

**PENGARUH PENERAPAN *POWER SYSTEM STABILIZER*
PADA *AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR* TERHADAP
STABILITAS DAYA AKTIF KELUARAN GENERATOR DI
PLTU PELABUHAN RATU**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

MUFLIHUN

20200120009



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

**PENGARUH PENERAPAN *POWER SYSTEM STABILIZER*
PADA *AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR* TERHADAP
STABILITAS DAYA AKTIF KELUARAN GENERATOR DI
PLTU PELABUHAN RATU**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

MUFLIHUN

20200120009



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

PERNYATAAN PENULIS

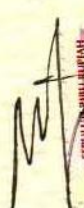
JUDUL : PENGARUH PENERAPAN *POWER SYSTEM STABILIZER*
PADA *AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR* TERHADAP
STABILITAS DAYA AKTIF KELUARAN GENERATOR DI
PLTU PELABUHAN RATU

NAMA : MUFLIHUN

NIM : 20200120009

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing- masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi, Agustus 2024



Muflihun
Penulsi

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : PENGARUH PENERAPAN *POWER SYSTEM STABILIZER*
PADA *AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR* TERHADAP
STABILITAS DAYA AKTIF KELUARAN GENERATOR DI
PLTU PELABUHAN RATU

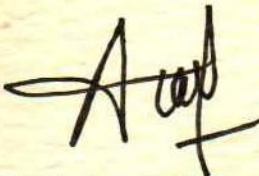
NAMA : MUFLIHUN

NIM : 20200120009

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui.

Sukabumi, Agustus 2024

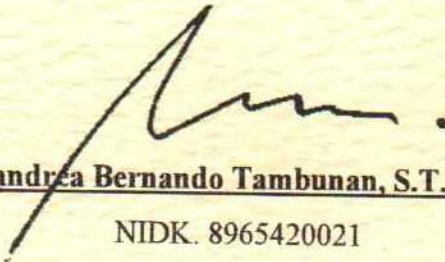
Pembimbing I



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si

NIDN. 0407098009

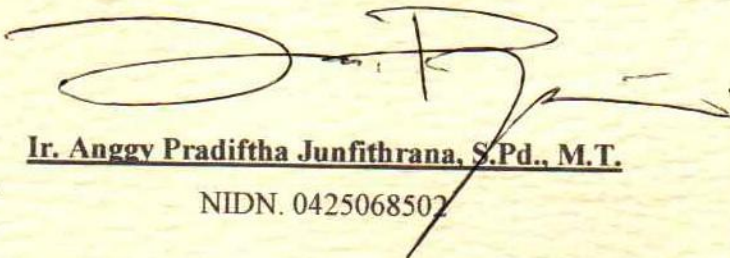
Pembimbing II



Ir. Handrea Bernando Tambunan, S.T., M.Eng

NIDK. 8965420021

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0425068502

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : PENGARUH PENERAPAN *POWER SYSTEM STABILIZER*
PADA *AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR* TERHADAP
STABILITAS DAYA AKTIF KELUARAN GENERATOR DI
PLTU PELABUHAN RATU

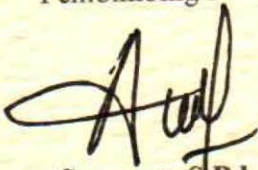
NAMA : MUFLIHUN

NIM : 20200120009

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal Agustus 2024. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk penganugrahan gelar Sarjana teknik Elektro (ST)

Sukabumi, Agustrus 2024

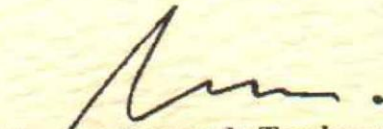
Pembimbing I



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si.

NIDN. 0407098009

Pembimbing II



Ir. Hanarea Bernando Tambunan, S.T.,

M.Eng. NIDK. 8965420021

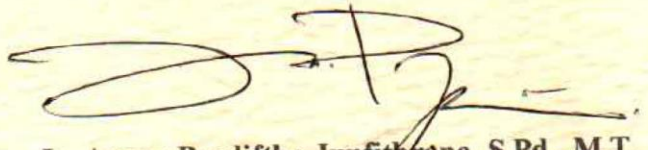
Ketua Penguji



Panji Narputro, S.T., M.T.

NIDN. 0427047803

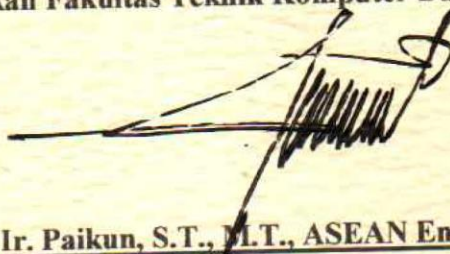
Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0426019502

PLH. Dekan Fakultas Teknik Komputer Dan Desain



Ir. Paikun, S.T., M.T., ASEAN Eng

NIDN. 0402037401

*Ngelmu iku, kelakone kanthi laku,
Lekase lawan kas, tegese kas nyantosani -
Sedya budya pangekes ing dur angkara*



ABSTRAK

Stabilitas daya keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu sangat penting untuk memastikan keandalan dan efisiensi operasional pembangkit listrik. Stabilitas ini seringkali diuji oleh fluktuasi beban dan gangguan sistem yang dapat berdampak signifikan pada kinerja generator. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penerapan *Power System Stabilizer* (PSS) pada *Automatic Voltage Regulator* (AVR) terhadap stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan untuk mengumpulkan data mengenai stabilitas daya aktif sebelum dan setelah penerapan PSS, dengan fokus pada analisis perbedaan performa sistem dalam berbagai kondisi operasional. Dengan menganalisis variasi tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang bagaimana PSS dapat secara efektif menstabilkan keluaran daya aktif dan berkontribusi pada operasi yang lebih andal dan efisien di PLTU Pelabuhan Ratu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan ketahanan operasional fasilitas pembangkit listrik dengan menyediakan solusi yang kuat untuk menjaga stabilitas daya aktif.

Kata Kunci: *stabilitas sistem tenaga listrik, daya aktif, keluaran generator, PLTU Pelabuhan Ratu, Power System Stabilizer (PSS), Automatic Voltage Regulator (AVR), eksperimen lapangan, eksitasi, kontrol canggih, pembangkit listrik*

ABSTRACT

The stability of the power output from the generator at PLTU Pelabuhan Ratu is of paramount importance to ensure the reliability and operational efficiency of the power plant. This stability is frequently challenged by load fluctuations and system disturbances that can significantly impact the generator's performance. This study seeks to evaluate the impact of implementing a Power System Stabilizer (PSS) on the Automatic Voltage Regulator (AVR) on the active power stability of the generator at PLTU Pelabuhan Ratu. Field experiments were conducted to gather data on active power stability both before and after the PSS implementation, with a particular focus on analyzing the differences in system performance under various operational conditions. By carefully analyzing these variations, the research aims to offer insights into how PSS can effectively stabilize the active power output and contribute to more reliable and efficient operations at PLTU Pelabuhan Ratu. The results are expected to significantly contribute to improving the operational resilience of power generation facilities by providing a robust solution to maintain active power stability.

Keywords: *power system stability, active power, generator output, PLTU Pelabuhan Ratu, Power System Stabilizer (PSS), Automatic Voltage Regulator (AVR), field experiments, excitation, advanced control, power plant.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penerapan *Power System Stabilizer* pada *Automatic Voltage Regulator* Terhadap Stabilitas Daya Aktif Keluaran Generator di PLTU Pelabuhan Ratu” ini dengan baik. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra.

Dalam penyusunan skripsi ini, saya menyadari bahwa tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang saya hadapi. Namun, berkat bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, saya dapat mengatasinya dan menyelesaikan tugas ini dengan baik. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. M Koesmawan, M.Sc., MBA., selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada saya untuk melaksanakan penelitian ini.
2. Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama penelitian.
3. Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga.
4. Ir. Handrea Bernardo Tambunan, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga.
5. Bapak Sigit Dwi Permana, selaku asisten manajer divisi pemeliharaan listrik PLTU Pelabuhan Ratu yang telah memberikan izin dan dukungan dalam proses pengambilan data selama penelitian.

6. Rekan-rekan divisi pemeliharaan listrik dan seluruh pihak PLTU Pelabuhan Ratu yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan mendukung penelitian.
7. Ibu dan Bapak saya, atas doa dan dukungan moral yang tiada henti.
8. Mbak Meutia Fitri Widodo S.T. (Mbak Chiko) yang selalu menyemangati penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Tim Pemulihan Kesehatan Mental yaitu Mas Ardi Suryadinata, Mas M. Nur Chamdani, dkk. yang telah memberikan dukungan mental.
10. Rekan-rekan seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Sholahudin dan Anggi Dwiyanto.
11. Rekan-rekan Mess 09 (Mess Plonto) PIPS Pelabuhan Ratu.
12. Rekan-rekan mahasiswa yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini di masa mendatang.

Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi digital dan pendidikan.

Sukabumi, 23 Agustus 2024

Muflihun

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Nusa Putra, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muflihun
Nomor Induk Mahasiswa : 20200120009
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

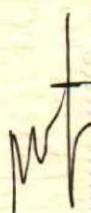
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul “Pengaruh Penerapan *Power System Stabilizer* pada *Automatic Voltage Regulator* Terhadap Stabilitas Daya Aktif Keluaran Generator di PLTU Pelabuhan Ratu”.

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Sukabumi
Pada tanggal : 28 Agustus 2024

Yang menyatakan.



Muflihun

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR RUMUS.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	17
12.1 Latar Belakang Masalah.....	17
12.2 Perumusan Masalah.....	18
12.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	18
12.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	19
12.5 Sistematika Penulisan.....	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	21
2.1 Penelitian Terkait.....	21
2.2 Kesimpulan dan Peluang Kebaruan.....	26
2.3 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik.....	26
2.3.1 Kestabilan <i>Steady State</i>	27
2.3.2 Kestabilan <i>Transient</i>	27
2.3.3 Kestabilan Dinamik.....	27
2.4 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik <i>Thermal</i>	28
2.5 Generator Sinkron Tunggal	29
2.6 Sistem Multi Mesin	31
2.7 Sistem Eksitasi	32
2.8 <i>Automatic Voltage Regulator</i>	34

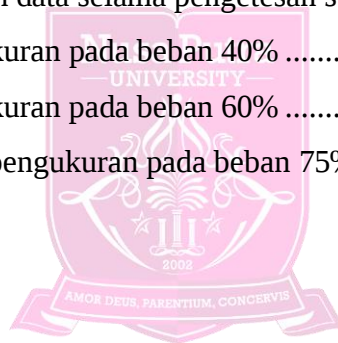
2.9	<i>Power System Stabilizer</i>	35
2.10	<i>Proportional Integral Derivatif</i>	38
2.11	<i>Damping Ratio</i>	40
2.12	Pemodelan Sistem Tenaga Listrik.....	41
2.13	Sistem Per Unit	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		43
3.1	Metode Pengumpulan Data	43
3.1.1	Studi Literatur	43
3.1.2	Observasi Lapangan	43
3.2	Proses Pengumpulan Data	43
3.2.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	44
3.2.2	Variabel Penelitian.....	44
3.3	Metode Analisis Data	44
3.3.1	Diagram Alir.....	45
3.3.2	Deskripsi Diagram Alir Pengerjaan Penelitian.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Data Penelitian.....	48
4.1.1	Data Spesifikasi Generator PLTU Pelabuhan Ratu.....	48
4.1.2	Data Spesifikasi AVR PLTU Pelabuhan Ratu	48
4.1.3	Data Optimasi PSS pada AVR PTLU Pelabuhan Ratu.....	49
4.2	Pengambilan Data.....	49
4.2.1	Data Pengukuran Parameter Generator <i>Step Response Ug 4%</i> dengan beban 40%.....	50
4.2.2	Data Pengukuran Parameter Generator <i>Step Response Ug 4%</i> dengan beban 60%.....	51
4.2.3	Data Pengukuran Parameter Generator <i>Step Response Ug 4%</i> dengan beban 75%.....	52
4.3	Analisis Performa	53
4.3.1	Perbandingan Data Kinerja Sistem dengan dan tanpa PSS	53
4.3.2	Perhitungan <i>Damping Ratio</i>	55

BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Umum Sistem Pembangkit Listrik <i>Thermal</i>	28
Gambar 2.2. Diagram Blok Generator Sinkron.....	30
Gambar 2.3. Ilustrasi Sistem Multi Mesin	32
Gambar 2.4. Prinsip Eksitasi Statik.....	33
Gambar 2.5. Prinsip Eksitasi Dinamik	33
Gambar 2.6. Gambar Sistem Eksitasi <i>Brushless</i> PLTU Pelabuhan Ratu	34
Gambar 2.7. Panel AVR di PLTU Pelabuhan Ratu.....	35
Gambar 2.8. Kedudukan sistem PSS pada AVR.....	36
Gambar 2.9. Diagram blok sistem PSS ke AVR/Eksiter.....	36
Gambar 2.10. Bagian-bagian grafik PID.....	39
Gambar 2.11. Pemodelan SMIB PSS-AVR.....	42
Gambar 3. 1. Alur penelitian.	45
Gambar 4. 1. Pengambilan data selama pengetesan <i>step response</i>	50
Gambar 4. 2. Data pengukuran pada beban 40%	50
Gambar 4. 3. Data pengukuran pada beban 60%	51
Gambar 4. 4. Rangkaian pengukuran pada beban 75%.....	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Daftar penelitian terkait.....	21
Tabel 2. 2. Karakteristik Optimasi PID.....	40
Tabel 4. 1. Spesifikasi Generator PLTU Pelabuhan Ratu	48
Tabel 4. 2. Spesifikasi kemampuan AVR PLTU Pelabuhan Ratu	49
Tabel 4. 3. Optimasi PSS untuk pengetesan <i>step response</i> 4%.....	49
Tabel 4. 4. Data pengukuran daya aktif pada beban 40%	50
Tabel 4. 5. Data pengukuran pada beban 60%	51
Tabel 4. 6. Data pengukuran pada beban 75%	53
Tabel 4. 7. Perbandingan data kinerja sistem dengan dan tanpa PSS	54
Tabel 4. 8. Perbandingan <i>Damping Ratio</i>	55



DAFTAR RUMUS

Rumus Frekuensi (1)	29
Rumus Kecepatan Sudut (2).....	30
Rumus GGL (3).....	31
Rumus Torsi Mekanik (4)	31
Rumus Damping Ratio (5)	41
Rumus Percepatan Sudut (6)	41
Rumus Per Unit (7).....	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan aspek krusial dalam memastikan keandalan pasokan listrik yang berkelanjutan. Ketidakstabilan dalam sistem tenaga listrik dapat menyebabkan gangguan operasional yang signifikan, seperti pemadaman listrik dan kerusakan peralatan [1], [2]. Dalam hal ini, pembangkit dengan generator sinkron atau *synchronous condenser* memerlukan sistem kontrol eksitasi otomatis untuk mendukung stabilitas sistem tenaga listrik dan menghindari masalah yang dapat berdampak pada pasokan listrik secara keseluruhan [3].

Menurut pedoman [3], yakni Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 2 Tahun 2020, unit pembangkit dengan kapasitas di atas 20 MW, seperti PLTU Pelabuhan Ratu yang memiliki kapasitas 3 x 350 MW, diharuskan dilengkapi dengan sistem kontrol eksitasi otomatis. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menjaga tegangan terminal generator tetap konstan dan menghindari ketidakstabilan pada seluruh rentang operasi unit pembangkit. Sistem kontrol eksitasi otomatis, termasuk *Power System Stabilizer* (PSS), berperan penting dalam pengaturan tegangan dan frekuensi, serta menjaga sistem tenaga listrik berfungsi secara stabil dalam kondisi operasi yang bervariasi.

PLTU Pelabuhan Ratu harus dapat memenuhi permintaan beban daya aktif dan reaktif dari jaringan tanpa menyebabkan gangguan seperti *trip* pada turbin atau pemutusan dari jaringan, terutama selama gangguan jaringan yang dapat mempengaruhi performa unit pembangkit secara signifikan. PSS adalah komponen kunci dalam *Automatic Voltage Regulator* atau AVR yang dirancang untuk meredam osilasi dalam sistem tenaga listrik. Dalam konteks Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 2 Tahun 2020, rentang frekuensi osilasi yang harus mampu diredam adalah 0,10 (nol koma satu nol) Hz hingga 3,00 (tiga koma nol nol) Hz [3]. PSS berfungsi untuk meningkatkan stabilitas daya aktif keluaran generator dengan mengatasi fluktuasi yang dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Tanpa penerapan PSS yang efektif, potensi gangguan

dalam sistem tenaga listrik dapat meningkat, mempengaruhi keandalan dan efisiensi operasional pembangkit [4].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana PSS dalam berkontribusi pada stabilitas daya aktif keluaran generator. Harapannya, hasil dari penelitian ini tidak hanya akan memberikan wawasan tentang efektivitas PSS dalam memperbaiki stabilitas sistem tenaga listrik, tetapi juga akan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional PLTU Pelabuhan Ratu, serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana AVR tanpa PSS menjaga stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu?
2. Bagaimana efektifitas PSS pada AVR dalam menjaga stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu?
3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja PSS dalam menjaga stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah:

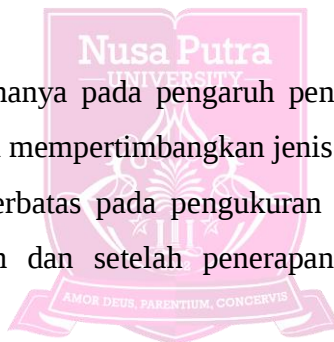
1. Melakukan analisa AVR tanpa penerapan PSS dalam menjaga stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu.
2. Mengukur tingkat efektifitas stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu dengan adanya penerapan PSS pada AVR dibandingkan dengan kondisi tanpa PSS.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja PSS dalam menjaga stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu.

Sebagai hasil dari penelitian ini, diharapkan dapat membantu pihak-pihak yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik dalam meningkatkan keandalan sistem dan sebagai dasar evaluasi penerapan PSS pada AVR di PLTU Pelabuhan Ratu.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, diberikan ruang lingkup yang jelas agar pembahasan lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Beberapa ruang lingkup penelitian tersebut adalah:

1. Analisa yang dilakukan adalah pada penerapan PSS pada AVR di PLTU Pelabuhan Ratu.
2. Penelitian ini mencakup evaluasi kinerja PSS pada AVR merk ABB Unitrol 6080 dalam meningkatkan stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu.
3. Fokus penelitian hanya pada pengaruh penerapan PSS pada AVR ABB Unitrol 6080 tanpa mempertimbangkan jenis atau merk AVR lainnya.
4. Metode analisis terbatas pada pengukuran stabilitas daya aktif keluaran generator sebelum dan setelah penerapan PSS, tanpa analisis tekno-ekonomi.



1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terbagi ke dalam 5 bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan dibahas tentang kajian pustaka berdasarkan penelitian terdahulu, teori dasar tentang stabilitas sistem tenaga listrik, sistem pembangkit listrik *thermal*, mesin sinkron tunggal, sistem multi mesin, sistem eksitasi, AVR, PSS, PID, *damping ratio*, pemodelan sistem tenaga listrik, dan sistem per unit.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode pengumpulan data, proses pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan penelitian ini yang dijabarkan baik dalam bentuk grafik maupun perhitungan.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang mungkin didapatkan dari hasil penelitian mengenai penerapan PSS pada AVR ABB Unitrol 6080 dan dampaknya terhadap stabilitas daya aktif keluaran generator di PLTU Pelabuhan Ratu, serta saran untuk penelitian dan aplikasi lebih lanjut dalam sistem tenaga listrik.



BAB V

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari temuan penelitian dan hasil analisis data pengaruh penerapan PSS pada AVR di PLTU Pelabuhan Ratu adalah:

1. Pada kondisi tanpa PSS, AVR membutuhkan waktu stabilisasi yang lebih lama dan menghasilkan *overshoot* yang lebih besar.

Pembebanan 40%: Waktu stabilisasi = 8 detik, *Overshoot* = 1.2658%

Pembebanan 60%: Waktu stabilisasi = 10 detik, *Overshoot* = 1.6666%

Pembebanan 75%: Waktu stabilisasi = 11 detik, *Overshoot* = 1.9737%

Kesimpulannya, pada beban yang lebih tinggi (60% dan 75%), AVR kesulitan menjaga stabilitas daya aktif, dengan waktu stabilisasi yang lebih lama dan *overshoot* yang meningkat.

2. Penerapan PSS memberikan peningkatan dalam waktu stabilisasi dan mengurangi *overshoot*, dengan nilai redaman yang lebih tinggi (*damping ratio*).

PSS OFF: Rata-rata waktu stabilisasi: $(8 + 10 + 11) / 3 = 9.67$ detik

PSS ON: Rata-rata waktu stabilisasi: $(6 + 7 + 8) / 3 = 7$ detik

Penurunan rata-rata waktu stabilisasi: Dari 9.67 detik (PSS OFF) menjadi 7 detik (PSS ON), terjadi penurunan sebesar 27.63%.

PSS OFF: Rata-rata *overshoot*: $(1.2658\% + 1.6666\% + 1.9737\%) / 3 = 1.6354\%$

PSS ON: Rata-rata *overshoot*: $(1.8987\% + 1.6666\% + 0.6679\%) / 3 = 1.4111\%$

Penurunan rata-rata *overshoot*: Dari 1.6354% (PSS OFF) menjadi 1.4111% (PSS ON), terjadi penurunan sebesar 13.71%.

Penerapan PSS berhasil menurunkan rata-rata waktu stabilisasi sebesar 27.63% dan mengurangi rata-rata *overshoot* sebesar 13.71%. Ini menunjukkan bahwa PSS meningkatkan stabilitas sistem secara signifikan dalam hal waktu stabilisasi dan *overshoot*.

3. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja PSS dalam menjaga stabilitas daya aktif keluaran generator meliputi:
 - a. Optimasi PSS: Pengaturan *gain* dalam PSS mempengaruhi kemampuannya dalam merespon gangguan dan mengurangi osilasi.
 - b. Tingkat Beban: Hasil pengetesan menunjukkan bahwa pada tingkat beban yang lebih tinggi, kecenderungan untuk mengurangi *overshoot* meningkat. Ini menunjukkan bahwa pembebanan pada sistem mempengaruhi efektivitas PSS dalam menstabilkan daya aktif.

1.2 Saran

Berdasarkan temuan dari pembahasan sebelumnya, penulis memberikan rekomendasi atau saran sebagai berikut

1. Penyesuaian optimasi PSS: Disarankan untuk melakukan penyesuaian lebih lanjut terkait optimasi PSS untuk mengoptimalkan performa stabilisasi sesuai dengan kondisi sistem. Ini termasuk *trial error* dengan berbagai pengaturan *gain* dan parameter *filter* untuk meminimalkan peningkatan *overshoot* jika diperlukan.
2. Uji coba beragam pembebanan: Implementasikan uji coba PSS di berbagai kondisi operasi dan gangguan untuk memastikan kinerja yang konsisten dan mengidentifikasi situasi di mana PSS mungkin tidak memberikan manfaat maksimal.
3. Evaluasi kinerja sistem: Secara berkala evaluasi kinerja sistem setelah penerapan PSS untuk memastikan bahwa manfaat dalam hal stabilisasi tidak mengorbankan performa sistem secara keseluruhan. Hal ini bisa dilakukan ketika sedang dilakukan pemeliharaan tahunan atau *overhaul*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kundur, Prabha. "Power System Stability and Control," *McGraw-Hill Inc*, 1994.
- [2] Aderson, P. M., & Fouad, A. A., "Power System Control and Stability," *IEEE Press Power System Engineering series*, 2003.
- [3] Menteri ESDM. "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 2 Tahun 2020 Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code)." *Kementrian ESDM*. 2020.
- [4] Suharto, Suharto, Imam Robandi, dan Ardyono Priyadi. "Penalaan Power System Stabilizer (PSS) untuk Perbaikan Stabilitas Dinamik pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Bat Algorithm (BA)." *Jurnal Teknik ITS* 4.1 (2015): B4-B9.
- [5] Martiningsih, Wahyuni, Inawati Inawati, dan Heri Haryanto. "Perbaikan Kestabilan Dinamik Pada Sistem Tenaga Menggunakan Kontrol Gain Avr Pss." *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer* 3.2 (2019): 118-124.
- [6] Sreedivya, K. M., P. Aruna Jeyanthi, dan D. Devaraj. "An effective AVR-PSS design for electromechanical oscillations damping in power system." *2019 IEEE International Conference on Clean Energy and Energy Efficient Electronics Circuit for Sustainable Development (INCCES)*. IEEE, 2019.
- [7] Dini, Hasna Satya, dan Rizki Pratama Putra. "Pengaturan Parameter Power System Stabilizer pada Pembangkit di Sistem IEEE 39 Bus." *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik* 22.1 (2023): 36-43.
- [8] Verrelli, Cristiano Maria, et al. "Nonlinear robust coordinated PSS-AVR control for a synchronous generator connected to an infinite bus." *IEEE Transactions on Automatic Control* 67.3 (2021): 1414-1422.
- [9] Kumar, Ajit. "Ideal avr and pss: a theoretical study." *IET Generation, Transmission & Distribution* 14.25 (2020): 6250-6258.

- [10] Djalal, Muhammad Ruswandi, Makmur Saini, dan AM Shiddiq Yunus. "Analisis Pemasangan Power System Stabilizer Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap Sengkang." *NiCMA: National Conference Multidisciplinary*. Vol. 1. No. 1. 2021.
- [11] Sayudi, Abdurrahman, Rukmi Sari Hartati, dan Ida Bagus Gede Manuaba. "Penalaan Power System Stabilizer PLTDG Pesanggaran Berbasis Losses Concept." *Jurnal SPEKTRUM Vol 8.1* (2021).
- [12] Prajapati, Apoorv H., dan Patel Mihir. "Basic Concept of Power System Stabilizer for Power System Stability and Comparison of Different Design Methods." *International Journal For Technological Research In Engineering* 1.11 (2014): 1398-1402.
- [13] Kumar, Ajit. "Nonlinear AVR for power system stabilisers robust phase compensation design." *IET Generation, Transmission & Distribution* 14.21 (2020): 4927-4935.
- [14] Jamal, Agus. "Model Power Sistem Stabilizer Berbasis Standar IEEE untuk Stabilitas Transien Sistem Tenaga Listrik." *Semesta Teknika* 13.1 (2010): 95-104.
- [15] Jamlaay, Marselin. "Pengoptimalan Stabilitas Pembangkit Melalui Kontrol Arus Eksitasi Menggunakan PSS (Power System Stabilizer)." *Jurnal SIMETRIK* 13.1 (2023): 656-660.
- [16] Muhammad, Ruswandi Djalal, dan Yusuf Yunus Muhammad. "Optimal Design of Power System Stabilizer In Bakaru Power Plant Using Bat Algorithm." *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)* 1.2 (2017): 40-44.
- [17] Muhammad, Ruswandi Djalal, dan Faisal Faisal. "Desain Optimal Power System Stabilizer Pada System Kelistrikan Sulselrabar Menggunakan Bat Algorithm." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 17.1 (2018): 150-158.
- [18] Manuaba, Ida Bagus Gede. "Pengembangan Strategi Kontrol Untuk Meredam Osilasi Pada Sistem Tenaga Listrik Berbasis Bacteria Foraging-Particle Swarm Optimization." (2014).

- [19] Duanaputri, Rohmanita. "Optimisasi Parameter PSS Berbasis Multi Mesin Menggunakan Modified Differential Evolution (MDE) Pada Sistem Jawa Bali 500 kV." *Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya* (2017).
- [20] Akbar, Rangga, I. Made Ginarsa, dan Agung Budi Muljono. "Penggunaan Power System Stabilizer Berbasis-Recurrent Neural Network Terhadap Gangguan Kecil (Studi Kasus Sistem Kelistrikan Lombok): Use Of Power System Stabilizer Based On Recurrent Neural Network On Small Interruption (Case Study Of Lombok Electrical System)." *DIELEKTRIKA* 2.1 (2015): 40-46.
- [21] Permana, Indra Adi, et al. "Analisis Penggunaan Power System Stabilizer (Pss) dalam Perbaikan Stabilitas Transien Generator Sinkron." *SPEKTRUM* 2.1 (2015): 24-29.
- [22] Kurniawan, Adi. "Optimalisasi PID Power System Stabilizer Menggunakan Fire Fly Algorithm Pada Sistem Pembangkit Listrik Jawa-Bali." *Jurnal Nasional Teknik Elektro* 4.1 (2015): 56-62.
- [23] Abidin, Zainal. "Stabilitas Transien pada Saluran Transmisi dengan Static VAR Compensator (SVC) dan PSS (Power System Stabilizer)." *JE-Unisla* 5.1 (2020): 326-331.
- [24] Marsudi, Djiteng. "Operasi sistem tenaga listrik." *Yogyakarta: Graha Ilmu* (2006).
- [25] PT. ABB Sakti Industri. "Excitation Systems Basics Configuration Chapter 3 Operation and Maintenance Training Unitrol 6000". *Manual Book PT. ABB*. 2022.
- [26] Ogata, Katsuhiko. "Modern control engineering". *Prentice Hall*, 2010.
- [27] Ogata, Katsuhiko. "System Dynamics". *Prentice Hall*, 2004.
- [28] Jiang, Zhenhua. "Design of a nonlinear power system stabilizer using synergetic control theory." *Electric Power Systems Research* 79.6 (2009): 855-862.
- [29] Shanghai Electric. Generator QFSN-350-2 Pelabuhan Ratu. *Manual Book Shanghai Electric Co. Ltd*. 2013

