



SKRIPSI

**STUDI PENGARUH KECEPATAN ANGIN
TERHADAP STABILITAS FREKUENSI
BERBASIS KONVERTER AC-AC PADA PMSG
TIGA FASA PLTB LABORATORIUM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA**

MUHAMMAD AKMAL RAIS

NIM. 20221330055

DOSEN PEMBIMBING:

RUDI IRMAWANTO, S.T., M.T.

REYNANDA BAGUS WIDYO ASTOMO, S.T, M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA**

2026



SKRIPSI

**STUDI PENGARUH KECEPATAN ANGIN
TERHADAP STABILITAS FREKUENSI
BERBASIS KONVERTER AC-AC PADA PMSG
TIGA FASA PLTB LABORATORIUM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

MUHAMMAD AKMAL RAIS

NIM. 20221330055

DOSEN PEMBIMBING:

RUDI IRMAWANTO, S.T., M.T.

REYNANDA BAGUS WIDYO ASTOMO, S.T, M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

2026

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI

STUDI PENGARUH KECEPATAN ANGIN TERHADAP STABILITAS FREKUENSI BERBASIS KONVERTER AC-AC PADA PMSG TIGA FASA PLTB LABORATORIUM UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:
Muhammad Akmal Rais
NIM. 20221330055

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing :

1. Rudi Irmawanto, S.T., M.T.

(.....)

2. Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T.

(.....)

LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

STUDI PENGARUH KECEPATAN ANGIN TERHADAP STABILITAS FREKUENSI BERBASIS KONVERTER AC-AC PADA PMSG TIGA FASA PLTB LABORATORIUM UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:
Muhammad Akmal Rais
NIM. 20221330055

Disetujui Oleh:

Dosen Penguji :

1. Rudi Irmawanto, S.T., M.T.
2. Ridho Akbar S.S.T., M.T.
3. Triuli Novianti, S.T., M.T.

(.....)
(.....)
(.....)



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PENGARUH KECEPATAN ANGIN TERHADAP STABILITAS FREKUENSI BERBASIS KONVERTER AC-AC PADA PMSG TIGA FASA PLTB LABORATORIUM UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Muhammad Akmal Rais

NIM. 20221330055

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vippy Dharmanawan., M. Ars.
NIDN. 07.2509.6402

Disetujui Oleh,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Indah', is written over the text for the Program Studi Ketua.

Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Akmal Rais

NIM : 20221330055

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan. Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 20 Juli 2026
Yang membuat pernyataan



10000
SERBUK RUPIAH
TEL. 20
METERAI
TEMPEL
94AOX119097955

(Muhammad Akmal Rais)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kata pertama yang dapat peneliti ucapkan atas ungkapan rasa syukur peneliti kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat, karunia, taufik serta hidayah-Nya sehingga pada kesempatan ini peneliti dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Studi Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Stabilitas Frekuensi Berbasis Konverter Ac-Ac Pada Pmsg Tiga Fasa Pltb Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surabaya”

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan akademis program Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Surabaya. Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat di perlukan agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Peneliti ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang mendukung terselesaikannya laporan skripsi ini baik secara moril serta materi. Karena tanpa adanya dukungan tersebut, peneliti tidak akan sampai menyelesaikan laporan skripsi ini

Untuk itu peneliti menyampaikan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. FISQua., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M. Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan masukan dan saran dalam penulisan laporan skripsi.
4. Bapak Rudi Irmawanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping, atas kesabaran, kecerdasan, ketulusan, saran, masukan, serta pengalaman berharga yang telah diberikan selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini hingga dapat terselesaikan tepat waktu.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf di lingkungan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya, atas seluruh ilmu, arahan, dan motivasi yang diberikan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

6. Teristimewa untuk kedua orang tua tercinta, Bapak Nur Khaliq dan Ibu Akhladah, yang telah memberikan kasih sayang, nasihat, motivasi, memenuhi kebutuhan penulis, serta dukungan dan doa yang tiada henti selama menempuh perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Meskipun tidak sempat merasakan bangku perkuliahan, beliau berdua senantiasa berjuang dan bekerja keras demi memberikan kesempatan pendidikan yang lebih baik kepada anak-anaknya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, kesehatan, dan keberkahan kepada Bapak dan Ibu, serta membalas segala jerih payah dan pengorbanan beliau dengan sebaik-baik balasan. *Aamiin Yaa Rabbal 'Alamiin*.
7. Kepada Seseorang spesial yang berinisial LS, Terimakasih telah menjadi sosok pendamping setia dalam segala hal, yang menemani penulis sampai saat ini, tempat berbagi suka duka, memberi dukungan, kasih sayang dan semangat, serta perhatian kepada penulis dalam penyusunan skripsi dari awal hingga selesainya skripsi ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro angkatan 2022 Universitas Muhammadiyah Surabaya yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, dan semangat selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman dari MJLS BRKTN, khususnya Fatkhul Fikri, atas bantuan dan dukungannya sehingga penulis dapat menempuh pendidikan dengan beasiswa di Universitas Muhammadiyah Surabaya, serta Ahesya Fajar Rama atas kebersamaan dan semangat yang diberikan selama ini.
10. Semua pihak yang membantu menyelesaikan skripsi yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi peneliti dan rekan – rekan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 20 Juli 2026

Muhammad Akmal Rais

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) berbasis Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) tiga fasa menghadapi tantangan utama berupa fluktuasi frekuensi keluaran akibat variasi kecepatan angin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik pengaruh kecepatan angin terhadap stabilitas frekuensi keluaran PMSG serta menentukan rangkaian kendali frekuensi yang ideal menggunakan sistem konverter AC-AC back-to-back pada PMSG tiga fasa. Metode yang digunakan meliputi simulasi MATLAB/Simulink dan pengujian lapangan pada sistem PLTB skala laboratorium di Universitas Muhammadiyah Surabaya menggunakan generator PMSG Vesdas G100 100W dengan kecepatan rated 750 RPM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus terhadap frekuensi keluaran PMSG, dengan frekuensi optimal 50,51 Hz dicapai pada rated speed 12 m/s dengan error 1,02% dari nilai referensi 50 Hz. Hasil pengujian lapangan menunjukkan frekuensi paling mendekati 50 Hz pada rentang kecepatan angin 5–6 m/s dengan nilai 50,07 Hz. Perhitungan parameter PMSG Vesdas G100 memverifikasi bahwa generator memiliki 8 kutub dengan daya angin tersedia 832,03 W dan efisiensi nominal 12,02% pada kecepatan 12 m/s. Rangkaian kendali frekuensi yang ideal terdiri dari delapan komponen terintegrasi, yaitu sensor frekuensi berbasis Bus Selector dengan Gain $-10/(2\pi)$, Low Pass Filter dengan fungsi transfer $H(s) = 1/(s+1)$ dan time constant 1 detik, blok referensi frekuensi 50 Hz, rectifier thyristor bridge tiga fasa, inverter IGBT bridge tiga fasa dengan PWM, gain torsi 25.240 Nm, pitch control, dan cut-out protection. Low Pass Filter terbukti menjadi komponen krusial yang mampu menekan ripple frekuensi dari 310,71 Hz pada kondisi tanpa filter menjadi 49,81 Hz dengan filter, dengan settling time 5–7 detik dan frekuensi rata-rata 49,36 Hz mendekati nilai referensi 50 Hz.

Kata kunci: PMSG, Konverter AC-AC, Stabilitas Frekuensi, Low Pass Filter, Kecepatan Angin

ABSTRACT

A three-phase wind power plant (PLTB) based on a Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) faces the main challenge of output frequency fluctuations caused by variations in wind speed. This study aims to analyze the characteristics of the effect of wind speed on the output frequency stability of the PMSG and to determine the ideal frequency control circuit using a back-to-back AC-AC converter system on a three-phase PMSG. The methods used include MATLAB/Simulink simulations and field testing on a laboratory-scale wind power plant system at Muhammadiyah University of Surabaya using a Vesdas G100 100W PMSG generator with a rated speed of 750 RPM. The simulation results showed that wind speed is directly proportional to the PMSG output frequency, with an optimal frequency of 50.51 Hz achieved at a rated speed of 12 m/s, with an error of 1.02% from the reference value of 50 Hz. Field test results showed that the frequency closest to 50 Hz occurs in the 5–6 m/s wind speed range, with a value of 50.07 Hz. Calculations of the Vesdas G100 PMSG parameters verify that the generator has 8 poles with an available wind power of 832.03 W and a nominal efficiency of 12.02% at a speed of 12 m/s. The ideal frequency control circuit consists of eight integrated components, namely a Bus Selector-based frequency sensor with a gain of $-10/(2\pi)$, a low-pass filter with transfer function $H(s) = 1/(s+1)$ and a time constant of 1 second, a 50 Hz frequency reference block, a three-phase thyristor bridge rectifier, a three-phase IGBT bridge inverter with PWM, a torque gain of 25,240 Nm, pitch control, and cut-out protection. The low-pass filter proved to be a crucial component capable of reducing frequency ripple from 310.71 Hz in the unfiltered condition to 49.81 Hz with the filter, with a settling time of 5–7 seconds and an average frequency of 49.36 Hz, which is close to the 50 Hz reference value.

Keywords: *PMSG, AC-AC Converter, Frequency Stability, Low-Pass Filter, Wind Speed*

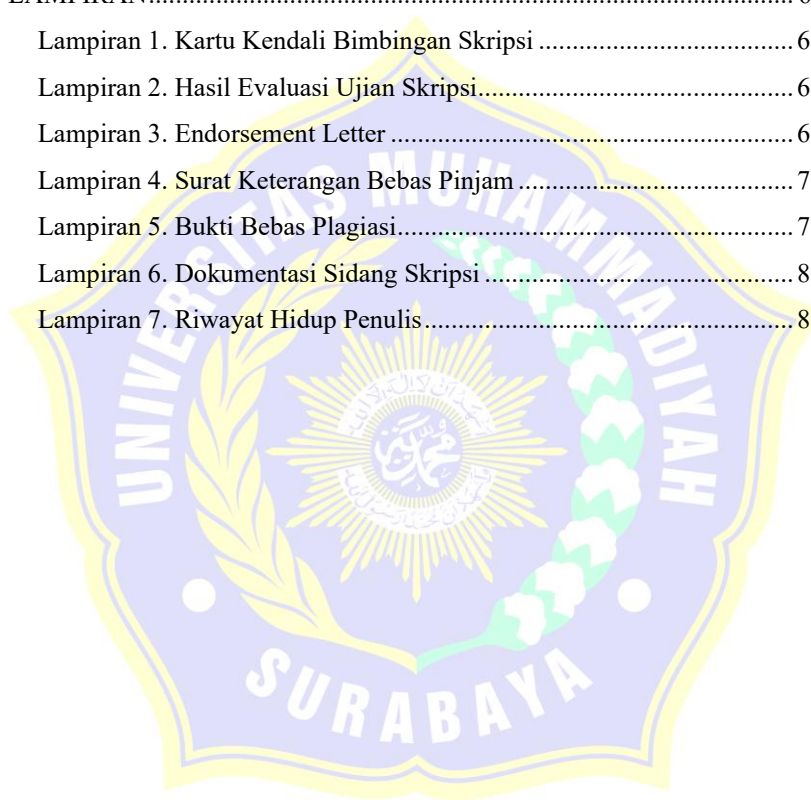
DAFTAR ISI

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGUJI SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan penelitian	2
1.4. Manfaat penelitian	2
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II.....	1
TINJAUAN PUSTAKA	1
2.1. Penelitian Terdahulu.....	1
2.2. Dasar Teori	2
2.2.1. Energi angin	2
2.2.2. Turbin Angin	3
2.2.3. Permanent magnet synchronous generator (PMSG).....	5

2.2.4. Hubungan Kecepatan Turbin dan Frekuensi Keluaran.....	6
2.2.5. Teori Konverter AC–AC dan Variable Speed Drive (VSD)	7
BAB III	11
METODE PENELITIAN.....	11
3.1. Jadwal penelitian	11
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.3. Metode penelitian	13
3.4. Flowchart Penelitian.....	14
3.5. Perancangan sistem.....	16
3.6 Perhitungan Parameter PMSG.....	17
3.6.1. Perhitungan Jumlah Kutub PMSG	18
3.6.2. Verifikasi Frekuensi Keluaran.....	18
3.6.3. Perhitungan Frekuensi pada Variasi Kecepatan Angin	18
3.6.4. Perhitungan Daya Angin	19
3.6.5. Perhitungan Tegangan Line-to-Line.....	19
BAB IV	20
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1. Gambaran Umum Pengujian sistem.....	20
4.2. Kalibrasi Sensor Pada Sistem	21
4.2.2. Kalibrasi Dengan Sensor Rpm	25
4.3 Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Frekuensi Keluaran PMSG	30
4.3.1 Batas Operasi Kecepatan Angin pada Turbin PMSG.....	31
4.3.2 Sistem Proteksi pada Kecepatan Angin di Atas Rated Speed (> 12 m/s).....	32
4.3.3 Hasil Simulasi Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Frekuensi	34
4.3.4 Hasil Pengujian Lapangan Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Frekuensi	40

4.3.5 Analisis Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Frekuensi Keluaran	44
4.4 Karakteristik Stabilitas Frekuensi dengan Konverter AC-AC	46
4.4.1 Prinsip Kerja Konverter AC-AC dalam Stabilisasi Frekuensi... 46	
4.4.2 Respons Stabilitas Frekuensi pada Simulasi.....	46
4.4.3 Karakteristik Stabilitas Frekuensi Data Lapangan	47
4.4.4 Analisis Kinerja Konverter AC-AC dalam Stabilisasi Frekuensi	48
4.4.5.Perbandingan Stabilitas Frekuensi Dengan Filter dan Tanpa Filter	48
4.4.5.1.Penyebab Ketidakstabilan Frekuensi Tanpa Filter	49
4.4.5.2.Peran Low Pass Filter dalam Menstabilkan Sistem	49
4.4.5.3.Hasil Perbandingan Simulasi	50
4.4.5.4.Analisis Penyebab Ketidakstabilan Frekuensi Tanpa Filter	52
4.5 Pembahasan	53
4.5.1Karakteristik Hubungan Kecepatan Angin dan Frekuensi Keluaran	53
4.5.2 Efektivitas Konverter AC-AC dalam Stabilisasi Frekuensi.....	54
4.5.3 Rangkaian Kendali Frekuensi yang Ideal.....	54
4.5.4 Analisis Perhitungan Parameter PMSG.....	55
4.5.4.1.Hasil Perhitungan Jumlah Kutub PMSG	56
4.5.4.2. Hasil Verifikasi Frekuensi Keluaran.....	56
4.5.4.3. Hasil Perhitungan Frekuensi pada Variasi Kecepatan Angin	56
4.5.4.4. Hasil Perhitungan Daya Angin	57
4.5.4.5. Hasil Perhitungan Tegangan Line-to-Line.....	57
4.5.4.6. Ringkasan Hasil Perhitungan Parameter PMSG	57
BAB V	60

KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	65
Lampiran 1. Kartu Kendali Bimbingan Skripsi	65
Lampiran 2. Hasil Evaluasi Ujian Skripsi	66
Lampiran 3. Endorsement Letter	69
Lampiran 4. Surat Keterangan Bebas Pinjam	70
Lampiran 5. Bukti Bebas Plagiasi	71
Lampiran 6. Dokumentasi Sidang Skripsi	80
Lampiran 7. Riwayat Hidup Penulis	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Wind Turbin.....	4
Gambar 3. 1 flowchart penelitian	14
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem.....	16
Gambar 4. 1 Sistem untuk turbin angin untuk pengujian	20
Gambar 4. 2 Pengambilan data tegangan PLTB.....	22
Gambar 4. 3 Grafik Kalibrasi Sensor Tegangan Zmpt101b	23
Gambar 4. 4 Pengambilan Data Rpm Pada Pltb	25
Gambar 4. 5 Grafik Sensor Arduino vs Tachometer	27
Gambar 4. 6 Pengambilan Data arus pada PLTB	28
Gambar 4. 7 Grafik kalibrasi sensor arus	30
Gambar 4. 8 Model simulasi sistem PLTB berbasis PMSG pada MATLAB/Simulink.....	35
Gambar 4. 9 Respons frekuensi keluaran PMSG pada simulasi dengan kecepatan angin 12 m/s.....	37
Gambar 4. 10 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap frekuensi keluaran PMSG (hasil simulasi)	39
Gambar 4. 11 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap frekuensi keluaran PMSG (data lapangan).....	41
Gambar 4. 12 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap frekuensi dan tegangan keluaran pmsg.....	43
Gambar 4. 13 Respons frekuensi keluaran PMSG pada simulasi tanpa filter (wind speed 12 m/s).....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Jadwal penelitian	11
Tabel 3. 2 Perhitungan Frekuensi pada Variasi Kecepatan Angin	18
Tabel 4. 1 Data Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B	23
Tabel 4. 2 Data Kalibrasi Sensor RPM (Sensor IR)	26
Tabel 4. 3 Data Kalibrasi Sensor Arus ACS712.....	29
Tabel 4. 4 Batas Operasi Kecepatan Angin pada Sistem PLTB Berbasis PMSG.....	31
Tabel 4. 5 Sistem Proteksi Turbin pada Variasi Kecepatan Angin.....	33
Tabel 4. 6 Hasil Simulasi Frekuensi Keluaran PMSG per Rentang Kecepatan Angin	38
Tabel 4. 7 Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Frekuensi Keluaran PMSG (Data Lapangan).....	40
Tabel 4. 8 Tabel Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Frekuensi Dan Tegangan Keluaran Pmsg	42
Tabel 4. 9 Ringkasan Karakteristik Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Frekuensi.....	45
Tabel 4. 10 Karakteristik Stabilitas Frekuensi Hasil Simulasi (Wind Speed 12 m/s)	46
Tabel 4. 11 Karakteristik Stabilitas Frekuensi per Rentang Kecepatan Angin (Data Lapangan).....	47
Tabel 4. 12 Perbandingan Karakteristik Stabilitas Frekuensi Dengan Filter dan Tanpa Filter	51
Tabel 4. 13 Spesifikasi Rangkaian Kendali Frekuensi yang Ideal.....	55
Tabel 4. 14 Verifikasi Perhitungan Frekuensi Keluaran PMSG pada Variasi Kecepatan Angin.....	56
Tabel 4. 15 Ringkasan Hasil Perhitungan Parameter PMSG Vesdas G100	57