

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PEMANFAATAN *WIND TURBINE* MODEL *VAWT* SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF**



MOCHAMMAD NOR IKSAN
0921009107

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PEMANFAATAN *WIND TURBINE* MODEL *VAWT* SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF**



MOCHAMMAD NOR IKSAN
0921009107

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mochammad Nor Iksan
Nomor Induk Taruna : 09.21.009.1.07
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

PEMANFAATAN *WIND TURBINE* MODEL *VAWT* SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 29 Juli 2025



Mochammad Nor Iksan
NIT. 09.21.009.1.07

Surabaya, 3 DESEMBER 2024

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 3 DESEMBER 2024

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be "S. J." or similar, written over a horizontal line.

07172

Capt. FIRDAUS SITEPU, S.ST., M.Si., M.Mar.
NIP. 197807172005021001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.
NIP. 198005172005021003

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : PEMANFAATAN *WIND TURBINE* MODEL *VAWT*
SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
KELISTRIKAN KAPAL
Nama : MOCHAMMAD NOR IKSAN
NIT : 0921009107
Jenis Tugas Akhir : Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya Tulis Ilmiah*
Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 29 JULI 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



DIANA ALIA, S.T., M.Eng
NIP. 199106062019022003



Capt. FIRDAUS SITEPU, S.ST., M.Si., M.Mar.
NIP. 197807172005021001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PEMANFAATAN *WIND TURBINE* MODEL *VAWT* SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF**

Disusun oleh:

MOCHAMMAD NOR IKSAN
NIT. 0921009107

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 13 Januari 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



HENNA NURDIANSARI,
S.T., M.T., M.Sc.
Penata (III/d)
NIP. 198512112009122003

Dosen Penguji II



JAKA SEPTIAN K., S.Si.
X
NIP. 199209122023211025

Dosen Penguji III



DIANA ALIA, S.T, M.Eng
Penata (III/c)
NIP. 199106062019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
Penata/Tk. I (III/d)
NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PEMANFAATAN *WIND TURBIN* MODsEL *VAWT* SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF**

Disusun oleh:

MOCHAMMAD NOR IKSAN

NIT. 0921009107

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 7 Agustus 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



HENNA NURDIANSARI, ST., MT., M.Sc.
NIP. 198512112009122003

Dosen Penguji II



JAKA SEPTIAN K. S.Si., M.Si.
NIP. 199209122023211025

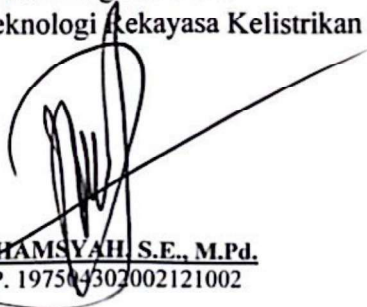
Dosen Penguji III



DIANA ALIA, S.T, M.Eng.
NIP. 199106062019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi ~~Kekayasa~~ Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

Mochammad Nor Iksan, Pemanfaatan *wind turbine* model *vawt* sebagai energi alternatif. Dibimbing oleh Diana Alia S.T, M.Eng. dan Capt. Firdaus Sitepu, SST., M. Si., M. Mar.

Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang proses pembentukannya terjadi secara berkelanjutan sehingga ketersediaannya mlimpah dan tidak pernah habis. Contoh-contoh sumber energi terbarukan adalah energi matahari, energi dari biomassa, energi angin, gravitasi air, energi panas bumi, energi gelombang dan lain-lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi dan desain bentuk ideal dari turbin angin bersumbu vertikal atau *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan. Dengan meningkatnya kebutuhan energi dan konsekuensi negatif penggunaan energi fosil, muncul keinginan untuk mencari sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Pengujian yang telah dilakukan di dua wilayah berbeda menunjukkan hasil yang berbeda pula, hal ini dipengaruhi oleh letak geografis suatu wilayah. Berdasarkan hasil dari pengujian yang dilakukan, pengujian di wilayah Nganjuk mampu menghasilkan daya 13,2 w/h dan 9.9 w/h di wilayah Surabaya. Desain spiral memudahkan turbin dalam menangkap angin dari berbagai arah dan mengurangi terbuangnya angin yang lewat sehingga mampu memaksimalkan turbin untuk memutar rotor pada generator.

Kata Kunci : *Wind Turbine, VAWT*, Desain turbin

ABSTRACT

Mochammad Nor Iksan Utilization of Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Model as an Alternative Energy Source. Supervised by Diana Alia, S.T., M.Eng. and Capt. Firdaus Sitepu, SST., M.Si., M.Mar.

Renewable energy sources are energy sources that are formed continuously, so their availability is abundant and inexhaustible. Examples of renewable energy sources include solar energy, biomass energy, wind energy, hydropower, geothermal energy, wave energy, and others. The purpose of this research is to evaluate the efficiency and ideal design of a vertical axis wind turbine (VAWT) as a sustainable alternative energy source. With the increasing demand for energy and the negative consequences of using fossil fuels, there is a desire to find more environmentally friendly renewable energy sources. Tests conducted in two different regions showed varying results, which were influenced by the geographical location of the area. Based on the results of the tests conducted, the test in the Nganjuk area was able to generate 13.2 w/h of power, while the Surabaya area generated 9.9 w/h. The spiral design makes it easy for the turbine to capture wind from various directions and reduces wasted wind, thus maximizing the turbine's ability to turn the rotor on the generator.

Keywords : *Wind Turbine, VAWT, Design turbine*

KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas penelitian tentang Pemanfaatan *Wind Turbine* Model *VAWT* Sebagai Energi Alternatif dapat dilaksanakan.

Karya Ilmiah Terapan (KIT) merupakan salah satu persyaratan baku taruna untuk menyelesaikan studi program Sarjana Terapan tingkat IV dan wajib diselesaikan pada periode yang ditetapkan. KIT merupakan proses penyajian keadaan tertentu yang dialami taruna pada saat melaksanakan praktek laut ketika berada di atas kapal.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa, susunan kalimat, maupun cara penulisan serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam penguasaan materi, waktu dan data-data yang diperoleh.

Untuk itu peneliti senantiasa menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penelitian karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, olehnya itu peneliti mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya, khususnya kepada kedua orang tua dan saudara tercinta serta senior-senior yang selalu memberi dukungan baik moril maupun material serta kepada:

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dirhamsyah S.E., M.Pd. Selaku Ketua Prodi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal.
3. Ibu Diana Alia S.T., M.Eng., Selaku dosen pembimbing materi pertama saya.
4. Capt. Firdaus Sitepu S.ST., M.Si., M.Mar. Selaku dosen pembimbing materi kedua saya.
5. Bapak/Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, Saya sadar bahwa dalam penelitian karya ilmiah terapan ini masih terdapat banyak kekurangan.
6. Kedua orang tua saya yang telah mendukung peneliti untuk menyelesaikan pendidikan dan penyelesaian KIT.
7. Teman-teman semua yang telah membantu dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan untuk menyelesaikan KIT.
8. Seluruh crew MV. Mumtaz 2023 - 2024 dimana penulis melaksanakan praktek layar.
9. Semua pihak yang tidak dapat taruna sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian karya ilmiah terapan ini.

Terimakasih kepada beliau dan semua pihak yang telah membantu, semoga semua amal dan jasa baik mereka dapat imbalan dari Allah SWT dan semoga proposal ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya, 30 Juli 2025

Mochammad Nor Iksan

DAFTAR ISI

KARYA ILMIAH TERAPAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori	7
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Perancangan Sistem	18
B. Model/Perancangan alat/software/desain	19

C. Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	23
A. Uji Coba Produk	23
B. Analisa Data	37
C. Kajian Produk.....	44
BAB V PENUTUP.....	46
A. Simpulan	46
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. <i>Review Penelitian</i>	6
Tabel 3. 1. Perangkat Penelitian	18
Tabel 3. 2. Perangkat Penunjang.....	19
Tabel 4. 1. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-1	26
Tabel 4. 2. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-2	27
Tabel 4. 3. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-3	27
Tabel 4. 4. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-4	28
Tabel 4. 5. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-5	29
Tabel 4. 6. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-6	30
Tabel 4. 7. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Surabaya Hari Ke-7	30
Tabel 4. 8. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-1	31
Tabel 4. 9. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-2	32
Tabel 4. 10. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-3	33
Tabel 4. 11. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-4	34
Tabel 4. 12. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-5	34
Tabel 4. 13. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-6	35
Tabel 4. 14. Tabel Pengujian <i>Output</i> di Nganjuk Hari Ke-7	36
Tabel 4. 15. Perbandingan Daya Rata-Rata	40
Tabel 4. 16. Pengujian selama 1x24 Jam.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Rotasi Bangun.....	8
Gambar 2. 2. <i>Wind Turbine VAWT</i>	10
Gambar 2. 3. Baterai / Aki.....	11
Gambar 3. 1. Perancangan Sistem.....	18
Gambar 3. 2. Desain alat	19
Gambar 3. 3. Model/Perancangan alat/ <i>Flowchart</i>	20
Gambar 4. 1. Desain <i>Wind Turbine</i>	24
Gambar 4. 2. Pengujian Turbin	24
Gambar 4. 3. <i>Output</i> (a) Arus dan (b) Tegangan	25
Gambar 4. 4. Pengukuran Baterai	37
Gambar 4. 5. <i>Output</i> (a) Kecepatan (b) Waktu dan Tegangan di Surabaya	38
Gambar 4. 6. <i>Output</i> (a) Kecepatan (b) Waktu dan Tegangan di Nganjuk	39
Gambar 4. 7. Pengujian selama Satu Hari Penuh	43

DAFTAR LAMPIRAN

Persamaan Kepadatan Tenaga Angin (2. 1)	8
Persamaan Daya Rotor (2. 2).....	15
Persamaan Kecepatan Rotor (2. 3)	15
Persamaan Daya Generator (2. 4).....	15
Persamaan Daya yang ditransfer (2. 5)	16
Persamaan Daya Kurang Negatif (2. 6)	16
Persamaan Daya yang Hilang pada Stator (2. 7).....	16
Persamaan Daya Negatif di Terminal Generator (2. 8)	16
Persamaan Efisiensi Keseluruhan Generator (2. 9)	16
Persamaan Faktor Daya (2. 10)	16
Persamaan Daya (3. 1)	21
Persamaan Daya Rata - Rata (3. 2).....	21
Persamaan Lama Pengisian Arus (3. 3)	22

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanasan global dan perubahan iklim akibat penggunaan energi fosil telah memicu dampak yang nyata yang mana ketersediaannya sangatlah terbatas dan terus menerus mengalami penipisan. Energi terbarukan harus diupayakan karena energi ini bersifat tak terbatas dan bisa menjadi alternatif energi bagi masyarakat. Secara umum sumber energi dibagi menjadi dua, yaitu sumber energi tak terbarukan dan sumber energi terbarukan. Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang ketersediaannya terbatas dan tidak terjadi proses pembentukan kembali di alam yang proses pembentukannya memerlukan waktu yang sangat lama, sehingga kemungkinan akan habis jika digunakan secara terus-menerus. Contoh sumber energi tak terbarukan adalah energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang proses pembentukannya terjadi secara berkelanjutan sehingga ketersediaannya melimpah dan tidak pernah habis. Contoh-contoh sumber energi terbarukan adalah energi matahari, energi dari biomassa, energi angin, gravitasi air, energi panas bumi, energi gelombang dan lain-lain. Energi angin bisa menjadi salah satu alternatif, berbeda dengan energi air, energi angin dapat dimanfaatkan di dataran tinggi, lereng, bahkan di laut. (Fitriani *et al.*, 2024)

Salah satu bentuk teknologi alternatif adalah turbin angin. Turbin angin merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengubah energi kecepatan

angin menjadi energi mekanik dan berfungsi sebagai generator (Lathifah, . and ., 2023). Masih tingginya ketergantungan terhadap energi fosil di Indonesia menjadi pekerjaan rumah bagi pemerintah dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dengan cara meningkatkan pemanfaatan dan pengembangan sumber energi baru dan energi terbarukan (EBT) di sektor ketenagalistrikan, dengan tetap menjaga ketahanan energi nasional.

Indonesia telah mencanangkan program menuju Net Zero Emission (NZE) pada visi RPJPN 2025-2045 yang menjadi salah satu fokus pemerintah dalam transisi energi pada proyek-proyek Energi Baru Terbarukan (EBT). Kendati demikian, pengembangan sektor EBT di Indonesia masih merekam beberapa daftar kendala yang cukup signifikan.

Keterbatasan akan dana dan daya tarik investasi menjadi urgensi utama pemerintah dalam pengembangan teknologi EBT yang memadai (Hessy Oktiarifadah, Charisa Dwi Santika and Fathia Ariandini Zulhian, 2024). Hal ini disebabkan juga oleh minimnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat tentang manfaat energi terbarukan.

Berdasarkan literature di atas, Dirancang peneltian tentang pemanfaatan turbin angin sebagai bantuan pengurangan penggunaan energi fosil yang tak terbarukan. Secara umum terdapat dua jenis turbin angin yaitu *Horizontal Axis Turbine (HAWT)* dan *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*. *HAWT* memiliki sumbu rotasi sejajar degan arah mata angin banyak digunakan pada skala besar karena efisiensinya dalam menangkap energi aliran angin yang stabil dan kencang. Sedangkan *VAWT* memiliki struktur rotasi tegak lurus terhadap arah angin sehingga lebih mudah menangkap aliran arah angin yang datang dari

berbagai arah dan desain yang praktis cocok digunakan pada ruang terbatas seperti di lingkungan perumahan karena bentuk dan letaknya yang mudah untuk dijangkau sehingga memudahkan ketika melakukan perawatan

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa daya yang mampu dihasilkan pada sistem EBT berdasarkan perancangan arsitektur turbin?
2. Bagaimana rancang bangun *prototype* dapat optimal untuk menghasilkan putaran yang maksimal?

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, beberapa batasan masalah yang diterapkan meliputi:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada hasil energi yang dihasilkan oleh turbin angin.
2. Studi ini dibatasi dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti lokasi, kecepatan angin dan iklim atau kondisi geografis dan tidak dianalisis secara mendetail.
3. Penelitian ini hanya mencakup tentang produksi dan perawatan.
4. Kinerja turbin angin hanya dianalisis berdasarkan efisiensi energi angin menjadi listrik.
5. Penelitian ini tidak melakukan pengujian fisik secara mendetail melainkan menggunakan studi literatur dan data yang tersedia

6. Penelitian ini berfokus pada penghasilan daya dan pemanfaatan daya secara prototype
7. Penelitian ini hanya menggunakan satu jenis turbin yaitu *Vertical Axis Wind Turbin (VAWT)*

Dengan adanya batasan masalah ini, penelitian akan terfokus pada aplikasi dan turbin angin sebagai pemahaman yang lebih mendalam tentang pemanfaatan energi terbarukan di lingkungan masyarakat.

D. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini bertujuan dan mengarah pada:

1. Menganalisis dan menghitung potensi daya yang dihasilkan oleh sistem EBT (Energi Baru Terbarukan) berdasarkan perancangan arsitektur turbin yang telah dibuat.
2. Mengevaluasi dan mengoptimalkan rancang bangun prototipe turbin untuk mencapai putaran rotor yang maksimal dan stabil, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penghasilan daya.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan membantu menyediakan energi alternatif yang ramah lingkungan dan hemat biaya dengan menggunakan teknologi turbin angin, yang berpotensi mengurangi emisi karbon dan dampak perubahan iklim.

Dengan fokus pada efisiensi dan aksesibilitas, teknologi ini dapat diterapkan di daerah terpencil di mana jaringan listrik sulit dijangkau, sehingga memberikan akses energi yang stabil dan mandiri bagi masyarakat lokal.

Penelitian ini tidak hanya akan mendukung inovasi di sektor energi terbarukan, tetapi juga memberikan landasan ilmiah bagi kebijakan energi berkelanjutan, meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat, terutama di daerah dengan akses energi yang minim.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Review penelitian merupakan kumpulan dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai teori dari sumber yang dijadikan dasar dari pada penelitian. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji efisiensi dan pengembangan sistem *monitoring* energi terbarukan berbasis *Wind Turbine*. Adapun *review* penelitian sebelumnya dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2. 1.

Tabel 2. 1. Review Penelitian
Sumber : Dokumen Penelitian

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
1.	Rosato, Perrota, Maffei 2024	<i>Commercial Small-Scale Horizontal and Vertical Wind Turbines: A Comprehensive Review of Geometry, Materials, Costs and Performance</i>	Dalam tinjauan ini, analisis komprehensif dan terkini dari lebih dari 200 model turbin angin horizontal dan vertikal skala kecil yang tersedia secara komersial telah disediakan dibedakan antara turbin angin sumbu vertikal dan horizontal menurut posisi sumbu turbin angin.	Dalam penelitian ini peneliti mengambil fokus pada wind turbin model <i>Vertical Axis Wind Turbin (VAWT)</i> karena menurut peneliti <i>wind turbin</i> model <i>VAWT</i> lebih mudah untuk melakukan perawatan dan lebih efisien digunakan dalam lingkup masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah mencari solusi alternatif untuk masyarakat agar mampu mengurangi penggunaan energi fosil dan mulai beralih pada energi baru terbarukan.
2.	Anisah Nurul Izzah dan Tri Yogi Yuwono	Studi Eksperimen Kinerja Turbin Angin Savonius yang Terintegrasi dengan Gedung dengan Posisi Sudut Advancing Dekat Dinding pada Jarak $G/D = 1,58$	Berdasarkan hasil dari eksperimen kinerja turbin angin Savonius yang terintegrasi dengan gedung yang diletakkan di dekat advancing blade dengan rasio jarak G/D bernilai 1,58, dengan variasi	Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya peneliti mengambil beberapa hasil tetapi peneliti hanya akan berfokus pada hasil yang mampu dihasilkan oleh <i>wind turbin</i> itu sendiri, apakah mampu menghasilkan daya yang mencapai 12VDC untuk mengisi daya baterai.

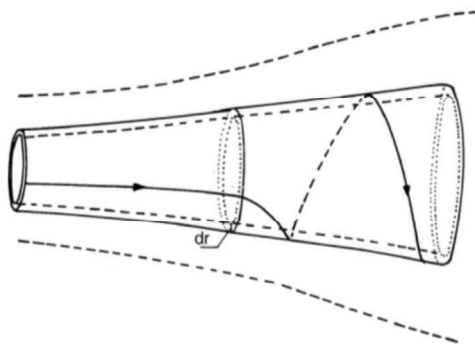
No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
			kecepatan angin sebesar 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 (m/s)	
3.	Hegi Putra Pratama, Diana Alia, Maulidiah Rahmawati 2024	Rancang Bangun Low-Cost Wind Turbine Untuk Pengisian Baterai	Dalam penelitian ini model yang digunakan mampu menghasilkan tegangan rata-rata terbesar 73,8 Wh.	Jika pada penelitian sebelumnya lebih berfokus pada <i>wind turbine</i> jenis <i>Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)</i> kali ini peneliti akan berfokus pada jenis <i>Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)</i> dengan jenis baling-baling Savonius

B. Landasan Teori

Landasan teori mengenai pemanfaatan *Wind turbine VAWT* sebagai energi alternatif dalam lingkungan masyarakat mengacu pada pemanfaatan perubahan energi alam menjadi energi terbarukan dengan memanfaatkan energi rotasi kinetik. Energi rotasi kinetik pada turbin angin adalah energi yang dihasilkan ketika bilah turbin berputar akibat gaya angin, mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik putaran. Energi putaran ini kemudian digunakan untuk menggerakkan generator yang menghasilkan energi listrik. Secara umum, energi kinetik turbin angin akan lebih tinggi jika torsi yang dihasilkan lebih tinggi. Jadi, turbin angin yang berjalan lambat (dengan kecepatan rotasi rendah dan torsi tinggi) mengalami lebih banyak kerugian rotasi bangun daripada mesin angin berkecepatan tinggi dengan torsi rendah (Ummah, 2019).

Momentum sudut atau momentum angular pada turbin angin berkaitan dengan bagaimana putaran bilah turbin mempengaruhi putaran rotor dan, pada akhirnya, menghasilkan energi listrik. Momentum sudut ini penting untuk memahami bagaimana perubahan kecepatan rotasi, distribusi massa bilah, atau

momen inersia (inersia putar) akan mempengaruhi sistem turbin angin secara keseluruhan. Dalam analisis sebelumnya yang menggunakan teori momentum linier, diasumsikan bahwa tidak ada rotasi yang diberikan pada aliran. Analisis sebelumnya dapat diperluas ke kasus di mana rotor yang berputar menghasilkan momentum sudut, yang dapat dikaitkan dengan torsi rotor. Dalam kasus rotor turbin angin yang berputar, aliran di belakang rotor berputar ke arah yang berlawanan dengan rotor, sebagai reaksi terhadap torsi yang diberikan oleh aliran pada rotor (Ummah, 2019). Model tabung aliran melingkar dari aliran ini, yang menggambarkan rotasi bangun, ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1. Rotasi Bangun

Sumber : https://ee.tlu.edu.vn/Portals/0/2018/NLG/Sach_Tieng_Anh.pdf

Tenaga total yang dihasilkan oleh aliran angin sama dengan laju energi kinetik dari aliran angin yang datang, yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$P = 0,5 \times \rho \times A \times V^3 \quad (2. 1)$$

Keterangan:

P = Kepadatan tenaga angin (Watt/m²)

ρ = Kepadatan udara (kg/m³)

A = Luas penampang melintang daerah yang diterjang oleh angin (m²)

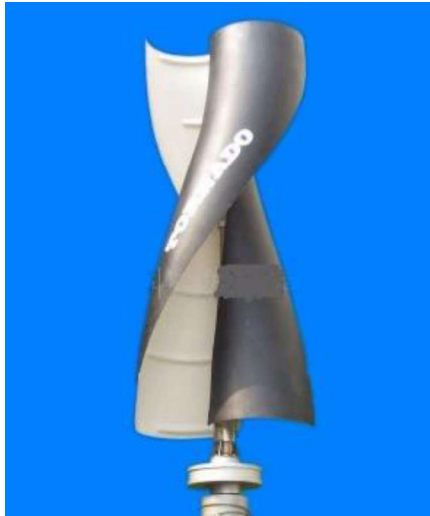
V = Kecepatan angin (m/s)

Rumus ini digunakan untuk menghitung jumlah energi yang terkandung dalam aliran angin pada suatu luas penampang (Fadilah, Soetanto and Kunci, 2024).

Berikut beberapa komponen - komponen yang diperlukan dalam pembuatan karya ilmiah terapan:

1. Bilah *Wind turbine*

Energi angin adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang dihasilkan dari pergerakan udara di atmosfer. Turbin angin merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengubah energi kecepatan angin menjadi energi mekanik dan berfungsi sebagai generator (Lathifah, . and ., 2023). Terdapat dua jenis turbin angin *Horizontal Axis Turbine (HAWT)* dan *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*. *HAWT* lebih digunakan dalam skala besar sedangkan *VAWT* sering digunakan dan cocok untuk diaplikasikan pada lingkungan masyarakat atau daerah pemukiman penduduk karena mampu menangkap aliran angin dari berbagai arah, memiliki desain yang praktis, efisiensi pada kecepatan angin yang rendah dan lebih aman karena dibangun tidak terlalu tinggi dari permukaan tanah sehingga mudah melakukan perawatan serta mendukung penerapan energi terbarukan yang praktis dan ramah lingkungan. Dalam penelitian kali ini penulis menggunakan bahan plastik.



Gambar 2. 2. *Wind Turbine VAWT*

Sumber : <https://id.pinterest.com/pin/304978206035951628/>

2. Baterai

Baterai Lead Acid atau aki adalah sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengecasan kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel (Firdausi, 2020).

Terdapat dua jenis aki yaitu aki kering atau *MF (Maintennace Free)* yang tidak perlu perawatan karena berisi gel elektrolit yang disegel dan tidak mudah menguap sedangkan aki basah menggunakan elektrolit yang berupa cairan sehingga harus sesekali dilakukan pengecekan dan pengisian jika cairan elektrolit berkurang.



Gambar 2. 3. Baterai / Aki

Sumber : <https://www.inews.id/>

3. *Battery Charging Controller (BCC)*

Charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah dari panel turbin angin ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik atau beban (Latifah *et al.*, 2024). Alat ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya digunakan untuk melindungi baterai. Pengisi baterai atau BCC adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah DC yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. BCC mengatur *over charging* (kelebihan pengisian dan kelebihan tegangan *overvoltage*) dari *Wind Turbine*. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Output yang dihasilkan oleh *wind turbine* tentunya tidak selalu stabil dikarenakan factor alam dimana angin yang tidak bisa dipastikan kekuatannya. Jadi tanpa BCC, kemungkinan baterai akan rusak lebih tinggi karena *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 13 – 14,7 VDC.



Gambar 2. 3. Battery Charging Controller (BCC)

Sumber : <https://kerychip.com>

4. Generator

Pada *wind turbin* generator berfungsi untuk mengonversi energi kinetik yang dihasilkan oleh angin yang memutar rotor turbin menjadi energi listrik. Generator memutar kumparan di dalam medan magnet permanen dengan perubahan garis gaya magnet dengan dihubungkan dengan cincin geser, kumparan kumparan menimbulkan GGL induksi AC (Mustopa, Furqon and Sidiq, 2022). Arus listrik yang dihasilkan biasanya berupa arus bolak-balik (AC), dan perlu disearahkan menjadi arus searah (DC) sesuai kebutuhan yg diinginkan. Aspek penting dari desain turbin angin poros vertical ini adalah interaksi antara daya yang dihasilkan oleh turbin dan efisiensi daya generator dalam mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Chalimah *et al.*, 2024).



Gambar 2. 4. Alternator

Sumber : <https://arthurteknik.com/>

5. Konverter

Konverter AC ke DC, sering disebut penyearah (*rectifier*), adalah perangkat atau rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Proses ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik, seperti pengisian baterai, *power supply* untuk perangkat elektronik.



Gambar 2. 5. Konverter AC ke DC

Sumber : <https://de.aliexpress.com/>

6. *Buck Boost Converter*

Tegangan yang dihasilkan oleh angin tidak dapat langsung digunakan karena tegangan dihasilkan fluktuatif bergantung pada kecepatan angin sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik atau dalam sistem penyimpanan baterai. Buck-boost converter adalah konverter DC (Direct Current) yang output tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan input, dan juga tegangan outputnya selalu bernilai negatif. Ketika tegangan input stabil mendekati tegangan yang diinginkan, maka akan beroperasi dalam mode buck-boost (Achmad and Nugraha, 2022).



Gambar 2. 6. Buck Boost Converter

Sumber : <https://www.solarbotics.com/>

7. *Prediksi Kurva Daya*

Metode yang digunakan dalam memprediksi kurva daya untuk turbin angin kecepatan tetap dan pitch tetap adalah dengan mencocokkan daya keluaran rotor sebagai fungsi kecepatan angin dan kecepatan putar dengan daya yang dihasilkan oleh generator, juga sebagai fungsi kecepatan putar.

$$P_{rotor} = C_p \eta \frac{1}{2} \rho \pi R^2 U^3 \quad (2. 2)$$

Daya rotor sebagai fungsi kecepatan rotasi diprediksi untuk serangkaian kecepatan angin dengan menerapkan estimasi untuk koefisien daya, koefisien daya (C_p) sebagai fungsi rasio kecepatan ujung, dan karenanya rpm.

Dimana η = efisiensi sistem penggerak, ρ = kepadatan udara, R = radius rotor, dan U = kecepatan angin.

Kecepatan rotor, n_{rotor} , dalam rpm ditemukan dari rasio kecepatan ujung, λ :

$$n_{rotor} = \frac{1}{\pi} \lambda \frac{U}{R} \quad (2. 3)$$

Generator induksi berputar pada kecepatan yang hampir tetap, yang terutama ditentukan oleh jumlah kutub dan frekuensi jaringan listrik, tetapi juga oleh tingkat daya. Untuk operasi normal, daya bervariasi secara langsung dengan 'slip', hubungan ini juga dapat dinyatakan sebagai :

$$P_{generator} = \frac{g n_{rotor} - n_{sync}}{n_{rated} - n_{sync}} P_{rated} \quad (2. 4)$$

Di mana $P_{generator}$ adalah daya generator, g adalah rasio gearbox, P_{rated} adalah daya generator terukur, n_{sync} adalah kecepatan sinkron generator, dan n_{rated} adalah kecepatan generator pada daya terukur

8. Teori Operasi Mesin Induksi

Kerugian listrik dan magnetik pada rotor mengurangi daya yang dapat ditransfer dari rotor melalui celah udara ke stator. Daya yang ditransfer, P_g ,

adalah:

$$P_g = I_R^2 I_R' \frac{1-s}{s} + I_R^2 I_R' \quad (2. 5)$$

$I_R^2 I_R'$ adalah kehilangan daya listrik pada rotor, membuat P_g kurang negatif dari P_m , dengan demikian :

$$P_g = \frac{P_m}{1-s} \quad (2. 6)$$

Daya yang hilang pada stator adalah

$$P_{\text{loss}} = I_R^2 R_s \quad (2. 7)$$

Daya yang disalurkan (negatif) di terminal generator, P_{out} , adalah:

$$P_{\text{out}} = P_g + P_{\text{loss}} \quad (2. 8)$$

Efisiensi keseluruhan (dalam mode generator), η_{gen} , adalah:

$$\eta_{\text{gen}} = -\frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \quad (2. 9)$$

Faktor daya, PF (yang selalu tertinggal dalam mesin induksi) adalah rasio daya nyata terhadap daya semu:

$$PF = \frac{-P_{\text{out}}}{VI} \quad (2. 10)$$

9. Ringkasan Hubungan Skala

<i>Quantity</i>	<i>Symbol</i>	<i>Relation</i>	<i>Scale dependence</i>
<i>Power, forces, and moments</i>			
<i>Power</i>	P	$P_1 / P_2 = (R_1 / R_2)^2$	$\sim R^2$
<i>Torque</i>	Q	$Q_1 / Q_2 = (R_1 / R_2)^3$	$\sim R^3$

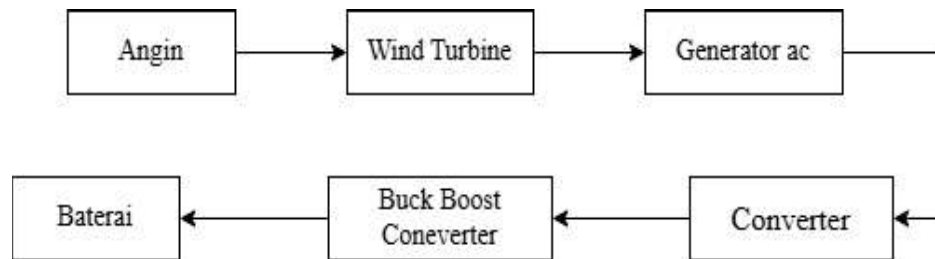
<i>Quantity</i>	<i>Symbol</i>	<i>Relation</i>	<i>Scale dependence</i>
<i>Thrust</i>	T	$T_1 / T_2 = (R_1 / R_2)^2$	$\sim R^2$
<i>Rotational speed</i>	Ω	$\Omega_1 / \Omega_2 = (R_1 / R_2)^1$	$\sim R^{-1}$
<i>Weight</i>	W	$W_1 / W_2 = (R_1 / R_2)^3$	$\sim R^3$
<i>Aerodynamic moments</i>	M_A	$M_{A,1} / M_{A,2} = (R_1 / R_2)^3$	$\sim R^3$
<i>Centrifugal forces</i>	F_C	$F_{C,1} / F_{C,2} = (R_1 / R_2)^2$	$\sim R^2$
Stresses			
<i>Gravitational</i>	σ_g	$\sigma_{g,1} / \sigma_{g,2} = (R_1 / R_2)^1$	$\sim R^1$
<i>Aerodynamic</i>	σ_A	$\sigma_{A,1} / \sigma_{A,2} = (R_1 / R_2)^0 = 1$	$\sim R^0$
<i>Centrifugal</i>	σ_C	$\sigma_{C,1} / \sigma_{C,2} = (R_1 / R_2)^0 = 1$	$\sim R^0$
Resonances			
<i>Natural frequency</i>	ω	$\omega_{n,1} / \omega_{n,2} = (R_1 / R_2)^1$	$\sim R^{-1}$
<i>Excitation</i>	Ω / ω	$(\Omega_1 / \omega_{n,1}) / (\Omega_2 / \omega_{n,2}) = (R_1 / R_2)^0 = 1$	$\sim R^0$
<i>Note: R, radius</i>			

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penulis menganggap metode ini sangat cocok karena penelitian ini melakukan pengembangan sebuah alat dan melakukan penelitian berupa eksperimen untuk menguji efektivitas suatu alat (*prototype*). Berikut perencanaan alat yang akan dibuat :



Gambar 3. 1. Perancangan Sistem
Sumber : Dokumen Penelitian

Berdasarkan blok diagram di atas, Angin berhembus memutar bilah turbin yang dimana shaft turbin dikopel dengan rotor pada generator dan akan berputar sehingga menghasilkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan adalah tegangan AC kemudian diubah menjadi DC oleh converter dan dinaikan tegangannya oleh modul *Buck Boost Converter* kemudian digunakan mengisi baterai.

Adapun perangkat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3. 1.

Tabel 3. 1. Perangkat Penelitian
Sumber : Dokumen Penelitian

No.	Nama Perangkat	Banyak
1.	<i>Wind Turbine</i>	1 Buah
2.	BCC	1 Buah
3.	Baterai	1 Buah

No.	Nama Perangkat	Banyak
4.	<i>Buck Boost Converter</i>	1 buah
5.	Konverter	1 buah
6.	Generator	1 buah

Selain perangkat yang digunakan pada tabel 3.1, juga terdapat beberapa perangkat penunjang yang ditunjukkan pada tabel 3.2.

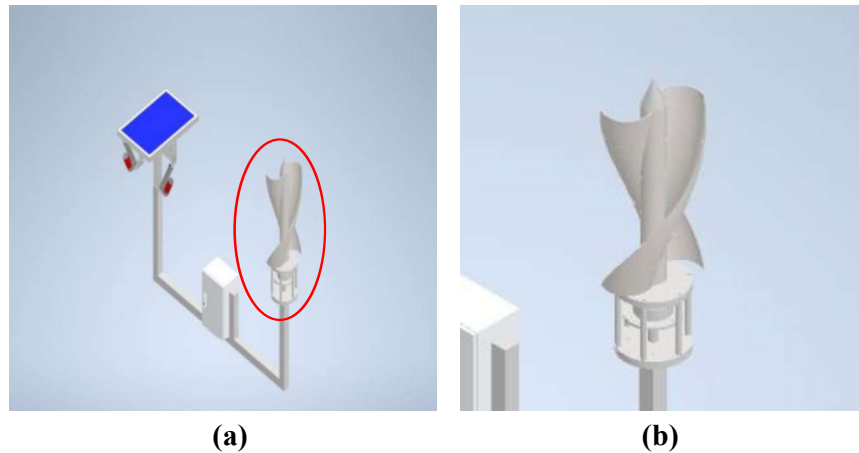
Tabel 3.2. Perangkat Penunjang

Sumber : Dokumen Penelitian

No	Nama Perangkat	Banyak
1.	Beban	Secukupnya
2.	Kabel	Secukupnya
3.	Alat – alat Ukur	Secukupnya

B. Model/Perancangan alat/software/desain

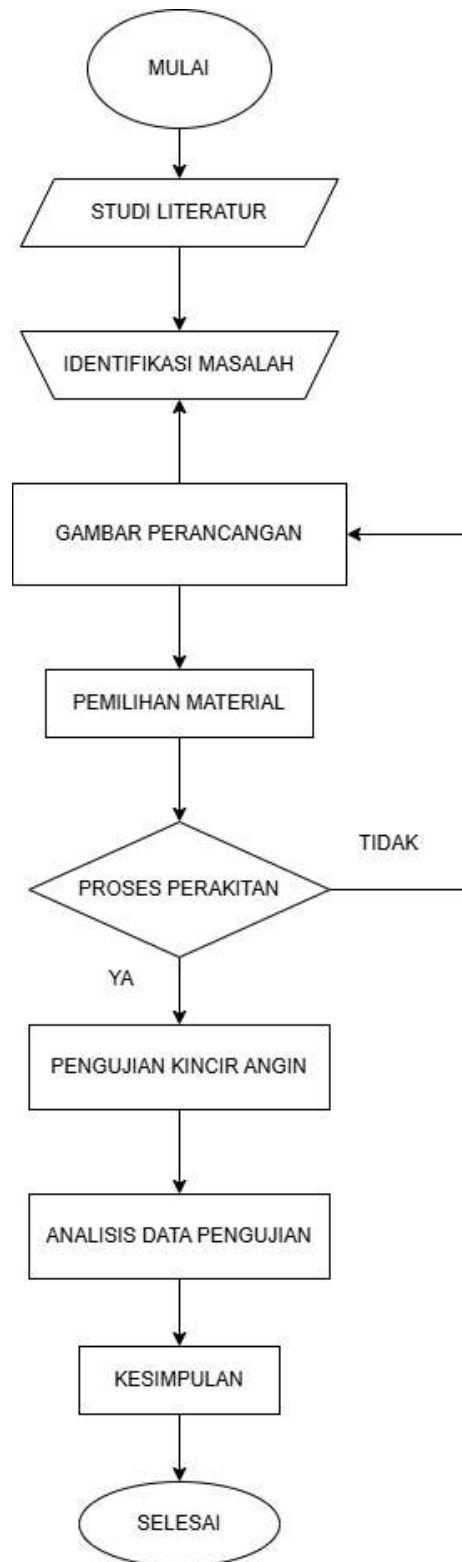
Berikut desain keseluruhan yang akan dirancang oleh penulis.



Gambar 3. 2. Desain alat

Sumber : Dokumen Penelitian

Desain keseluruhan yang dirancang oleh penulis seperti pada gambar 3.2. *wind turbine* akan bersebelahan dengan panel surya dengan panel pengontrol terdapat di tengah. Untuk memahami alur proses pembuatan *wind turbine* akan di jelaskan pada *flowchart* berikut.



Gambar 3. 3. Model/Perancangan alat/*Flowchart*
Sumber : Dokumen Penelitian

C. Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk

Rencana pengujian ini akan dilakukan di Surabaya dengan durasi selama 4 minggu. Selama pengujian faktor – faktor eksternal seperti kondisi cuaca. Rencana pengujian ini bertujuan memperoleh data yang akurat mengenai kinerja *wind turbine*. data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi energi terbarukan.

Dibawah ini data-data yang akan diambil dan rumus untuk menghitung data diperoleh:

1. Kecepatan angin (m/s)
2. Tegangan dan kuat arus output pada alternator (*Vout* dan *Iout*)
3. Perhitungan daya

$$P = V_{out} \times I_{out} \quad (3. 1)$$

Keterangan:

P = Daya yang dihasilkan

V_{out} = Tegangan output dinamo

I_{out} = Kuat arus output dinamo

4. Perhitungan daya rata-rata

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (3. 2)$$

Keterangan :

$P_{rata-rata}$ = Daya rata-rata

n = Jumlah pengambilan

5. Lama pengisian pada baterai

$$T\alpha = \frac{C}{I}$$

(3. 3)

Keterangan :

$T\alpha$ = Lama pengisian arus (hour)

C = Besarnya kapasitas accu (Ah)

I = Besarnya arus pengisian ke accu (A)