalam menjaga stabilitas transien, Karena mampu mengurangi *overshoot* dan waktu yang lebih cepat dalam menstabilkan system. Kemudian PSS Multiband cukup bagus dalam menjaga stabilitas transien dibandingkan dengan PSS Generic. Dan PSS Generic masih kurang dalam menjaga stabilitas transien dibandingkan dengan PSS Multiband dan PSS-PID.

5.2 Saran

Dari hasil dari penelitian yang sudah dilaksanakan bisa dilihat pada sistem 1 phasa dan 3 phasa masih memiliki nilai *overshoot* yang cukup tinggi dan waktu penstabilan masih cukup lama , pada percobaan selanjutnya sistem bisa diuji dengan metode yang lain sebagai perbandingan apakah dapat memperbaiki respon transien lebih baik atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. B. G. Manuaba, “EVELOPMENT OF CONTROL STRATEGY FOR DAMPING OSCILLATION IN POWER SYSTEM BASED ON BACTERIA FORAGING – PARTICLE SWARM OPTIMIZATION,” 2016.

[2] N. W. EKOPRIYONO, “SIMULASI PENGGUNAAN STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) UNTUK MENGURANGI KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN LISTRIK,” 2019. [Online]. Available: http://repository.unissula.ac.id/14720/

[3] R. Gianto and K. H. Khwee, “Neural Network pada Koordinasi PSS dan TCSC untuk Meningkatkan Kestabilan Sistem Tenaga Terinterkoneksi,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 4, pp. 334–340, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i4.282.

[4] M. Sulaiman, “TEGANGAN DAN PENGGUNAAN STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) MENGGUNAKAN METODE SEQUENTIAL QUADRATIC PROGRAMMING OPTIMAL POWER FLOW CONSIDERING VOLTAGE STABILITY AND STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) USING SEQUENTIAL QUADRATIC PROGRAMMING METHOD,” 2015.

[5] Z. Abidin, “Stabilitas Transien pada Saluran Transmisi dengan Static VAR Compensator (SVC) dan PSS (Power System Stabilizer),” vol. 5, pp. 326–331, 2020.

[6] M. Ida Bagus Gede Manuaba, ST. and M. Ir. I Nyoman Budiastra, M.Erg., “Meredam Osilasi Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Metode Hibrid Evolutionary Computational Pada Sistem Interkoneksi Kelistrikan Jawa Bali,” UNIVERSITAS UDAYANA, 2014.

[7] L. Xu, “Coordinated Control of SVC and PSS for Transient Stability Enhancement of Multi-Machine Power System,” *TELKOMNIKA Indones J. Electr. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 1054–1062, 2012, doi:10.11591/telkomnika.v11i2.1756

[8] K. M. Goher and S. O. Fadlallah, “Bacterial foraging-optimized PID control of a two-wheeled machine with a two-directional handling mechanism,” *Robot. Biomimetics*, vol. 4, no. 1, pp. 1–19, 2017, doi:10.1186/s40638-017-0057-3.

[9] I. B. G. Manuaba, M. Abdillah, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, “Coordinated tuning of PID-based PSS and AVR using bacterial foraging-PSOTVAC-DE algorithm,” *Control Intell. Syst.*, vol. 43, no. 3, pp. 125– 133, 2015, doi: 10.2316/Journal.201.2015.3.201-2399.

[10] R. Anguluri, A. Abraham, and V. Snasel, “A hybrid bacterial foraging - PSO algorithm based tuning of optimal FOPI speed controller,” *Acta Montan. Slovaca*, vol. 16, no. 1, pp. 55–65, 2011.

[11] W. Korani, “Bacterial foraging oriented by particle swarm optimization strategy for PID tuning,” *GECCO’08 Proc. 10th Annu. Conf. Genet. Evol. Comput. 2008*, no. September, pp. 1823–1826, 2008, doi:10.1145/1388969.1388980.

[12] M. R. Esmaili, R. A. Hooshmand, M. Parastegari, P. G. Panah, and S. Azizkhani, “New Coordinated Design of SVC and PSS for Multi-machine Power System Using BF-PSO Algorithm,” *Procedia Technol.*, vol. 11, no. Iceei, pp. 65–74, 2013, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.163.

LAMPIRAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO & D3 TEKNIK ELEKTRONIKA

Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Telp. 0341 - 464318 Ext. 129, Fax. 0341 - 460782

FORM CEK PLAGIASI LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Ikhwan Ranapati Suro

NIM : 201710130311175

Judul TA : Studi Stabilitas Transien Pada Sitem Tenaga Listrik Multimesin Untuk Berbagai Jenis PSS *(Power Sistem Stabilizer)*

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin

No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	1 %
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	3 %
3.	Bab 3 – Metodelogi Penelitian	35 %	3 %
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	0 %
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	0 %
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	6 %

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

(Dr. Ir Ermanu A. Hakim,M.T.)

Dosen Pembimbing II,

(Dr. Machmud Effendy,S.T.)