

**UJI PERFORMANSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE DENGAN VARIASI BEBAN DAN
KECEPATAN ANGIN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

NUSAIBAH TAGHYIROTU SHOFA

03041181621123

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI PERFORMANSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE DENGAN VARIASI BEBAN DAN
KECEPATAN ANGIN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarja Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

NUSAIBAH TAGHYIROTU SHOFA

03041181621123

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197108141999031005

Indralaya, Juli 2020

**Menyetujui,
Pembimbing Utama**

Dr. Herlina S.T., M.T.

NIP. 198007072006042004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nusaibah Taghyirotu Shofa
NIM : 03041181621123
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 9%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Uji Performansi Generator Sinkron Magnet Permanen *Horizontal Axis Wind Turbine* Dengan Variasi Beban Dan Kecepatan Angin” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, Juli 2020

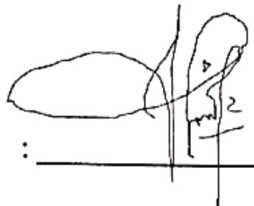


Nusaibah Taghyirotu Shofa

NIM. 03041181621123

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama : Dr. Herlina S.T., M.T.

Tanggal

: 16 / 07 / 2020

KATA PENGANTAR

Puji beserta syukur selalu penulis haturkan kepada Allah SWT yang tidak pernah berhenti memberikan rahmat, kemudahan rahmat serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Uji Performansi Generator Sinkron Magnet Permanen *Horizontal Axis Wind Turbine* Dengan Variasi Beban Dan Kecepatan Angin**”. Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga, para sahabat dan pengikutnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Herlina S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Sekretaris Jurusan yang telah memberikan banyak nasihat, ilmu, bimbingan, saran serta bantuan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Hera Hikmarika S.T., M.Eng sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberi bantuan dan dukungan perihal akademik selama penulis menjalani proses perkuliahan.
4. Ibu Ir. Hj. Sri Agustina, M.T., Bapak Ir. Sariman, M.S., dan Bapak Ir. M. Suparlan, M.S. selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan saran terhadap penulisan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan serta seluruh Staff Jurusan Teknik Elektro, Ibu Diah, Kak Slamet, Kak Ruslan, Kak Habibi dan Pak Rusman yang telah banyak membantu.
6. Orang tua, saudara dan keluarga yang selalu memberi dukungan selama proses perkuliahan hingga tibalah penulis di fase pembuatan tugas akhir ini.

7. Teman-teman satu konsentrasi Mesin-Mesin Listrik yang selalu memberikan dukungan selama perkuliahan dan dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
8. Sahabat seperjuangan di kampus, anak-anak di kosan, serta orang-orang yang Allah hadirkan untuk memberi kebahagiaan, bantuan dan doa yang namanya tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan penulis. Maka dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki dan membangun dari pembaca.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Indralaya, Mei 2020



Nusaibah Taghyirotu Shofa

NIM. 03041181621123

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nusaibah Taghyirotu Shofa
NIM : 03041181621123
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**UJI PERFORMANSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE DENGAN VARIASI BEBAN DAN
KECEPATAN ANGIN**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya
Pada tanggal : Juli 2020

Yang menyatakan :



Nusaibah Taghyirotu Shofa

NIM. 03041181621123

ABSTRAK

Energi angin dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan sistem konversi energi angin (Wind Energy Conversion System/ WECS). Komponen terpenting dalam WECS adalah generator. Jenis generator yang sering dipakai adalah generator sinkron magnet permanen atau Permanent Magnet Synchronous Generator / PMSG. Generator jenis ini memiliki keunggulan dapat berputar pada kecepatan rendah. Pengujian performa generator sangat diperlukan untuk melihat seberapa optimal sebuah turbin angin bisa digunakan dimana kecepatan putar turbin terus bertambah dan seberapa besar efisiensi dari generator itu sendiri. Penelitian kali ini melakukan pengembangan dengan menggunakan variabel-variabel yaitu kecepatan angin yang berkisar dari 3,5 m/s - 5 m/s dan variasi beban yaitu lampu *LED* dengan daya 9 Watt, 15 Watt dan 24 Watt . Hasil pengujiannya adalah daya keluaran tertinggi dihasilkan saat keadaan tak berbeban yaitu 19,454 Watt. Sedangkan nilai minimumnya yaitu 0,323 Watt ketika rangkaian diberi beban 24 Watt. Nilai efisiensi generator maksimum yaitu 68,3% pada saat kondisi tak berbeban Sedangkan efisiensi minimumnya adalah 1,23% ketika kondisi beban senilai 24 Watt.

Kata kunci : generator sinkron magnet permanen, generator turbin angin, efisiensi generator.

ABSTRACT

Wind energy can be converted into electrical energy using the wind energy Conversion System (WECS). The most important component in WECS is generators. The type of generators that are often used are permanent magnet synchronous generators (PMSG). This type of Generator has the advantage of being able to spin at low speeds. Generator performance testing is indispensable to see how optimally a wind turbine can be used where the turbine swivel speed continues to increase and how much the efficiency of generator itself. This research is doing development by using variables with wind speeds ranging from 3.5 m/s to 5 m/s and variations of loads are LED lamps with 9 watts , 15 watts and 24 watts. The result of the test is the highest output power generated during the unloaded state of 19.454 Watt. While the minimum value is 0.323 watts when the circuit is loaded 24 watts. The maximum generator efficiency value is 68.3% when the condition is not loaded while the minimum efficiency is 1.23% when the load condition is worth 24 watts.

Keywords: permanent magnet synchronous generator, wind turbine generator, generator efficiency.

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR GRAFIK	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Energi Terbarukan	6
2.3 Energi Angin	7
2.4 PLTB	7
2.5 Turbin Angin	9
2.6 Jenis Turbin Angin	9
2.6.1. Vertical Axis Wind Turbine	9
2.6.2. Horizontal Axis Wind Turbine	10

2.7	Generator Wind Turbine	13
2.8	Generator Sinkron Magnet Permanen	15
2.9	Efisiensi Generator	16
2.10	Hubungan Daya Dengan Beban	17
2.11	Hubungan Efisiensi dan Daya Dengan Kecepatan Angin.....	17
BAB III		21
METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Peralatan dan Bahan	22
3.3	Metodologi Penelitian	22
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.5	Tahapan Penelitian	24
3.6	Rangkaian Pengukuran.....	24
3.6.1.	Rangkaian Pengukuran Tanpa Beban	24
3.6.2.	Rangkaian Pengukuran dengan Beban.....	25
3.7	Rencana Pengambilan Data.....	25
BAB IV		29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Umum.....	29
4.2	Pengujian Efisiensi Generator Pada Turbin Angin Tanpa Beban	30
4.3	Pengujian Efisiensi Generator Pada Turbin Angin Dengan Menggunakan Beban	33
4.4	Perhitungan dan Pengolahan Data.....	36
4.4.1	Perhitungan Daya Input.....	36
4.4.2	Perhitungan Nilai Torsi	37
4.4.3	Perhitungan Nilai Daya Keluaran	39
4.4.4	Data Daya Keluaran Berdasarkan Kurva Karakteristik Pabrik.....	41
4.4.5	Perhitungan Nilai Efisiensi Generator	41
4.5	Analisa dan Pembahasan	43
4.5.1	Hubungan Antara Kecepatan Angin dan Daya	43
4.5.2	Hubungan Antara Keadaan Berbeban dan Daya Keluaran	45
4.5.3	Hubungan Kecepatan Angin dan Keadaan Berbeban Dengan Efisiensi Generator.....	46

4.5.4 Hubungan Antara Daya Keluaran Dengan Karakteristik Pabrik dan Pengujian Langsung	48
BAB V	50
PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Konversi PLTB.....	8
Gambar 2.2	Vertical Axis Wind Turbine.....	10
Gambar 2.3	Horizontal Axis Wind Turbine.....	12
Gambar 2.4	Bagian Horizontal Axis Wind Turbine.....	12
Gambar 2.5	Komponen Wind Turbine.....	13
Gambar 2.6	Generator Magnet Permanen.....	15
Gambar 2.7	Luas Sapuan Turbin.....	18
Gambar 3.1	Diagram Rancangan Penelitian.....	23
Gambar 3.2	Rangkaian Pengukuran Tanpa Beban.....	24
Gambar 3.3	Rangkaian Pengukuran Beban.....	25
Gambar 4.1	Pengujian Turbin Angin dengan Blower.....	29
Gambar 4.2	Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban.....	31
Gambar 4.3	Alat Hitung Rpm.....	32
Gambar 4.4	Pengujian Turbin Angin dengan Lampu 9 Watt.....	33
Gambar 4.5	Pengujian Turbin Angin dengan Lampu 9 dan 15 Watt.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Jadwal Penelitian.....	22
Tabel 3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
Tabel 3.3.	Pengambilan Data Tanpa Beban.....	26
Tabel 3.4.	Pengambilan Data Tanpa Beban.....	26
Tabel 3.5.	Pengambilan Data Dengan Beban 9 Watt.....	27
Tabel 3.6.	Pengambilan Data Dengan Beban 15 Watt.....	27
Tabel 3.7.	Pengambilan Data Dengan Beban 24 Watt.....	28
Tabel 4.1.	Nameplate Turbin Angin.....	30
Tabel 4.2.	Data Tanpa Beban Secara Teori.....	32
Tabel 4.3.	Data Tanpa Beban.....	33
Tabel 4.4.	Data Dengan Beban 9 Watt.....	34
Tabel 4.5.	Data Dengan Beban 15 Watt.....	34
Tabel 4.6.	Data Dengan Beban 24 Watt.....	35
Tabel 4.7.	Perhitungan Daya Input Secara Teori.....	36
Tabel 4.8.	Perhitungan Torsi Tanpa Beban.....	38
Tabel 4.9.	Perhitungan Torsi Dengan Beban 9 Watt	38
Tabel 4.10.	Perhitungan Torsi Dengan Beban 15 Watt	38
Tabel 4.11.	Perhitungan Torsi Dengan Beban 24 Watt	39
Tabel 4.12.	Perhitungan Daya Keluaran Tanpa Beban	40
Tabel 4.13.	Perhitungan Daya Keluaran Dengan Beban 9 Watt	40
Tabel 4.14.	Perhitungan Daya Keluaran Dengan Beban 15 Watt	40
Tabel 4.15.	Perhitungan Daya Keluaran Dengan Beban 24 Watt	41
Tabel 4.16.	Daya Keluaran Berdasarkan Kurva Karakteristik	41
Tabel 4.17.	Perhitungan Nilai Efisiensi Tanpa Beban	42
Tabel 4.18.	Perhitungan Nilai Efisiensi Dengan Beban 9 Watt	42
Tabel 4.19.	Perhitungan Nilai Efisiensi Dengan Beban 15 Watt	43
Tabel 4.20.	Perhitungan Nilai Efisiensi Dengan Beban 24 Watt	43

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1.	Kecepatan Sudut.....	16
Rumus 2.2.	Daya Input.....	16
Rumus 2.3.	Daya Output.....	16
Rumus 2.4.	Daya Output.....	16
Rumus 2.5.	Efisiensi Generator.....	16
Rumus 2.6.	Efisiensi Generator.....	16
Rumus 2.7.	Energi Kinetik.....	17
Rumus 2.8.	Massa.....	17
Rumus 2.9.	Luas Penampang.....	18
Rumus 2.10.	Energi Kinetik.....	18
Rumus 2.11.	Daya Input.....	18
Rumus 2.12.	Daya Mekanik.....	19
Rumus 2.13.	Efisiensi Generator.....	19

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1.	Hubungan Kecepatan Angin dan Daya Keluaran	44
Grafik 4.2.	Hubungan Keadaan Berbeban dan Daya Keluaran.....	45
Grafik 4.2.	Hubungan Kecepatan Angin dan Keadaan Berbeban dengan Efisiensi Generator.....	46
Grafik 4.2.	Hubungan Daya Keluaran dengan Karakteristik Pabrik dan Pengujian Langsung.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan merupakan solusi yang menjanjikan di era saat ini melihat konsumsi energi listrik yang semakin meningkat, baik dari masyarakat maupun industri sementara ketersediaan bahan bakar fosil semakin sedikit. Menurut PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050 [1]. Hal ini mendorong pemerintah untuk terus berupaya mengoptimalkan potensi yang ada di Indonesia. Salah satu potensi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan ekonomis adalah energi angin. Menurut laporan Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE) Tahun 2018, pembangunan pembangkit tenaga angin berskala besar di Indonesia sudah mencapai 75 MW atau 56% dari target yang ingin dicapai (135 MW [2]). Pembangunan pembangkit dalam skala kecil pun sudah banyak diupayakan masyarakat Indonesia.

Energi angin dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan sistem konversi energi angin (*Wind Energy Conversion System/ WECS*) [3]. Komponen terpenting dalam WECS adalah generator. Jenis generator yang sering dipakai adalah generator sinkron magnet permanen atau *Permanent Magnet Synchronous Generator / PMSG*. Generator jenis ini memiliki keunggulan dapat berputar pada kecepatan rendah [4]. Penelitian tentang pengembangan PMSG terhadap sistem konversi energi angin telah banyak dilakukan diantaranya penelitian Iqbal Fajar S dari Universitas Teknologi Yogyakarta tahun 2019 mengenai analisa pengaruh pembebanan dan rpm terhadap performa generator menggunakan software magnet *infolytica* [4]. Namun, penelitian terkait pengujian secara langsung pada generator sinkron magnet permanen belum banyak dilakukan di Indonesia.

Berdasarkan penelitian Agus Supardi dari Universitas Muhammadiyah Surakarta tahun 2016 tentang pengaruh kecepatan putar dan beban terhadap keluaran generator induksi 1 fasa [5] dan penelitian dari Aliflah Felen tahun 2016 dari Universitas Jember tentang analisa kinerja motor induksi tiga fasa sebagai generator induksi tiga fasa dengan variasi beban [6], mendorong penulis untuk melakukan pengujian terhadap generator magnet permanen dengan variasi beban dan kecepatan angin pada *wind turbine* yang dalam hal ini menggunakan *horizontal wind turbine* yang ada di Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Teknik Elektro Universitas Sriwijaya guna melihat kinerja dari generator itu sendiri.

Maka dari itu, berdasarkan latar belakang diatas penulis akan mengangkat tugas akhir dengan judul “UJI PERFORMANSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN *HORIZONTAL WIND AXIS TURBINE* DENGAN VARIASI BEBAN DAN KECEPATAN ANGIN ”.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian sebelumnya [4] telah dibuat rancang generator dan pengujian menggunakan *software*. Hasil dari penelitian tersebut generator mendekati nilai optimal dengan efisiensi 82,8%. Pengujian secara langsung tanpa menggunakan *software* biasanya mendapatkan hasil yang berbeda, karena banyak faktor yang akan terjadi saat pengukuran. Oleh sebab itu penelitian ini mencoba melakukan pengujian terhadap generator secara langsung.

Pengujian performa generator sangat diperlukan untuk melihat seberapa optimal sebuah turbin angin bisa digunakan dimana kecepatan putar turbin terus bertambah dan seberapa besar efisiensi dari generator itu sendiri. Berdasarkan penelitian Aliflah [6], mesin yang di uji yaitu mesin induksi tiga fasa dan penelitian Agus Supardi [5] menggunakan generator induksi satu fasa. Penelitian kali ini melakukan pengembangan dengan menggunakan variabel-variabel pada kedua penelitian tersebut yaitu kecepatan angin dan variasi beban tetapi menggunakan generator sinkron magnet permanen pada *horizontal axis wind turbine* yang ada di Laboratorium Mesin-Mesin Listrik.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Menggunakan generator sinkron magnet permanen pada *horizontal axis wind turbine* dengan daya 600 Watt.
2. Beban yang digunakan hanya beban resistif.
3. Besarnya beban yaitu 9 Watt, 15 Watt dan 24 Watt.
4. Mengabaikan rugi-rugi pada generator.
5. Kecepatan putar didapatkan dari angin buatan yang bernilai 3,5 m/s, 4 m/s, 4,5m/s dan 5 m/s.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui adanya pengaruh kecepatan angin terhadap daya keluaran dari generator turbin angin.
2. Mengetahui seberapa besar daya keluaran dari generator dalam keadaan berbeban dan tak berbeban.
3. Menganalisa efisiensi generator dengan adanya variasi kecepatan angin dan beban yang diberikan.
4. Membandingkan antara spesifikasi generator dari karakteristik pabrik dan pengujian langsung.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas lima bab yang sistematis agar penulisan skripsi lebih terarah. Adapun susunan bab yang digunakan yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah pengambilan judul skripsi, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan tinjauan teori yang melandasi permasalahan pada penulisan skripsi. Dasar-dasar teori yang digunakan yaitu teori generator magnet permanen, efisiensi generator, teori beban resistif serta teori turbin angin poros horizontal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang lokasi dan waktu penelitian, penjelasan terkait alat dan bahan yang digunakan, metodologi penelitian, diagram alir penelitian, tahapan penelitian, rancangan pengukuran serta rencana pengambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan bahasan tentang pengumpulan dan pengolahan data mengenai analisis pengaruh variasi beban dan kecepatan angin terhadap generator magnet permanen *horizontal axis wind turbine* yang ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik serta melakukan analisa dari hasil yang didapat.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dapat digunakan pada penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Suharyati; Hesti Pambudi, Sadmoko; Wibowo, Jamaludin Lastiko; Pratiwi, *Indonesia Energy Outlook*, vol. 94. Jakarta Selatan: National Energy Council, 2019.
- [2] L. Ditjen, *Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) 2018*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, 2018.
- [3] I. S. Rifdian, "Analisa Unjuk Kerja Generator Sinkron Tiga Fasa dengan Penggerak Turbin Angin," no. 73, pp. 1–15.
- [4] I. F. Syahbana, "ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN DAN RPM TERHADAP PERFORMA GENERATOR WIND TURBINE MENGGUNAKAN SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO," 2019.
- [5] A. Supardi *et al.*, "PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN BEBAN TERHADAP," vol. 16, no. 01, 2013.
- [6] A. F. Diana Rosi, "Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu Fasa dengan Variasi Beban," 2016.
- [7] Q. H. Nagpurwala, "Wind Turbines," M.S. Ramaiah School of Advanced Studies.
- [8] A. Aissaoui, Abdel Ghani; Tahour, *Wind Turbines: Design, Control and Applications*, vol. 1, no. 4. Canada: ExLi4EvA, 2016.
- [9] I. Ikhsan and A. Hipi, "Analisis Pengaruh Pembebanan terhadap kinerja kincir angin tipe propeller pada wind tunnel sederhana," *Jur. Mesin Fak. Tek. Univ. Hasanudin. Makassar*, 2011.
- [10] A. M. Eltamaly, "Introduction to Wind Energy Systems," Arab Saudi: King Saud University, p. 97.
- [11] T. Geek, "Wind Turbines," pp. 1–7, 2006.
- [12] P. Jain, *Wind Energy Engineering*. McGraw-Hill Companies, 2011.
- [13] W. Dwi Prasetyo, "Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet

- Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM,” *J. Ilm. SETRUM*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [14] E. Mourabit *et al.*, “Implementation and validation of backstepping control for PMSG wind turbine using dSPACE controller board,” vol. 5, pp. 807–821, 2019.
- [15] Z. Anthony, *Mesin Listrik Arus Bolak Balik*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2013.
- [16] S. M. Salih, “Performance Analysis of Wind Turbine Systems under Different Parameters Effect,” no. December, 2014.
- [17] Rizky Sitha, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Kelurahan Sei Lais Kota Palembang,” 2017.