

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN MINI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN
PADA SEPEDA MOTOR**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

MUHAMMAD MAULIA RAFASANDI

NPM: 1407220019



**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2018**

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN MINI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN PADA
SEPEDA MOTOR**

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas – tugas dan Sebagai Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)*

**Telah Diuji dan Disidang Pada Tanggal:
28 September 2018**

Disusun Oleh :

Muhammad Maulia Rafasandi

1407220019

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

(Dr. Ir. Suwarno, M.T)

Pembimbing II

(Indra Roza, S.T, M.T)

Penguji I

(Faisal Irsan P, S.T, M.T)

Penguji II

(Solly Aryza, S.T, M.Eng)

**Diketahui dan Disahkan
Ketua Program Studi Teknik Elektro**



(Faisal Irsan P, S.T, M.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Maulia Rafasandi
Tempat/tgl. Lahir : Medan, 20 Agustus 1993
NPM : 1407220019
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

“Perancangan Mini Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Sepeda Motor”

Dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No, 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Medan, 29 September 2018

Saya yang menyatakan,




Muhammad Maulia Rafasandi

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul berjudul **“Perancangan Mini Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Sepeda Motor”**. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana Strata Satu di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulisan mengucapkan rasa terimah kasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah di berikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terima kasih tersebut saya sampaikan kepada:

1. Ayahanda tercinta Alm. Mulwansyah Putra dan Ibunda Tercinta Yusmiati.
Orang tua penulis telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik motivasi, nasehat, materi maupun do'a.
2. Bapak Dr. Agussani MAP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ir. Suwarno, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Indra Roza, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Sahabat A1 Pagi yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-persatu, semua teman-teman saya yang telah banyak memberikan saya semangat, dukungan, motivasi dan do'a.

Penulis menyadari adanya kemungkinan terjadi kekeliruan ataupun kelebihan dan kekurangan serta kesalahan-kesalahan di dalam penyusunan tugas akhir ini, mungkin masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu saya mengharapkan kritik dan saran. Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat yang sebesar-besarnya bagi penulis sendiri maupun bagi dunia pendidikan pada umumnya, khususnya untuk Fakultas Teknik Elektro. Terimah kasih atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terimah kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 03 September 2018

Penulis,

Muhammad Maulia Rafasandi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa.....	4
1.5.2 Manfaat bagi Perguruan Tinggi	4
1.6 Metode Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	7
2.2 Energi Angin.....	10
2.3 Turbin.....	13
2.3.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal	14
2.3.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal	15
2.4 Generator DC	17

2.4.1	Jenis-Jenis Generator DC.....	18
2.4.1.1	Generator Penguat Terpisah	18
2.4.1.2	Generator Shunt.....	19
2.4.1.3	Generator Kompon	20
2.5	Konverter DC.....	21
2.5.1	Konverter Penaik Tegangan (<i>Boost Converter</i>).....	21
2.5.2	Konverter Penurun Tegangan (<i>Buck Converter</i>)	22
2.5.3	Konverter Penaik-Penurun Tegangan (<i>Boost Buck Converter</i>)...	23
2.6	Baterai	24
2.6.1	Baterai Primer (Baterai Sekali Pakai/ <i>Single Use</i>).....	27
2.6.2	Baterai Sekunder (Baterai Isi Ulang/ <i>Rechargeable</i>).....	27
2.6.3	Baterai Tipe Kering.....	28
2.6.4	Baterai Tipe Basah.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Lokasi Penelitian.....	29
3.2	Peralatan Dan Bahan Penelitian.....	29
3.2.1	Bahan-Bahan Penelitian	29
3.2.2	Peralatan Penelitian	30
3.3	Tahapan Perancangan Material.....	30
3.3.1	Sepeda Motor.....	30
3.3.2	Kipas Pendingin Komputer (Turbin).....	31
3.3.3	Generator DC.....	32
3.3.4	Besi Kaca Spion	33
3.3.5	Konverter DC <i>Auto Buck Boost</i>	33

3.3.6	Box/Kotak	34
3.3.7	Tachometer	35
3.3.8	Baterai	36
3.4	Diagram Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>)	36
3.4.1	Studi Literatur	38
3.4.2	Perancangan Alat	38
3.4.3	Pembuatan Alat	38
3.4.4	Pengambilan Data	40
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Hasil Penelitian	41
4.2	Pembahasan	41
4.2.1	Pengujian Pada Waktu Pagi Hari (05.00 – 10.00 WIB)	41
4.2.2	Pengujian Pada Waktu Siang Hari (10.00 – 15.00 WIB)	44
4.2.3	Pengujian Pada Waktu Sore Hari (15.00 – 18.00 WIB)	46
4.2.4	Pengujian Pada Waktu Malam Hari (19.00 – 24.00 WIB)	49
4.2.5	Hasil Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Putaran Turbin Pada Waktu Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Angin di Indonesia	10
Tabel 4.1 Data Pengamatan Pagi Hari	42
Tabel 4.2 Data Pengamatan Siang Hari	44
Table 4.3 Data Pengamatan Sore Hari	47
Tabel 4.4 Data Pengamatan Malam Hari	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Turbin Angin Sumbu Horizontal Berdasarkan Jumlah Sudu.	15
Gambar 2.2 Jenis Turbin Angin Sumbu Vertikal.....	16
Gambar 2.3 Penentuan Arah GGL.....	18
Gambar 2.4 Generator Penguat Terpisah.....	19
Gambar 2.5 Generator Shunt	20
Gambar 2.6 Generator Kompon.....	21
Gambar 2.7 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe <i>Boost</i>	21
Gambar 2.8 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe <i>Buck</i>	22
Gambar 2.9 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe <i>Boost-Buck</i>	24
Gambar 2.10 Konstruksi Baterai.....	26
Gambar 3.1 Sepeda Motor Honda Supra X 125 CC 2013.....	31
Gambar 3.2 Kipas Pendingin Komputer (Turbin).....	32
Gambar 3.3 Generator DC	32
Gambar 3.4 Besi Kaca Spion Sebagai Dudukan Turbin dan Generator	33
Gambar 3.5 Konverter DC-DC <i>Auto Buck Boost</i>	34
Gambar 3.6 <i>Box</i> /Kotak Seabagi Dudukan Komponen.....	35
Gambar 3.7 <i>Tachometer</i>	35
Gambar 3.8 Baterai 12 V 8 Ah.....	36
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.10 Diagram Alir Perancangan Alat	38
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Nilai Tegangan Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Pagi Hari.....	42

Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Nilai Arus Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Pagi Hari.....	43
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Putaran Turbin Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Pagi Hari.....	43
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Nilai Tegangan Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Siang Hari.....	45
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Nilai Arus Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Siang Hari.....	45
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Putaran Turbin Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Siang Hari.....	46
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Nilai Tegangan Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Sore Hari.....	47
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Nilai Arus Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Sore Hari.....	48
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Putaran Turbin Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Sore Hari.....	48
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Antara Nilai Tegangan Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Malam Hari.....	50
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara Nilai Arus Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Malam Hari.....	50
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Antara Putaran Turbin Terhadap Kecepatan Sepeda Motor Pada Malam Hari.....	51
Gambar 4.13 Grafik perbandingan Nilai Tegangan Pada Waktu Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari.....	52

Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Nilai Arus Pada Waktu Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari	52
Gambar 4.15 Grafik perbandingan Nilai Putaran Turbin Pada Waktu Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari	53

ABSTRAK

Energi angin merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan. Potensi energi angin di Indonesia sangatlah besar, namun masih kurang dimanfaatkan. Memanfaatkan energi angin yang berskala kecil agar menjadi energi listrik, dapat dirancang mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor dengan menggunakan turbin sebagai media perubah energi angin menjadi energi gerak, dimana pergerakan turbin diteruskan ke *shaft* generator, generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Penelitian ini menguji seberapa besar energi listrik yang dihasilkan pada perbedaan kecepatan antara 30, 40, 50, 60, 70 km/jam pada perbedaan waktu pagi, siang, sore, dan malam hari. Dari pengujian yang dilakukan tegangan terendah terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,6 V pada sore hari dan tegangan tertinggi terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu sebesar 12,4 V pada malam hari. Setiap kecepatan sepeda motor memiliki putaran turbin yang berbeda-beda, semakin tinggi kecepatan sepeda motor maka akan semakin besar putaran turbinnya. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator. Putaran turbin terendah didapat pada saat kecepatan sepeda motor 30 km/jam dan putaran turbin tertinggi didapat pada saat kecepatan sepeda motor 70 km/jam. Konverter akan aktif (*output* 14 V dc) pada saat kecepatan sepeda motor 60 km/jam dan 70 km/jam atau tegangan *output* generator sebesar 5 V dc keatas.

Kata Kunci: Energi angin, pembangkit mini, turbin, generator dc, konverter dc.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenaga listrik sebagai salah satu sistem energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Terlebih pada masa sekarang ini, muncul tantangan dan dimensi-dimensi baru yang dihadapi umat manusia sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan aspek-aspek kehidupan yang harus dipenuhi oleh pengadaan tenaga listrik semakin meningkat. Kebutuhan akan listrik sangatlah besar di daerah perkotaan maupun di pedesaan, sejalan dengan meningkatnya pembangunan kesejahteraan masyarakat, berbagai upaya telah dilakukan untuk penyediaan listrik sampai pada pelosok-pelosok desa[1].

Angin merupakan udara yang bergerak yang terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Adanya perbedaan suhu udara ini karena adanya perbedaan tekanan udara di permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Pada dasarnya angin yang bertiup di permukaan bumi terjadi karena adanya penerimaan radiasi surya yang tidak merata di permukaan bumi, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara[2].

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB) mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin cukup sederhana, yaitu energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan

energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan baterai sebelum dapat dimanfaatkan[3].

Pembangkit energi listrik tenaga angin dengan kecepatan rendah secara garis besar mempunyai fungsi dan cara kerja yang sama dengan pembangkit energi listrik tenaga angin lainnya. Hanya saja perbedaannya terletak pada jenis dan desain turbin angin untuk kecepatan rendah. Maka dari itu untuk memaksimalkan energi listrik yang dihasilkan dilakukan modifikasi beberapa peralatan seperti pada turbin, transmisi, generator, dan peralatan penunjang lainnya[4].

Dinamo merupakan salah satu komponen mesin yang mengubah energi mekanik (gerak) dari mesin menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Pada penelitian ini telah dibuat sebuah alat pemanfaatan energi angin pada sepeda motor bergerak untuk menyalakan lampu. Alat ini menggunakan dinamo sebagai penghasil energi listrik yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu, baling-baling kipas sebagai pembangkit listrik, rangkaian penerangan sepeda untuk menstabilkan tegangan. Proses kerja alat dimulai saat sepeda motor berjalan dan membuat baling-baling kipas bergerak memutar dinamo yang kemudian menghasilkan energi listrik untuk menyalakan lampu. Pada alat ini mendapatkan keluaran tertinggi 11,5 volt pada kecepatan 50 km dan daya terbesar yang dihasilkan oleh dinamo adalah sebesar 6,96 watt pada kecepatan 50 km untuk menyalakan lampu[5].

Sepeda motor adalah sebuah alat transportasi yang banyak digunakan oleh masyarakat terutama masyarakat di negara berkembang termasuk Indonesia. Pemerintah menetapkan peraturan mengenai kendaraan sepeda motor untuk

menyalakan lampu di siang hari merupakan penerapan pasal 107 ayat 2 UU No 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan untuk kepentingan keselamatan publik pengendara sepeda motor di jalan raya[5].

Penelitian ini membahas mengenai perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor, pengaruh tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan dengan adanya perbedaan kecepatan pada sepeda motor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang akan diteliti yaitu:

1. Bagaimana proses perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor.
2. Bagaimana pengaruh tegangan, arus, dan putaran turbin generator terhadap perbedaan kecepatan sepeda motor.
3. Bagaimana pemanfaatan tegangan *output* konverter terhadap pengisian baterai.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan yang ingin dicapai pada penulisan skripsi ini adalah sebagai:

1. Proses perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor.
2. Menganalisa tegangan, arus, dan putaran turbin yang dihasilkan antara perbedaan kecepatan sepeda motor.

3. Menganalisa tegangan *output* konverter terhadap pengisian baterai.

1.4 Batasan Masalah

Dikarenakan banyaknya cakupan permasalahan yang terdapat pada perancangan ini, maka penulis perlu untuk membatasi masalah yaitu:

1. Pembuatan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor.
2. Mengetahui berapa tegangan, arus, dan putaran turbin yang dihasilkan generator terhadap perbedaan kecepatan sepeda motor.
3. Mengetahui berapa tegangan *output* yang dihasilkan konverter untuk dapat mengisi ulang baterai.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diambil dalam penulisan skripsi ini adalah:

1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Dapat merancang mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor secara sederhana.
2. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang di dapat dengan membuat mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor.
3. Dapat mengintegrasikan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor sebagai energi alternatif.

1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi

1. Alat serta bahan yang telah dibuat dapat di aplikasikan dalam sehari-hari sebagai energi alternatif untuk pengecasan baterai.
2. Penelitian ini di harapkan dapat membantu mahasiswa dalam praktikum tentang energi alternatif.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi, menggunakan beberapa metode untuk mengumpulkan data-data yang akan diperlukan untuk menyelesaikan skripsi ini.

1. Metode Studi Pustaka

Penulis melakukan studi pustaka untuk memperoleh data-data yang berhubungan dengan skripsi dari berbagai sumber bacaan seperti: Jurnal, dan website yang berkaitan dengan judul yang di angkat sebagai referensi.

2. Metode Eksperimen

Yaitu membuat alat dan bahan secara langsung dan menguji apakah alat dan bahan tersebut bekerja sesuai dengan keinginan.

3. Metode Pengujian sistem

Yaitu melakukan pengujian alat dan bahan yang bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja alat yang di buat sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

1.7 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan secara garis besar tentang, energi angin, turbin, generator dc, konverter dc, dan baterai.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan metodologi penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan pembahasan secara garis besar tentang energi angin, turbin, generator dc, konverter dc, dan baterai.

BAB III : METODOLOGI

Pada bab ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, diagram alir/*flowchart* serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses perancangan.

BAB IV : ANALISA DAN PENGUJIAN

Pada bab ini berisi hasil perancangan material dan pengujiannya.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulisan skripsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Sebagai akibat meningkatnya harga energi, banyak orang beralih ke energi yang lebih ekonomis dan energi alternatif yang ramah lingkungan. Penggunaan energi alternatif sedang tumbuh, karena pasokan sumber energi listrik sebagian besar terletak jauh dari daerah terpencil sehingga penggunaan energi alternatif menjadi energi listrik sangat diharapkan oleh masyarakat di masa depan[6].

Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin. Energi ini merupakan energi yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan. Pemanfaatan sumber energi angin untuk menghasilkan energi listrik bukanlah hal yang baru, namun energi listrik yang dihasilkan tentu sangat terbatas karena disebabkan oleh beberapa hal utama, seperti potensi kecepatan angin di suatu daerah, durasi adanya angin dalam satu hari, serta peralatan konversi energi yang digunakan[7].

Pemanfaatan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah namun punya potensi yang sangat besar. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil. Inovasi dalam memodifikasi kincir angin perlu dikembangkan agar pada kondisi kecepatan angin yang rendah dapat menghasilkan energi listrik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu

dengan melakukan kajian teknis terhadap mesin konversi energi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber energi angin secara optimal dalam menghasilkan energi listrik[8].

Indonesia mempunyai potensi sumber energi terbarukan yang melimpah yang bisa menggantikan penggunaan bahan bakar fosil. Pemerintah Indonesia sendiri telah menetapkan kebijakan Energi Nasional yang menargetkan peningkatan penggunaan energi terbarukan yang selama ini kurang dimanfaatkan seperti angin, gas alam, panas bumi, dan matahari. Contoh konkrit dan paling mudah dirasakan saat ini adalah tingginya kebutuhan migas namun tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya. Pemerintah maupun swasta dan hampir semua negara kemudian berpacu untuk membangkitkan energi negaranya[9].

Berdasarkan data kecepatan angin di berbagai wilayah, sumberdaya energi angin Indonesia berkisar antara 2,5 – 5,5 m/detik pada ketinggian 24 meter di atas permukaan tanah. Dengan kecepatan tersebut sumberdaya energi angin Indonesia termasuk dalam kategori kecepatan angin kelas rendah hingga menengah. Secara keseluruhan, potensi energi angin Indonesia diperkirakan mencapai 9.290 MW. Angin di wilayah Indonesia secara umum di sebelah utara khatulistiwa bertiup dari arah Barat Laut menuju Timur Laut. Sedangkan disebelah selatan khatulistiwa bertiup dari arah Barat Daya menuju Barat Laut. Kecuali di Sumatera bagian selatan dan Jawa angin bertiup dari arah Timur menuju Tenggara[10].

Mengacu pada UU Nomor 30 tahun 2007 tentang energi dan selaras dengan kebijakan pemerintah tentang konversi energi (Keppres Nomor 43 tahun 1991) dan penghematan energi (Inpres Nomor 10 tahun 2005), serta di dukung dengan Kepmen ESDM Nomor 0002 tahun 2004 tentang kebijakan pengembangan energi

terbarukan dan konservasi energi atau pengembangan energi hijau, maka setiap warga negara dianjurkan untuk menggali potensi-potensi energi alternatif yang ada di Indonesia, seperti energi angin, surya, air, panas bumi, biogas, biomassa, bioethanol, dan lain sebagainya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat[9].

Indonesia, negara kepulauan yang 2/3 wilayahnya adalah lautan dan mempunyai garis pantai terpanjang di dunia yaitu $\pm 80.791,42$ Km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga angin. Pada akhir tahun 2007 telah dibangun kincir angin pembangkit dengan kapasitas kurang dari 800 watt, dibangun di empat lokasi, masing-masing di Pulau Selayar tiga unit, Sulawesi Utara dua unit, dan Nusa Penida, Bali, serta Bangka Belitung, masing masing satu unit. Kemudian, di seluruh Indonesia, lima unit kincir angin pembangkit berkapasitas masingmasing 80 kilowatt (kW) mulai dibangun[3].

Implementasi nyata PLTB di Indonesia pada tahun 2009 mencapai 1,4 MW (WWEA 2010) yang tersebar di Pulau Selayar (Sulawesi Utara), Nusa Penida (Bali), Yogyakarta, dan Bangka Belitung. Mengacu pada kebijakan energi nasional, maka PLTB ditargetkan mencapai 250 MW pada tahun 2025[3].

Pada umumnya kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin dibatasi dengan syarat-syarat tertentu. Sedangkan syarat-syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut. Angin kelas 3 adalah batas minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik[3].

Tabel 2.1 Kondisi Angin di Indonesia.

Tabel Kondisi Angin			
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kecepatan Angin km/jam	Kecepatan Angin knot/jam
1	0.3 ~ 1.5	1 ~ 5.4	0.58 ~ 2.92
2	1.6 ~ 3.3	5.5 ~ 11.9	3.11 ~ 6.42
3	3.4 ~ 5.4	12.0 ~ 19.5	6.61 ~ 10.5
4	5.5 ~ 7.9	19.6 ~ 28.5	10.7 ~ 15.4
5	8.0 ~ 10.7	28.6 ~ 38.5	15.6 ~ 20.8
6	10.8 ~ 13.8	38.6 ~ 49.7	21.0 ~ 26.8
7	13.9 ~ 17.1	49.8 ~ 61.5	27.0 ~ 33.3
8	17.2 ~ 20.7	61.6 ~ 74.5	33.5 ~ 40.3
9	20.8 ~ 24.4	74.6 ~ 87.9	40.5 ~ 47.5
10	24.5 ~ 28.4	88.0 ~ 102.3	47.7 ~ 55.3
11	28.5 ~ 32.6	102.4 ~ 117.0	55.4 ~ 63.4
12	>32.6	>118	>63.4

Dengan melihat potensi angin seperti pada tabel 2.1, maka pantaslah apabila angin dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik yaitu dengan mengubah kecepatan angin menjadi energi mekanik oleh sudu-sudu turbin, kemudian dari poros turbin akan memutar generator yang akan menghasilkan energi listrik[3].

2.2 Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar

matahari. Apabila dipanaskan, udara memuai udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi, udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi[10].

Pada daerah ini, udara bergerak mengembang atau memuai sehingga tekanan udaranya rendah. Pada daerah yang suhu udaranya lebih rendah, tekanan udaranya lebih tinggi. Perbedaan tekanan udara ini akan mengakibatkan terjadinya gerakan udara dari daerah yang tekanan udaranya lebih tinggi ke daerah yang tekanan udaranya lebih rendah yang menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara di atas tanah pegunungan dan tanah di daerah lembah[2].

Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur 0° , adalah daerah yang mengalami pemanasan lebih banyak dari matahari dibanding daerah lainnya di Bumi, artinya udara di daerah khatulistiwa akan lebih tinggi dibandingkan dengan udara di daerah kutub. Pertukaran panas pada atmosfer akan terjadi secara konveksi. Berat jenis dan tekanan udara yang disinari cahaya matahari akan lebih kecil dibandingkan jika tidak disinari. Perbedaan berat jenis dan tekanan inilah yang akan menimbulkan adanya pergerakan udara[2].

Arah angin adalah arah dari mana angin berhembus atau dari mana arus angin datang dan dinyatakan dalam derajat yang ditentukan dengan arah perputaran jarum jam dan dimulai dari titik utara bumi dengan kata lain sesuai

dengan titik kompas. Umumnya arus angin diberi nama dengan arah darimana angin tersebut bertiup, misalnya angin yang berhembus dari utara maka angin utara. Kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dan dinyatakan dalam knot atau kilometer per jam maupun dalam meter per detik[2].

Karena kecepatan angin umumnya berubah-ubah, maka dalam menentukan kecepatan angin diambil kecepatan rata-ratanya dalam periode waktu selama sepuluh menit dengan dibulatkan dalam harga satuan knot yang terdekat[2].

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi angin melalui dua tahapan konversi yaitu[2]:

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan formula[2]:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

E = Energi kinetik (Joule)

m = Massa udara (kg)

v = Kecepatan angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan suatu blok udara mempunyai penampang dengan luas A (m^2), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A.v.\rho \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

m = Massa udara (kg)

A = Luas Penampang (m^2)

v = Kecepatan angin (m/det)

ρ = Kerapatan udara (kg/m^3)

Dengan persamaan (1) dan (2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu :

$$P = \frac{1}{2}.A.v^3.\rho \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

P = Daya Listrik (Watt)

A = Luas Penampang (m^2)

v = Kecepatan angin (m/det)

ρ = Kerapatan udara (kg/m^3)

2.3 Turbin

Turbin angin adalah sebuah alat yang memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubahnya kedalam bentuk energi gerak putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Energi gerak yang berasal dari angin akan diteruskan menjadi gaya gerak dan torsi pada poros generator yang kemudian akan dihasilkan energi listrik. Turbin angin adalah mesin penggerak yang

memanfaatkan angin sebagai penggerakannya. Berdasarkan arah sumbu gerakannya, turbin angin terbagi menjadi 2, yaitu: turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin sumbu horizontal memiliki sumbu putar yang sejajar dengan tanah. Turbin angin sumbu vertikal memiliki sumbu putar yang arahnya tegak lurus dengan tanah[10].

Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu Turbin Angin Sumbu Mendatar (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dan Turbin Angin Sumbu Vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine*)[8].

2.3.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal

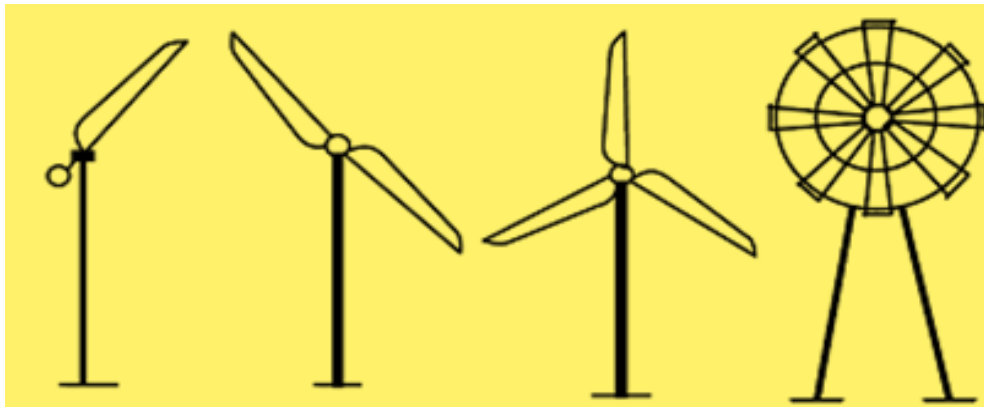
Turbin angin sumbu horisontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor[11].

Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah putaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski 4 memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan

angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resistensi angin dari bilahbilah itu[11].

Dilihat dari jumlah sudu, turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi:

1. Turbin angin satu sudu.
2. Turbin angin dua sudu.
3. Turbin angin tiga sudu.
4. Turbin angin banyak sudu.

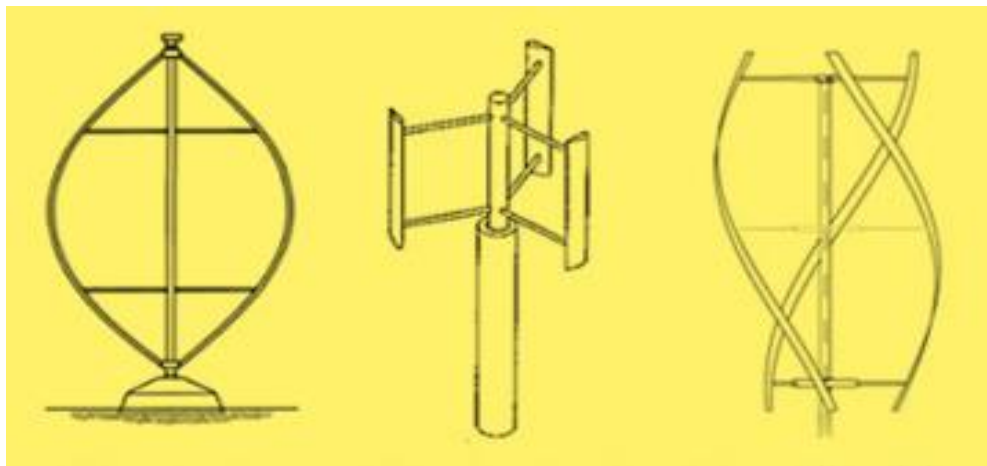


Gambar 2.1 Jenis turbin angin sumbu horizontal berdasarkan jumlah sudu.

2.3.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal adalah jenis turbin angin yang pertama dibuat manusia. Pada awalnya, putaran rotornya hanya memanfaatkan efek magnus yaitu karena adanya selisih gaya drag pada kedua sisi rotor atau sudu sehingga menghasilkan momen gaya terhadap sumbu putar rotor. Salah satu contoh turbin angin sumbu vertikal jenis drag adalah turbin angin savonius, yang mana terdiri dari dua atau tiga lembar pelat yang dilengkungkan pada arah tangensial yang sama terhadap sumbu putar. Turbin angin poros vertikal atau yang lebih dikenal memiliki ciri utama yaitu keberadaan poros tegak lurus terhadap arah aliran angin

atau tegak lurus terhadap permukaan tanah. Keuntungan dari konsep turbin angin sumbu vertikal adalah lebih sederhana perancangan dan pembuatannya dibandingkan turbin angin sumbu horizontal. Keuntungan-keuntungan tersebut diantaranya adalah memungkinkan penempatan komponen mekanik, komponen elektronik, transmisi roda gigi, dan generator dekat dengan permukaan tanah. Rotor turbin angin sumbu vertikal berputar tanpa dipengaruhi arah datangnya angin sehingga tidak membutuhkan mekanisme pengatur arah (seperti ekor) seperti pada turbin angin sumbu horizontal[10].



Gambar 2.2 Jenis turbin angin sumbu vertikal.

Beberapa jenis turbin angin sumbu vertikal adalah sebagai berikut:

1. Savonius rotor Turbin angin dengan konstruksi sederhana yang ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius (1922). Turbin yang termasuk dalam kategori TASV (Turbin Angin Sumbu Vertikal) ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan *differential drag windmill*. Pada perkembangan selanjutnya, savonius rotor tidak lagi berbentuk setengah silinder tetapi telah mengalami modifikasi guna peningkatan performance dan efisiensi.

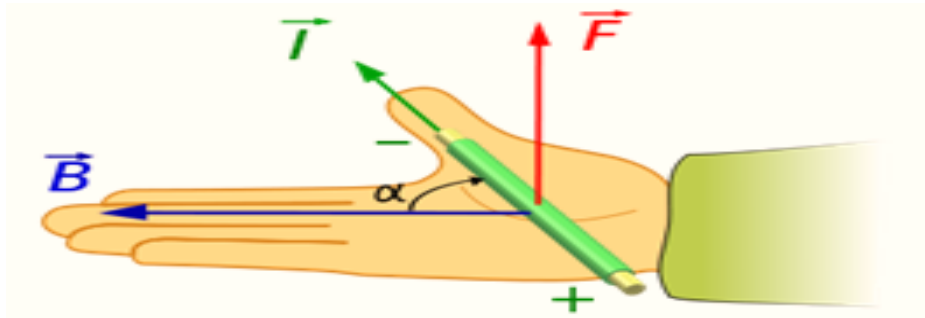
2. Darrieus rotor Merupakan salah satu TASV (Turbin Angin Sumbu Vertikal) dengan efisiensi terbaik serta mampu menghasilkan torsi cukup besar pada putaran dan kecepatan angin yang tinggi. Turbin angin Darrieus mengaplikasikan blade dengan bentuk dasar aerofoil NACA. Prinsip kerja turbin angin Darrieus yaitu memanfaatkan gaya lift. Kelemahan utama dari turbin angin Darrieus yaitu yakni memiliki torsi awal berputar yang sangat kecil hingga tidak dapat melakukan *self start*.
3. H-Rotor Turbin tipe H adalah variasi dari tipe Darrieus. Keduanya sama-sama menggunakan prinsip gaya angkat untuk menggerakkan sudu. Tipe H jauh lebih simpel dari tipe Darrieus. Bila tipe Darrieus menggunakan bilah yang ditekuk, maka tipe H menggunakan bilah lurus. Bilah ini dihubungkan ke poros menggunakan batang atau lengan, kemudian poros langsung dihubungkan dengan generator[10].

2.4 Generator DC

Generator DC adalah generator yang menghasilkan arus searah. Prinsip kerja generator DC sama dengan generator AC. Namun, pada generator DC arah arus induksinya tidak berubah. Hal ini disebabkan cincin yang digunakan pada generator DC berupa cincin belah (komutator). Komutator menyebabkan terjadinya komutasi, peristiwa komutasi merubah arus yang dihasilkan generator menjadi searah[12].

Generator arus searah (DC) didasarkan pada prinsip dasar yakni bila sebuah penghantar dibuat berputar melalui medan magnet, suatu gaya gerak listrik (ggl)

akan diinduksi di dalam penghantar tersebut. GGL tersebut dapat ditentukan menggunakan kaidah tangan kanan seperti dibawah ini:



Gambar 2.3 Penentuan arah ggl.

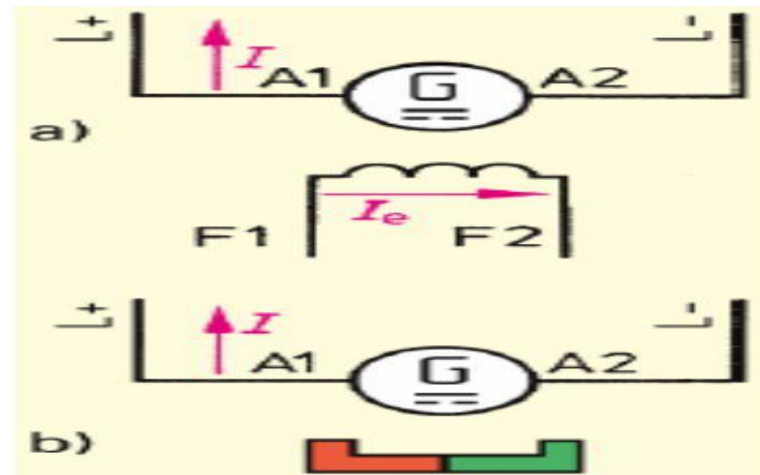
Jika telapak tangan dibuka sedemikian sehingga keempat jari yang dirapatkan menunjuk arah medan magnetik B dan ibu jari menunjuk ke arah arus listrik, arah dorong telapak tangan menunjukkan arah gaya magnetik F yang dialami kawat berarus.

2.4.1 Jenis-Jenis Generator DC

Berdasarkan penggunaan penguat medan, generator DC ada dua macam, yaitu generator DC tanpa penguatan medan dan generator DC dengan penguatan medan. Generator DC dengan penguatan medan terbagi menjadi dua, yaitu generator DC dengan medan terpisah dan generator DC dengan penguat sendiri.

2.4.1.1 Generator Penguat Terpisah

Pada generator penguat terpisah, belitan eksitasi (penguat eksitasi) tidak terhubung menjadi satu dengan rotor. Terdapat dua jenis generator penguat terpisah, yaitu penguat elektromagnetik dan magnet permanent/magnet tetap.



Gambar 2.4 Generator penguat terpisah.

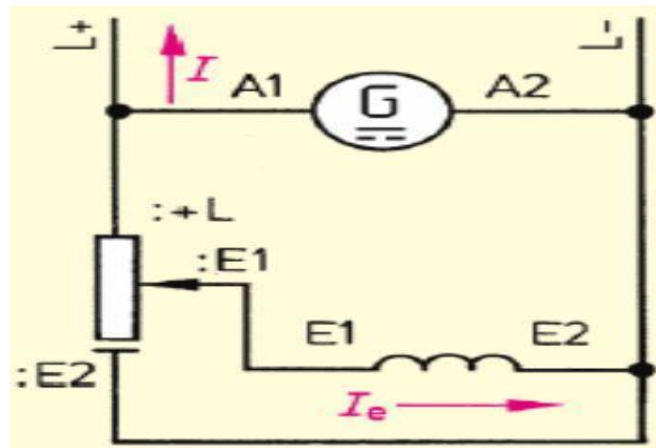
Energi listrik yang dihasilkan oleh penguat elektromagnet dapat diatur melalui pengaturan tegangan eksitasi. Pengaturan dapat dilakukan secara elektronik atau magnetik. Generator ini bekerja dengan catu daya dc dari luar yang dimasukkan melalui belitan $F1$ - $F2$. Penguat dengan magnet permanen menghasilkan tegangan output generator yang konstan dari terminal rotor $A1$ - $A2$. Karakteristik tegangan V relatif konstan dan tegangan akan menurun sedikit ketika arus beban I dinaikkan mendekati harga nominalnya.

2.4.1.2 Generator Shunt

Generator shunt adalah kumparan penguat medan dipasang parallel terhadap kumparan armatur.

Pada generator shunt, penguat eksitasi $E1$ - $E2$ terhubung parallel dengan rotor ($A1$ - $A2$). Tegangan awal generator diperoleh dari magnet sisa yang terdapat pada medan magnet stator. Rotor berputar dalam medan magnet yang lemah, dihasilkan tegangan yang akan memperkuat medan magnet stator, sampai dicapai tegangan nominalnya. Pengaturan arus eksitasi yang melewati belitan shunt $E1$ - $E2$ diatur

oleh tahanan geser. Makin besar arus eksitasi shunt, makin besar medan penguat shunt yang dihasilkan, dan tegangan terminal meningkat sampai mencapai tegangan nominalnya.

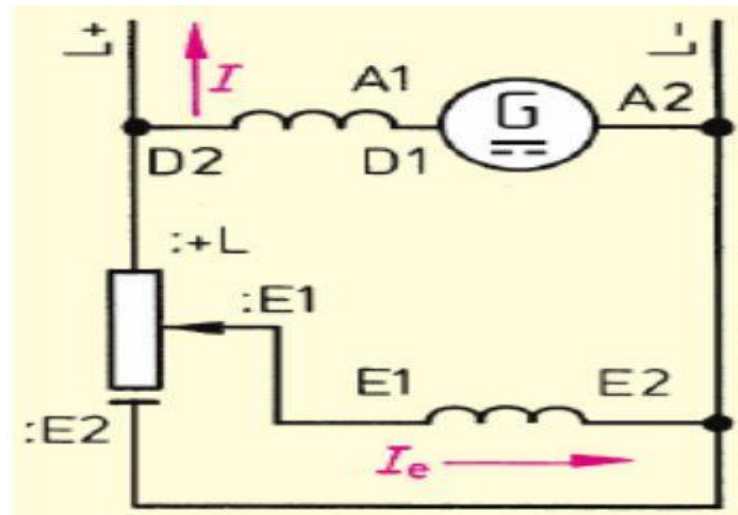


Gambar 2.5 Generator Shunt.

Jika generator shunt tidak mendapatkan arus eksitasi, maka sisa magnetisasi tidak akan ada, atau jika belitan eksitasi salah sambung atau jika arah putaran terbalik, atau rotor terhubung-singkat, maka tidak akan ada tegangan atau energi listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut.

2.4.1.3 Generator Kompon

Generator kompon mempunyai dua penguat eksitasi pada inti kutub utama yang sama. Satu penguat eksitasi merupakan penguat shunt, dan lainnya merupakan penguat seri. Pengatur medan magnet (D1-D2) terletak di depan belitan shunt.

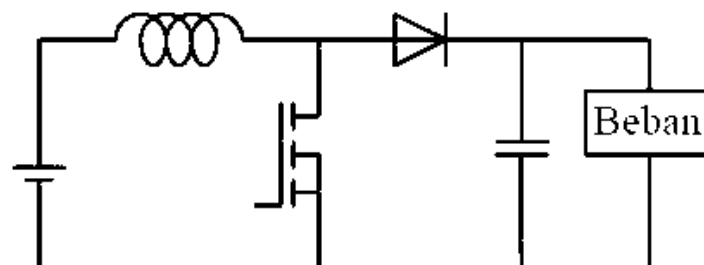


Gambar 2.6 Generator Kompon.

2.5 Konverter DC

Konverter DC ke DC adalah sebuah rangkaian penyaluran elektronik yang dapat membuat sumber tegangan searah menjadi tegangan searah dengan besar tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Pengaturan tegangan dapat dilakukan di luar konverter atau di dalam konverter. Pengaturan tegangan di luar konverter dilakukan dengan mengatur variasi tegangan searah masukan konverter. Pengaturan tegangan di dalam konverter dikenal sebagai Modulasi Lebar Pulsa (Pulse Width Modulation, PWM).

2.5.1 Konverter Penaik Tegangan (*Boost Converter*)

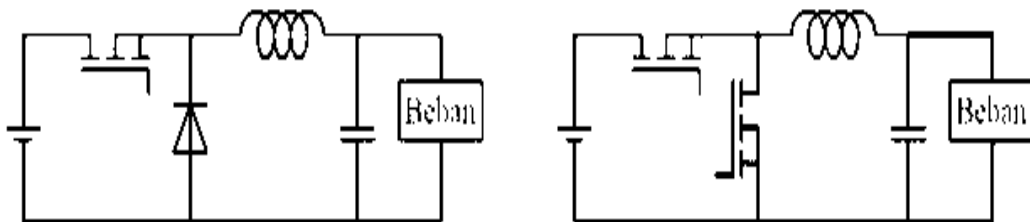


Gambar 2.7 Rangkaian konverter dc-dc tipe *boost*.

Boost converter merupakan jenis konverter dc to dc untuk menaikkan tegangan input yang tetap ke level tegangan yang lebih tinggi sesuai dengan keinginan. Proses transfer energi dari sumber ke beban hanya terjadi ketika siklus off dari satu periode switching.

2.5.2 Konverter Penurun Tegangan (*Buck Converter*)

Konverter jenis *buck* merupakan konverter penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.8, rangkaian ini terdiri atas satu saklar aktif (MOSFET), satu saklar pasif (diode), kapasitor dan induktor sebagai tapis keluarannya.



Gambar 2.8 Rangkaian konverter DC-DC tipe *buck*.

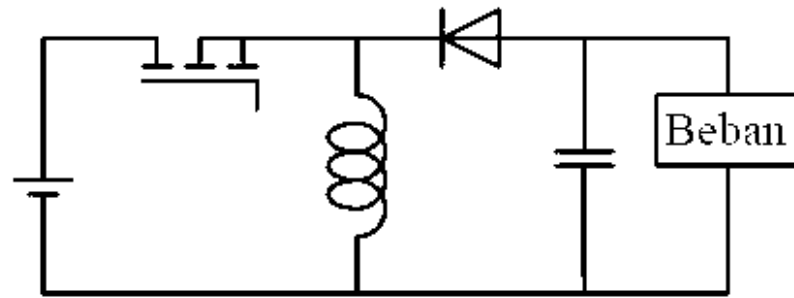
Untuk tegangan kerja yang rendah, saklar pasif (dioda) sering diganti dengan saklar aktif (MOSFET) sehingga susut daya pada saklar bisa dikurangi. Apabila menggunakan 2 saklar aktif, kedua saklar ini akan bekerja secara bergantian, dan hanya ada satu saklar yang menutup setiap saat. Nilai rata-rata tegangan keluaran konverter sebanding dengan rasio antara waktu penutupan saklar (saklar konduksi/ON) terhadap periode penyaklarannya. Biasanya nilai faktor daya ini tidak lebih kecil dari 0.2, karena jika dioperasikan pada rasio

tegangan yang lebih tinggi, saklar akan bekerja dibawah keandalannya dan menyebabkan efisiensi konverter turun.

2.5.3 Konverter Penaik-Penurun Tegangan (*Boost-Buck Converter*)

Konverter boost-buck dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada sumbernya. Skema konverter ini dapat dilihat pada gambar 2.9. Rangkaian kontrol daya penyaklaran akan memberikan sinyal kepada MOSFET. Jika MOSFET OFF maka arus akan mengalir ke induktor, energi yang tersimpan di induktor akan naik. Saat saklar MOSFET ON energi di induktor akan turun dan arus mengalir menuju beban. Dengan cara seperti ini, nilai rata-rata tegangan keluaran akan sesuai dengan rasio antara waktu pembukaan dan waktu penutupan saklar. Hal inilah yang membuat topologi ini bisa menghasilkan nilai rata-rata tegangan keluaran/beban bisa lebih tinggi maupun lebih rendah daripada tegangan sumbernya.

Analisis dan simulasi proses pengisian baterai Li ion untuk sistem pengisian baterai bertenaga surya dan sistem beroperasi dalam mode *buck*, *buck-boost* atau *boost*. Keberhasilan pengisian baterai dianalisis dan rangkaian simulasi *synchronous buck-boost* konverter digunakan untuk desain sistem pengisian dan tenaga surya eksperimental serta pelacakan titik daya maksimum untuk dalam pengaplikasiannya[13].



Gambar 2.9 Rangkaian konverter DC-DC tipe *boost-buck*.

2.6 Baterai

Baterai adalah perangkat elektronika yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik. Setiap baterai memiliki terminal positif (Anoda) dan terminal negatif (Katoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (*Direct Current*). Jika anoda dan katoda dihubungkan ke beban, maka akan ada arus yang mengalir dari anoda ke beban kemudian ke katoda. Aliran arus dari anoda ke katoda disebabkan oleh beda potensial antara anoda dan katoda. Sesuai dengan prinsip arus listrik dimana arus listrik akan mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Jika diantara anoda tidak terdapat perbedaan potensial lagi maka arus tidak dapat mengalir. Kondisi ini dinamakan dengan habisnya energi yang tersimpan pada baterai.

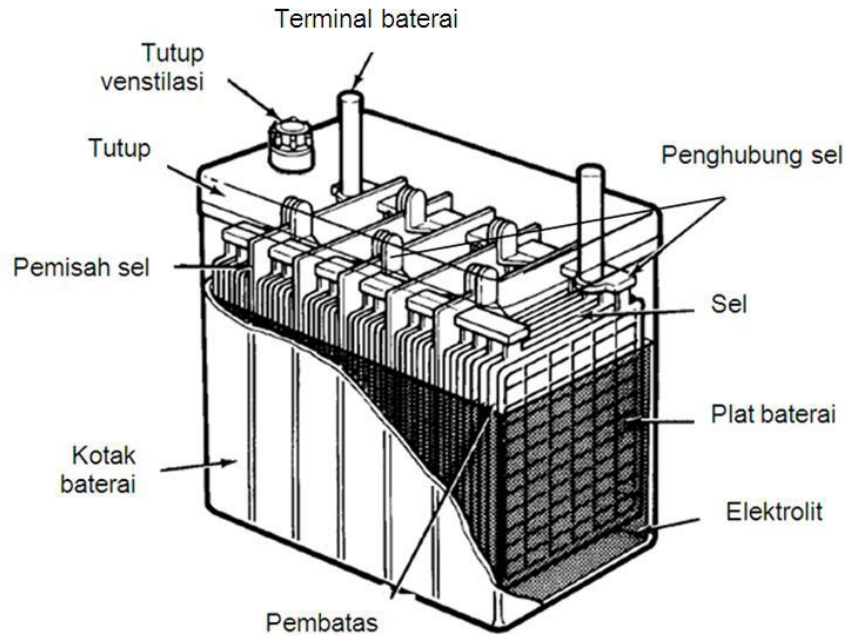
Berawal dari penemuan artifak kuno yang ternyata berupa baterai sederhana di Baghdad pada tahun 1930, membuat perhatian dunia tertuju pada berbagai penelitian untuk pengembangan baterai serta pembuatan baterai. Penemuan artifak di Baghdad tersebut menunjukkan bahwa awal mula ditemukannya baterai adalah di Baghdad di mana ilmuwan Islamlah yang mempunyai kontribusi terbesar pada

sejarah awal perkembangan baterai. Namun, yang tercatat secara pasti dalam sejarah adalah jenis-jenis baterai awal yang dibuat oleh manusia yakni sel Daniell, sel Leclanche, dan sel aki.

Pada umumnya, baterai terdiri dari dua jenis utama yaitu baterai primer yang hanya dapat digunakan sekali (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*). Salah satu baterai yang dapat diisi ulang adalah jenis baterai Lithium-ion Polimer (Li-Po). Baterai Li-Po merupakan jenis baterai terbaru jika dibandingkan dengan jenis – jenis baterai rechargeable sebelumnya seperti Nikel-Cadmium (Ni-Cd), Nikel- Metal Hydride (Ni-MH), atau Lithium-Ion (Li-Ion). Li-Po merupakan pengembangan dari Li-ion yang didasarkan pada pengembangan elektrokimia. Li-Po mengandung elektrolit polimer yang berbentuk gel bukan cairan elektrolit yang umum. Hasilnya berupa sel plastik yang secara teoritis bisa lebih fleksibel, dapat dibuat dalam berbagai bentuk tanpa resiko kebocoran elektrolit. Kelebihan dari LI-Po jika dibandingkan dengan Ni-Cd dan Ni-MH adalah ukurannya yang relatif kecil namun kapasitasnya penyimpanannya besar. Serta mampu men-discharge arus yang besar yang umumnya digunakan untuk supply motor.

Seperti halnya baterai Ni-MH, baterai Li-Po lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Akan tetapi baterai Li-Ion tidak berbahaya, melainkan tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan lingkungan hidup jika dibuang tanpa didaur ulang (*recycle*) terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan baterai Li-Po mudah terbakar jika tersulut api. Perawatan baterai Li-Po tidak jauh berbeda dengan baterai Li-Ion.

Penanganannya harus ekstra hati – hati mengingat sifatnya yang *liquid* dengan tekanan yang cukup keras bisa menyebabkan bentuk baterai berubah.



Gambar 2.10 Konstruksi baterai.

Fungsi baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem starter, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen komponen kelistrikan lainnya. Alat ini menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplainya ke masing-masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya. Karena di dalam proses baterai kehilangan energi kimia, maka alternator mensuplainya kembali ke dalam baterai (yang disebut pengisian). Baterai menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia. Siklus pengisian dan pengeluaran ini terjadi berulang kali dan terus menerus.

2.6.1. Baterai Primer (Baterai Sekali Pakai/*Single Use*).

Baterai primer atau baterai sekali pakai ini merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket menjualnya. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 V dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Disamping itu, terdapat juga Baterai Primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 V ataupun 9 V. Jenis-jenis baterai yang tergolong dalam kategori baterai primer (sekali pakai/*single use*) diantaranya adalah:

1. Baterai *Zinc-Carbon* (Seng-Karbon).
2. Baterai *Alkaline* (Alkali).
3. Baterai *Lithium*.
4. Baterai *Silver Oxide*.
5. Baterai *Zinc Air Cell*.

2.6.2 Baterai Sekunder (Baterai Isi Ulang/*Rechargeable*).

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau *rechargeable battery*. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan Baterai Primer. Hanya saja, Reaksi Kimia pada baterai sekunder ini dapat berbalik (*reversible*). Pada saat baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal baterai (*discharge*), elektron akan mengalir dari negatif ke positif. Sedangkan pada saat sumber energi luar (*charger*) dihubungkan ke baterai sekunder, elektron akan mengalir dari positif ke negatif

sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis baterai yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*) yang sering kita temukan antara lain seperti baterai Ni-cd (*Nickel-Cadmium*), Ni-MH (*Nickel-Metal Hydride*) dan Li-Ion (*Lithium-Ion*). Jenis-jenis baterai yang tergolong dalam kategori baterai sekunder (baterai isi ulang) diantaranya adalah:

1. Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium).
2. Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride).
3. Baterai Li-Ion (Lithium-Ion).
4. Baterai Li-Po (Lithium-Polimer).
5. Baterai Lead Acid.
6. *Rechargeable Alkaline*.

2.6.3 Baterai Tipe Kering.

Contoh baterai tipe kering adalah baterai kering sepeda motor (1A), baterai remote, baterai *notebook*, baterai HP, dan lain-lain.

2.6.4 Baterai Tipe Basah.

Adapun jenis-jenis baterai tipe basah adalah sebagai berikut:

1. Baterai Dengan Pengeluaran Gas.
2. Baterai Dengan Sambungan Probe.
3. Baterai Bebas Pemeliharaan.
4. Baterai S.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Jalan Mustang, Kelurahan Suka Damai Kecamatan Medan Polonia, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu Penelitian direncanakan berlangsung selama lebih kurang 5 bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.2 Peralatan Dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

3.2.1 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk Perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor yaitu:

1. Kipas pendingin komputer sebagai turbin.
2. *Coupler* sebagai penghubung *shaft* turbin dengan *shaft* generator.
3. Generator DC sebagai pembangkit listrik.
4. Besi kaca spion sebagai dudukan turbin dan generator.
5. Voltmeter dan amperemeter sebagai pengukur tegangan dan arus pada rangkaian.
6. Konverter DC *auto buck-boost* sebagai penaik tegangan *output* generator.
7. Baterai sebagai beban.
8. Konektor sebagai penghubung kabel *output* turbin dengan *input* konverter.

9. Kabel sebagai penghubung dari satu terminal ke terminal lainnya.
10. *Box*/kotak sebagai dudukan bahan pendukungnya.
11. *Clamp* sebagai dudukan generator.
12. Sekrup dan baut sebagai pengikat.

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan penunjang yang digunakan untuk membuat mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor, yaitu:

1. Sepeda Motor sebagai media percobaan.
2. Obeng positif sebagai pengencang dan pengendur sekrup/baut.
3. Tang potong sebagai pengupas dan pemotong kabel.
4. Multimeter sebagai pengukur kontinuitas rangkaian.
5. Bor listrik sebagai pembuat lobang untuk dudukan bahan.
6. Kunci pas 14 mm untuk mengencangkan dan mengendurkan *nut* antara dudukan *box*/kotak dengan sepeda motor.
7. Tachometer sebagai penghitung putaran turbin.
8. *Phone holder*, sebagai dudukan *box* pada sepeda motor.

3.3 Tahapan Perancangan Material

3.3.1 Sepeda Motor

Sepeda motor digunakan sebagai media percobaan pada perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin. Sepeda motor yang digunakan adalah sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2013. Dengan spesifikasi tipe mesin 4 langkah

dengan pendingin udara, volume mesin 124,8 cc, memiliki torsi maksimum 4000 rpm.

Dengan bergerakinya sepeda motor, angin yang menghempas kearah sepeda motor dapat dimanfaatkan dengan meletakkan turbin serta generator pembangkit listrik pada bagian depan sepeda motor untuk menghasilkan energi listrik.



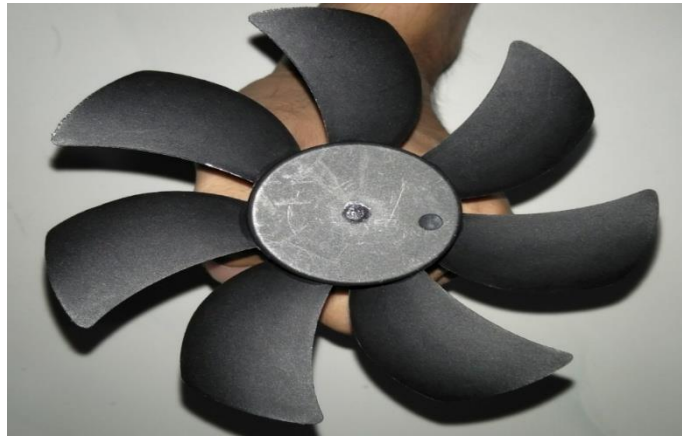
Gambar 3.1 Sepeda Motor Honda Supra X 125 cc 2013.

3.3.2 Kipas Pendingin Komputer (Turbin)

Kipas pendingin komputer digunakan sebagai turbin. Turbin ini akan memutar *shaft* dan kemudian putaran dari *shaft* turbin ini diteruskan ke *shaft* generator. Turbin akan memutar dengan adanya tekanan dari angin yang didapat dari jalannya sepeda motor. Setiap pergerakan maju sepeda motor akan menghempaskan angin dan angin tersebut akan memutar turbin.

Kipas pendingin komputer ini berbahan plastik, memiliki 7 buah sudu, berdiameter 11,5 cm. Kipas pendingin komputer yang digunakan hanya kipas dan *coupler* nya saja, *casing* dan komponen lainnya tidak digunakan. Untuk melepaskan kipas dari *casing* nya cukup menggunakan obeng negatif dan palu karet.

Setelah kipas keluar dari *casing* nya, sambungkan kembali *shaft* kipas ke *coupler* nya.



Gambar 3.2 Kipas pendingin komputer (Turbin).

3.3.3 Generator DC

Generator dc berfungsi sebagai pembangkit listrik. Putaran *shaft* turbin akan diteruskan ke *shaft* generator dengan menggunakan *coupler*/penghubung antar *shaft*. Generator yang digunakan adalah generator dc 12 V/3500 RPM. Dengan ukuran diameter 2,7 cm dan panjang 4 cm. *Output* generator memiliki 2 kabel, yaitu positif dan negatif.



Gambar 3.3 Generator DC.

Generator yang sudah dihubungkan dengan turbin kemudian di *clamp* pada besi agar generator dan turbin yang terkena tekanan angin tidak goyang dan tetap stabil. *Output* generator kemudian disolder dengan kabel sepanjang 1 meter untuk diteruskan ke rangkaian konverter.

3.3.4 Besi Kaca Spion

Besi kaca spion digunakan sebagaiudukan turbin dan generator. Besi kaca spion dipotong menggunakan gerinda untuk melepaskan kaca dari besinya. Besi yang sudah terpotong kemudian di las dengan besi kotak berukuran 4x3 cm sebagaiudukan turbin dan generator. Setelah turbin dan generator sudah di *clamp*, pasang besi kaca spion padaudukan yang ada pada sepeda motor.



Gambar 3.4 Besi kaca spion sebagaiudukan turbin dan generator.

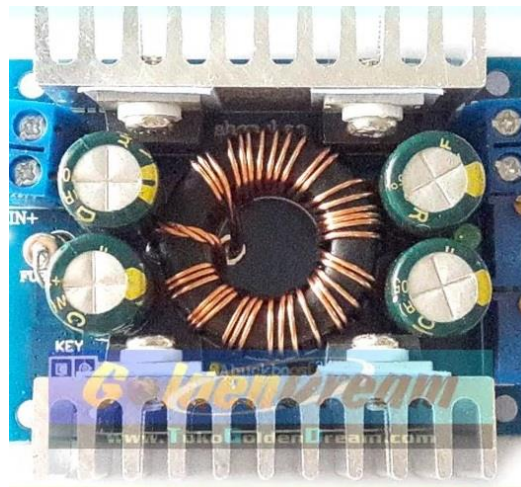
3.3.5 Konverter DC *Auto Buck Boost*

Konverter dc berfungsi sebagai pengubah tegangan dc tertentu menjadi tegangan dc yang lebih tinggi ataupun yang lebih rendah. Konverter dc yang

digunakan adalah tipe *Auto Buck Boost 8 A*, tegangan *input* 5-30 V dc dan tegangan *output* 1,2-30 V dc, arus *input max* 8 A, berukuran 60x53x22 mm.

Output generator kemudian disambung dengan kabel ke *input* konverter, dan diparalelkan dengan voltmeter. *Output* konverter dapat diatur tegangan *output* nya dengan memutar potensio yang ada pada konverter dc. Pada rangkaian ini tegangan *output* yang digunakan pada konverter adalah 14 V dc. Konverter akan bekerja apabila tegangan input yang diterima mencapai 5 V, apabila tegangan <5 V, maka konverter belum bekerja.

Konverter yang sudah diatur tegangan *output* nya kemudian didudukkan pada *box* dengan menggunakan sekrup dan *nut*. Kabel *output* generator diteruskan pada baterai untuk mengisi baterai yang tersedia.



Gambar 3.5 Konverter dc-dc *auto buck boost*.

3.3.6 *Box/Kotak*

Box/kotak berfungsi sebagai dudukan alat dan bahan yang digunakan pada perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor. *Box/kotak* yang digunakan terbuat dari bahan kayu palet dengan ukuran 83x113x148 mm. Alat dan bahan yang terdapat dalam *box/kotak* antara lain voltmeter,

amperemeter, konverter *auto buck boost*, dan terminal sebagai dudukan kabel penghubung.



Gambar 3.6 *Box*/kotak sebagai dudukan komponen.

3.3.7 Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat untuk mengukur kecepatan rotasi sebuah objek. Tachometer disini digunakan untuk mengukur rotasi dari turbin agar mengetahui pada putaran turbin berapakah tegangan optimal yang dihasilkan dan untuk mengetahui perbedaan putaran turbin dengan kecepatan sepeda motor.



Gambar 3.7 *Tachometer*.

Tachometer yang digunakan adalah *LCD Digital Laser Photo Tachometer 2,5-100000 RPM DT-2234C+*.

3.3.8 Baterai

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke sistem rangkaian dan komponen listrik lainnya.

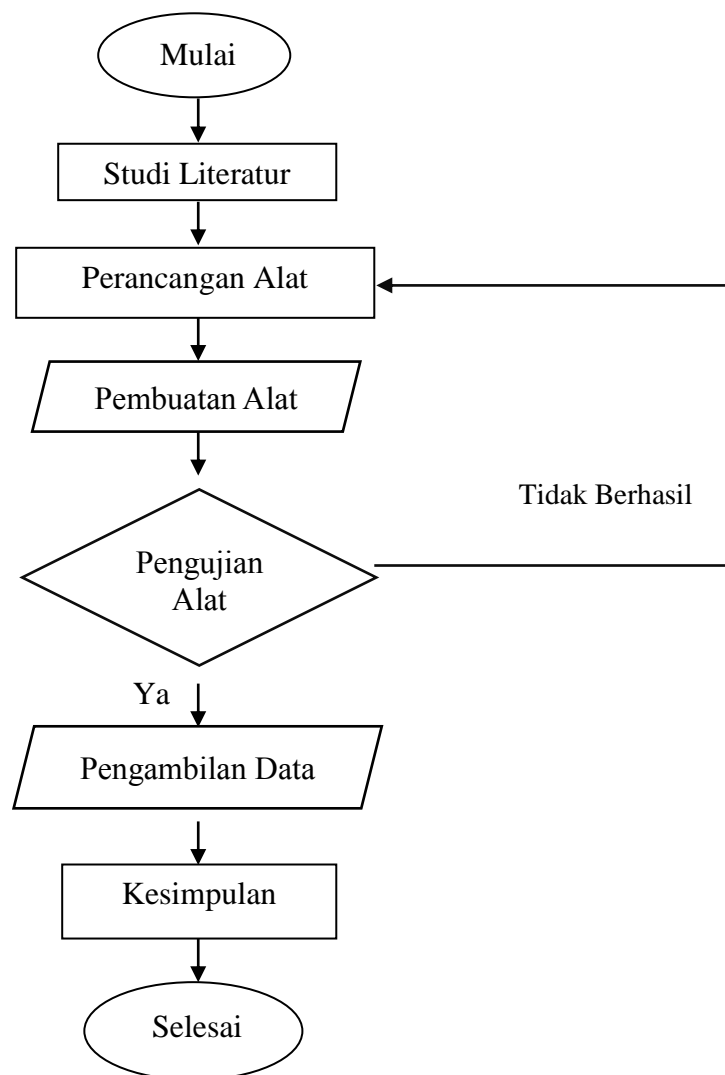
Baterai yang digunakan adalah baterai *rechargeable* dengan merk CBA 12 V 8 Ah.



Gambar 3.8 Baterai 12 V 8 Ah.

3.4 Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

Adapun diagram alir (*Flowchart*) untuk mempermudah memahami penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.9 Diagram alir penelitian.

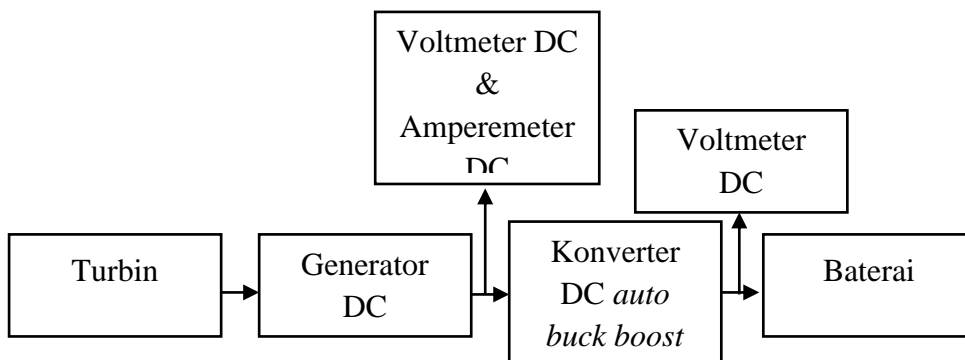
Gambar 3.9 merupakan diagram alir prosedur kerja yang akan dilakukan. Pembuatan diagram alir sangat penting dilakukan sebelum melakukan suatu pengujian maupun analisis data. Diagram alir bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan proses tersebut. Pada Gambar 3.9 diagram alir prosedur kerja dimulai dari proses pengambilan data secara langsung serta menganalisa data untuk menghasilkan suatu *output* tertentu.

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mempelajari berbagai skripsi, hasil penelitian, jurnal, dan berbagai artikel.

3.4.2 Perancangan Alat

Pada prosedur ini dilakukan perancangan keseluruhan alat yang akan dibuat. Pemanfaatan energi angin pada sepeda motor bergerak yang dibuat pada penelitian ini, terdiri atas turbin sebagai pembangkit listrik yang menggerakkan generator dc. Sesuai fungsinya, generator dc sebagai penyedia sumber listrik dan sebagai pengisi ulang daya. Diagram alir rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram alir perancangan alat.

3.4.3 Pembuatan Alat

Adapun tahap-tahap pembuatan alat dalam perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor yaitu:

1. Pemilihan komponen.

Pemilihan komponen peralatan pendukung merupakan langkah awal dalam pembuatan alat. Komponen yang dipilih haruslah sesuai dan berfungsi dengan baik.

2. Menentukan kecepatan angin dengan *speedometer*.

Besarnya kecepatan sepeda motor digunakan sebagai pembaca kecepatan angin ketika motor bergerak. Kecepatan motor yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 10 km, 20 km, 30 km, 40 km dan 50 km.

3. Mengaplikasikan alat.

Adapun langkah kerja pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- A. Menghubungkan *shaft* turbin dengan *shaft* generator.
- B. Memasang turbin dan generator pada besi spion kiri yang telah dimodifikasi.
- C. Memasang alat yang telah dirakit di bagianudukan spion kiri sepeda motor.
- D. Menyambungkan terminal positif generator ke terminal *input* positif konverter, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.
- E. Menyambungkan terminal negatif generator ke terminal *input* negatif konverter, dengan salah satu kabel amperemeter. Kabel *output* amperemeter diteruskan ke terminal negatif konverter. Serta memparalelkannya dengan terminal negatif voltmeter.
- F. Menyambungkan terminal *output* positif konverter ke terminal positif baterai, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.

- G. Menyambungkan terminal *output* negatif konverter ke terminal negatif baterai, serta memparalelkannya pada terminal negatif voltmeter.
- H. Mencatat setiap gejala yang muncul pada alat ukur, dengan mencatat besarnya tegangan yang dihasilkan generator.
- I. Menarik kesimpulan dari apa yang telah diperoleh dari hasil pengamatan.

3.4.4 Pengambilan Data

Data yang akan diambil pada penelitian ini adalah:

1. Kecepatan sepeda motor pada 30, 40, 50, 60, dan 70 km/jam.
2. Putaran turbin.
3. Tegangan yang dihasilkan oleh generator dc.
4. Arus yang dihasilkan generator dc.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari 4 waktu pengamatan yaitu pagi, siang, sore, dan malam hari. Pengujian dilakukan pada kecepatan 30, 40, 50, 60, dan 70 km/jam. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap kecepatan pengamatan.

4.2. Pembahasan

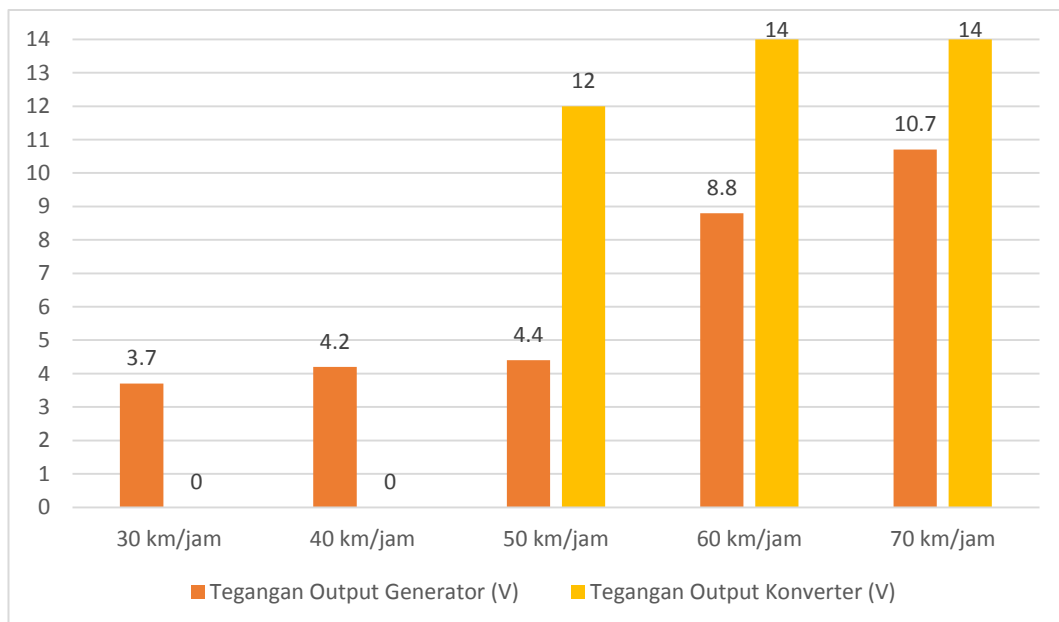
Hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari perbedaan kecepatan sepeda motor, kemudian dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap waktu pengamatan. Data-data tersebut terdapat pada tabel dan grafik sebagai berikut:

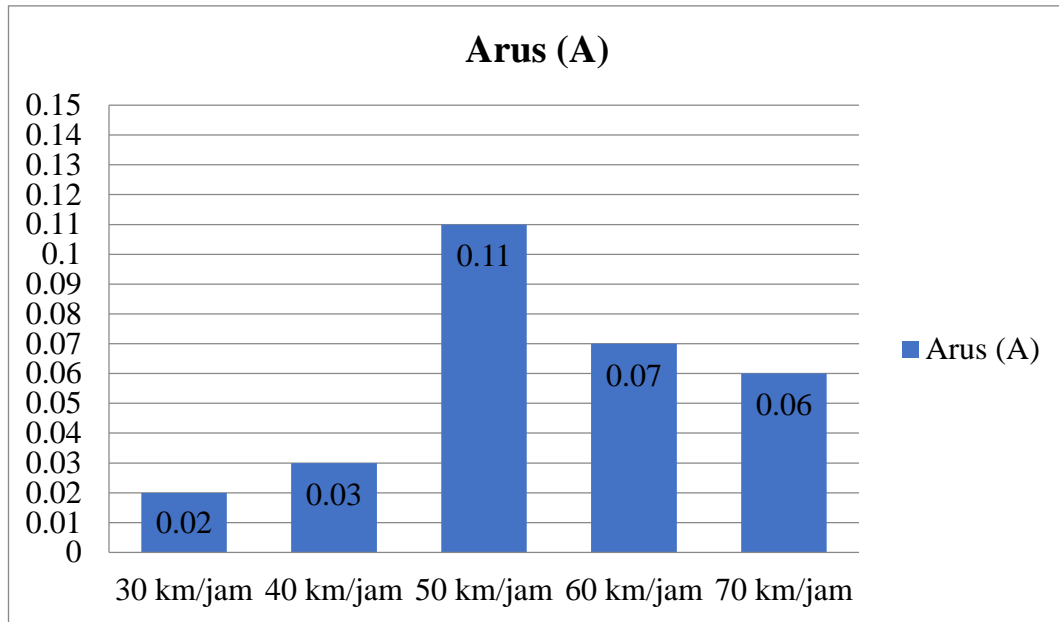
4.2.1 Pengujian Pada Waktu Pagi Hari (05.00 – 10.00 WIB)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada saat pagi hari.

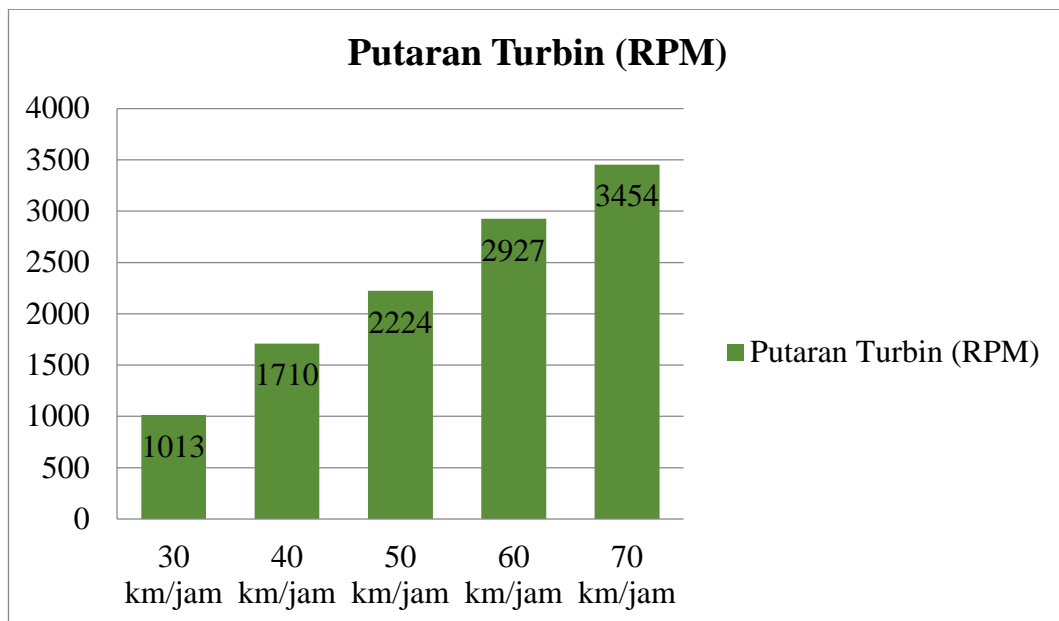
Tabel 4.1 Data pengamatan pagi hari.

NO	Kecepatan Sepeda Motor		Tegangan Output (V)		Arus (A)	Putaran Turbin (RPM)
	(km/jam)	(m/s)	Generator	Konverter		
1	30	8,3	3,7	0	0,02	1013
2	40	11,1	4,2	0	0,03	1710
3	50	13,9	4,4	12	0,11	2224
4	60	16,7	8,8	14	0,07	2927
5	70	19,4	10,7	14	0,06	3454

**Gambar 4.1** Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan sepeda motor pada pagi hari.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan sepeda motor pada pagi hari.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan sepeda motor pada pagi hari.

Dari data tabel dan grafik diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,7 V, arus terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 0,02 A. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu

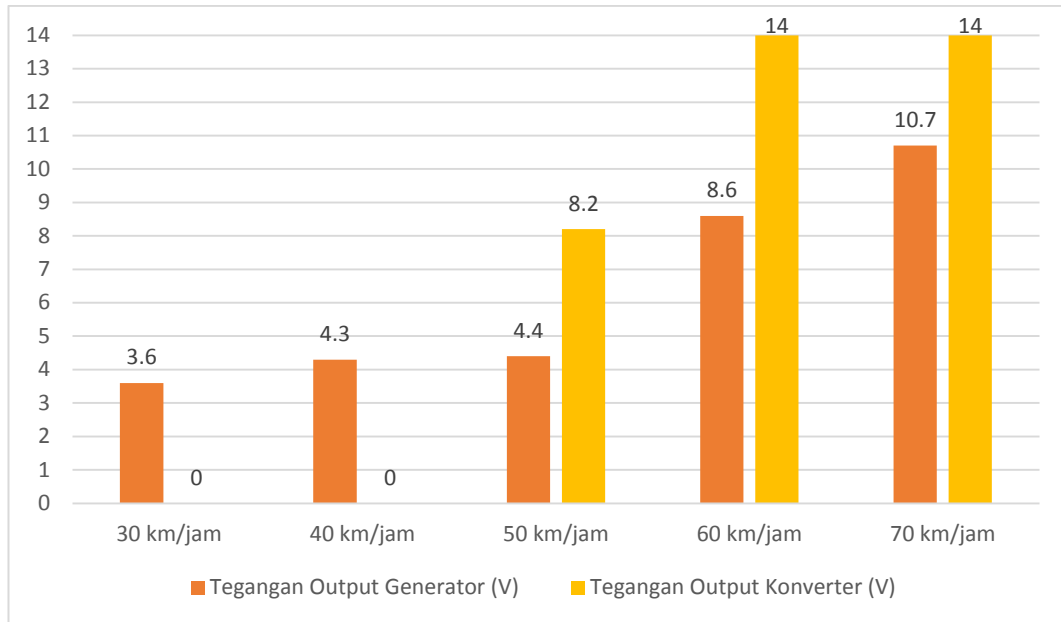
sebesar 10,7 V, arus terbesar terdapat pada kecepatan 50 km/jam yaitu sebesar 0,11 A. Semakin besar kecepatan sepeda motor, maka putaran turbin akan semakin besar.

4.2.2 Pengujian Pada Waktu Siang Hari (10.00 – 15.00 WIB)

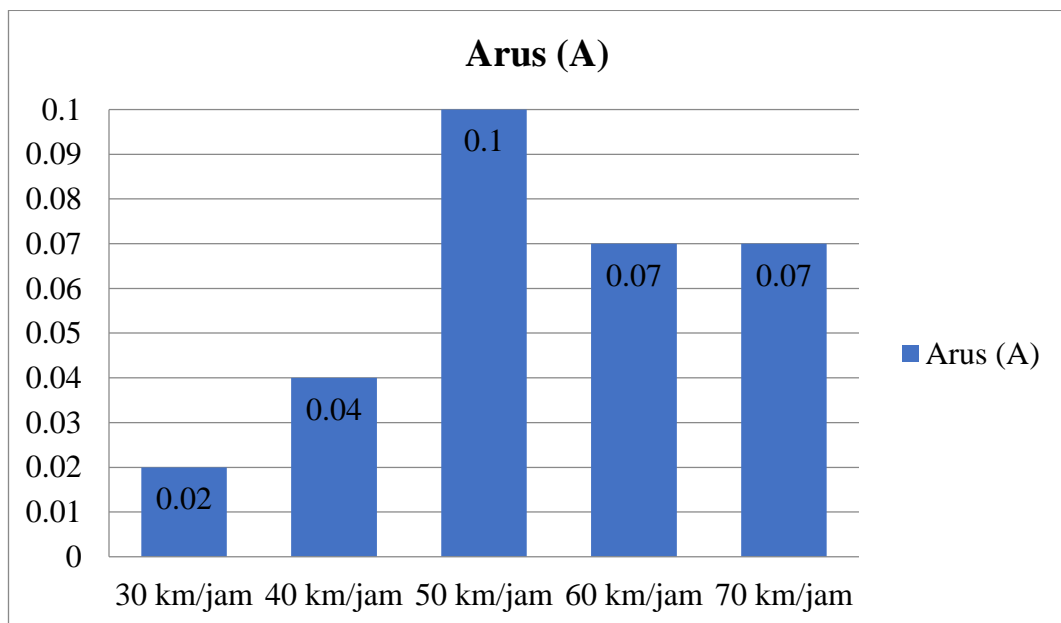
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada saat siang hari.

Tabel 4.2 Data pengamatan siang hari.

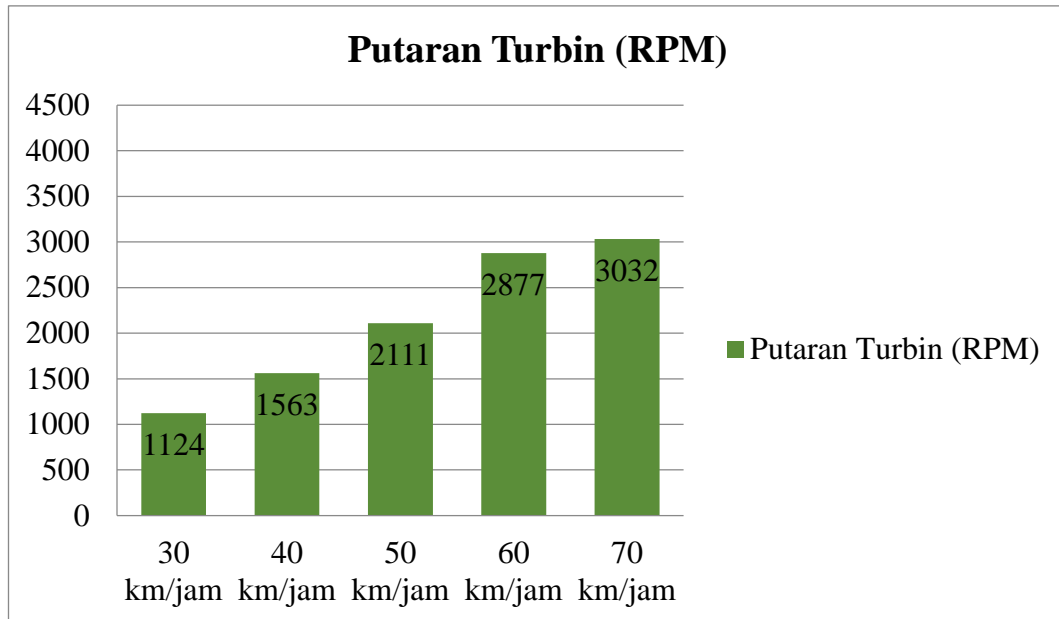
NO	Kecepatan Sepeda Motor		Tegangan Output (V)		Arus (A)	Putaran Turbin (RPM)
	(km/jam)	(m/s)	Generator	Konverter		
1	30	8,3	3,6	0	0,02	1124
2	40	11,1	4,3	0	0,04	1563
3	50	13,9	4,4	8,2	0,10	2111
4	60	16,7	8,6	14	0,07	2877
5	70	19,4	10,7	14	0,07	3032



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan sepeda motor pada siang hari.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan sepeda motor pada siang hari.



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan sepeda motor pada siang hari.

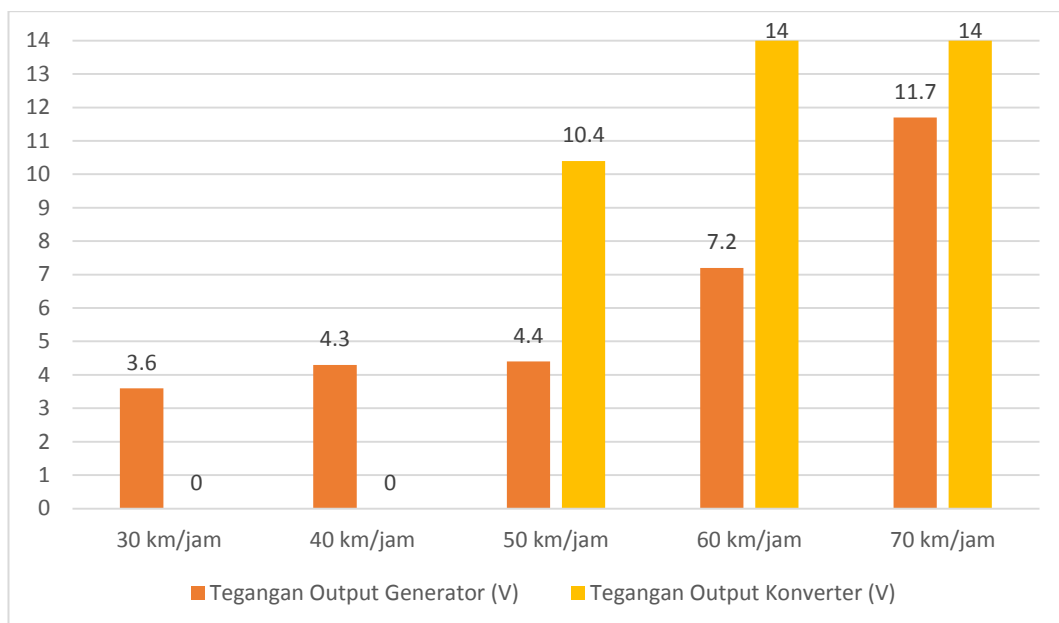
Dari data tabel dan grafik diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,6 V, arus terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 0,02 A. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu sebesar 10,7 V, arus terbesar terdapat pada kecepatan 50 km/jam yaitu sebesar 0,10 A. Semakin besar kecepatan sepeda motor, maka putaran turbin akan semakin besar.

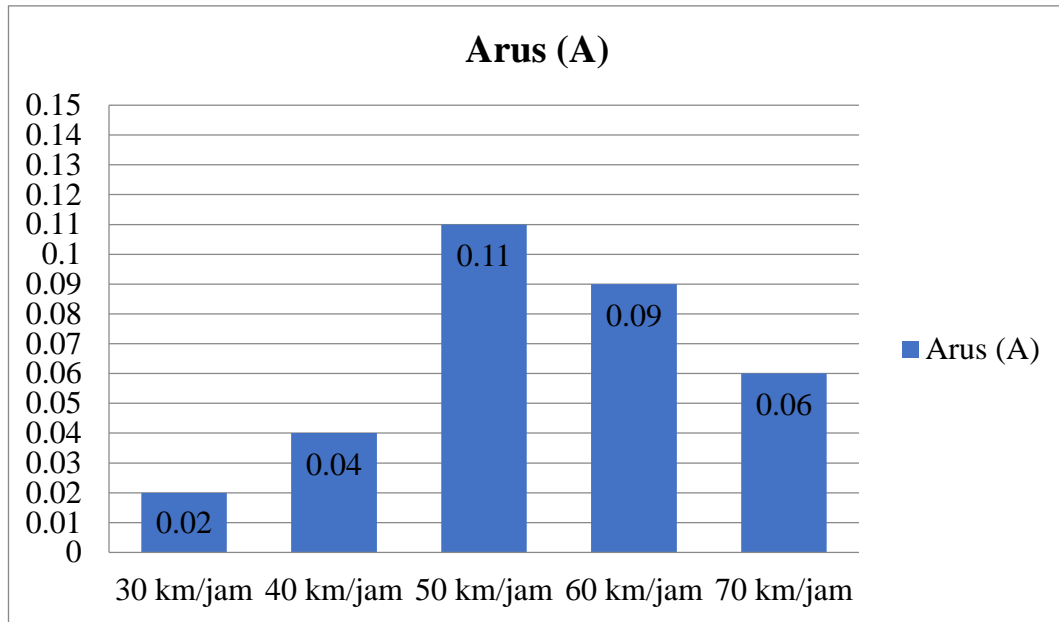
4.2.3 Pengujian Pada Waktu Sore Hari (15.00 – 18.00 WIB)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada saat sore hari.

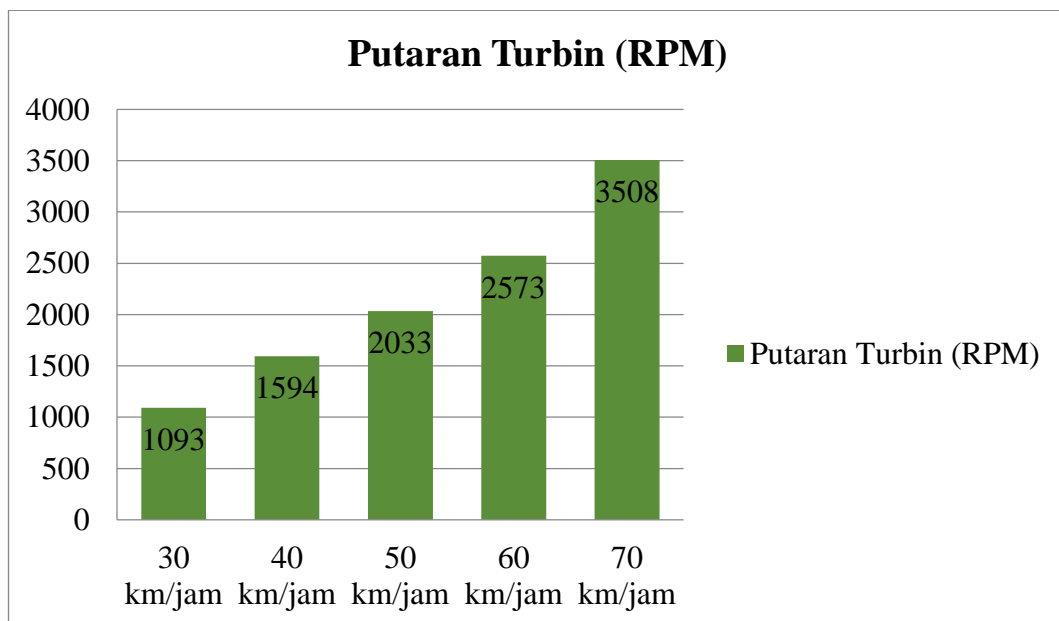
Tabel 4.3 Data pengamatan sore hari.

NO	Kecepatan Sepeda Motor		Tegangan Output (V)		Arus (A)	Putaran Turbin (RPM)
	(km/jam)	(m/s)	Generator	Konverter		
1	30	8,3	3,6	0	0,02	1093
2	40	11,1	4,3	0	0,04	1594
3	50	13,9	4,4	10,4	0,11	2033
4	60	16,7	7,2	14	0,09	2573
5	70	19,4	11,7	14	0,06	3508

**Gambar 4.7** Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan sepeda motor pada sore hari.



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan sepeda motor pada sore hari.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan sepeda motor pada sore hari.

Dari data tabel dan grafik diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,6 V, arus terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 0,02 A. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu

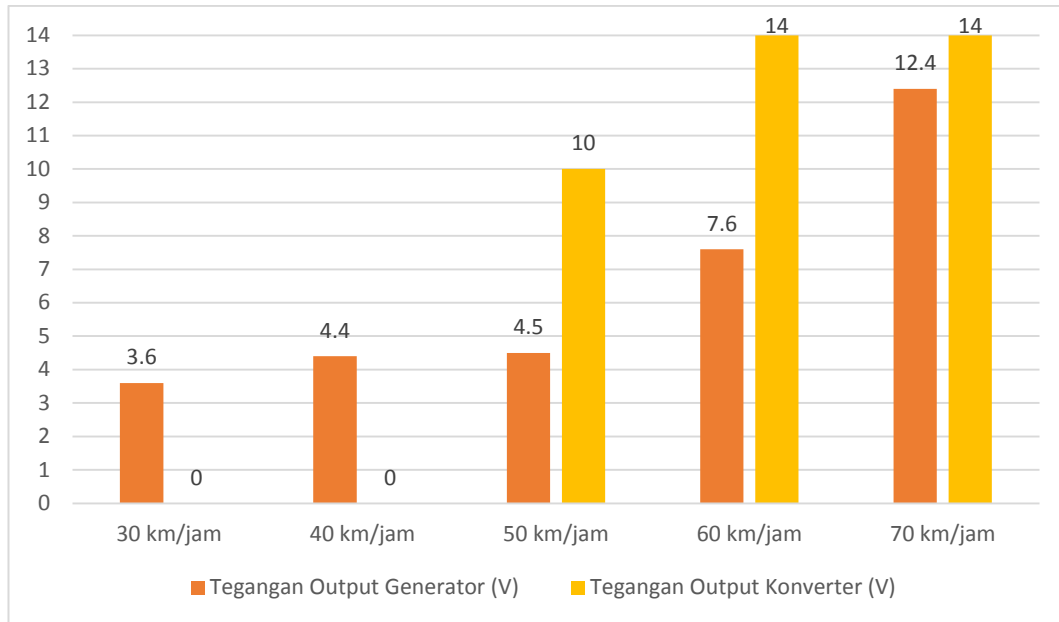
sebesar 11,7 V, arus terbesar terdapat pada kecepatan 50 km/jam yaitu sebesar 0,11 A. Semakin besar kecepatan sepeda motor, maka putaran turbin akan semakin besar.

4.2.4 Pengujian Pada Waktu Malam Hari (19.00 – 24.00 WIB)

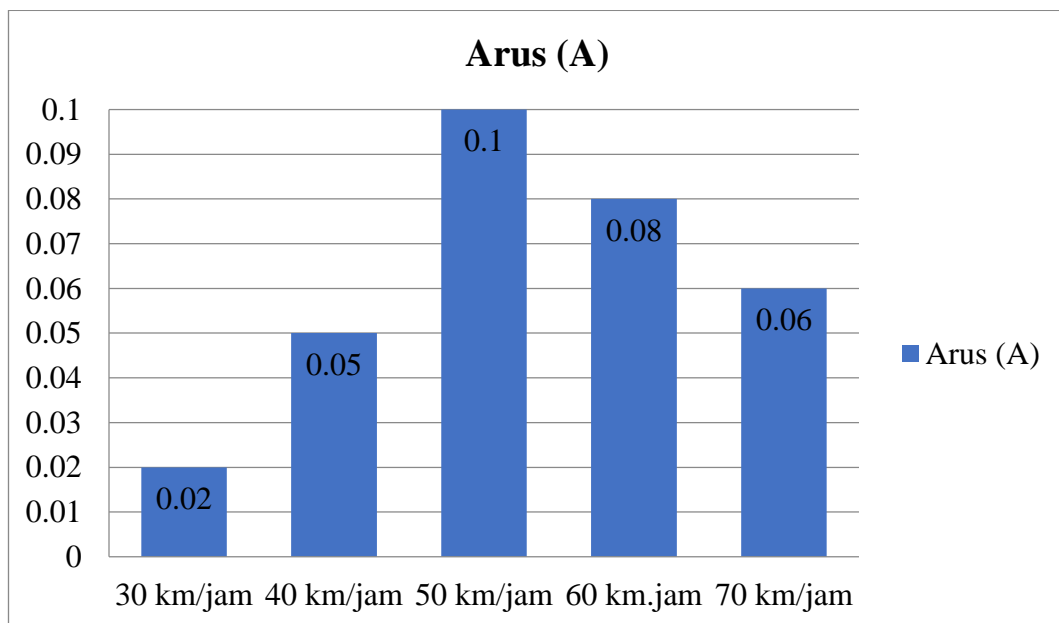
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada saat malam hari.

Tabel 4.4 Data pengamatan malam hari.

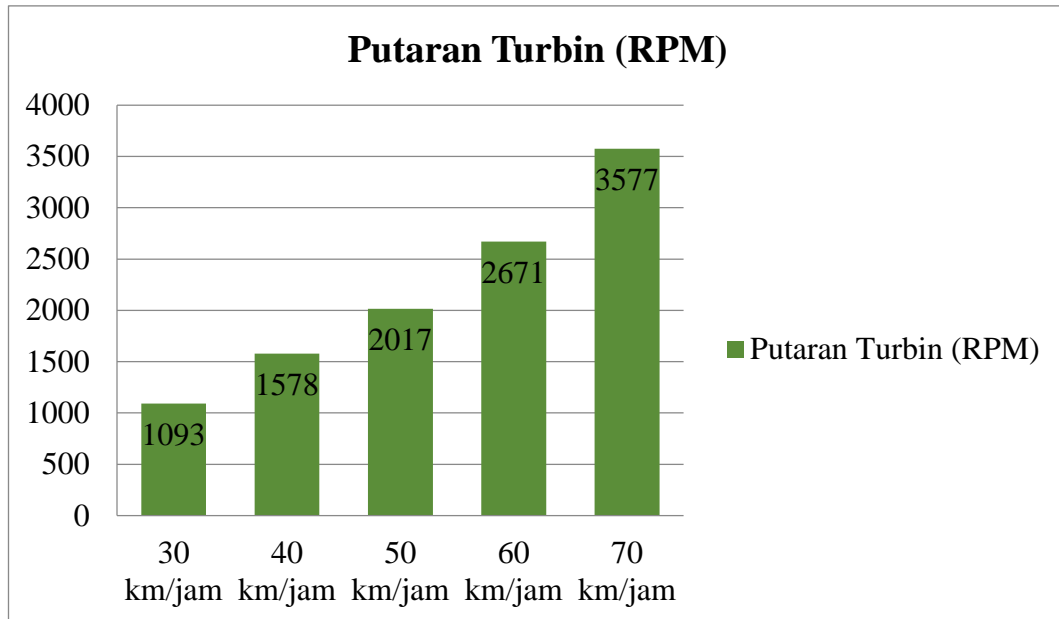
NO	Kecepatan Sepeda Motor		Tegangan Output (V)		Arus (A)	Putaran Turbin (RPM)
	(km/jam)	(m/s)	Generator	Konverter		
1	30	8,3	3,6	0	0,02	1093
2	40	11,1	4,4	0	0,05	1578
3	50	13,9	4,5	10	0,09	2017
4	60	16,7	7,6	14	0,08	2671
5	70	19,4	12,4	14	0,06	3577



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan sepeda motor pada malam hari.



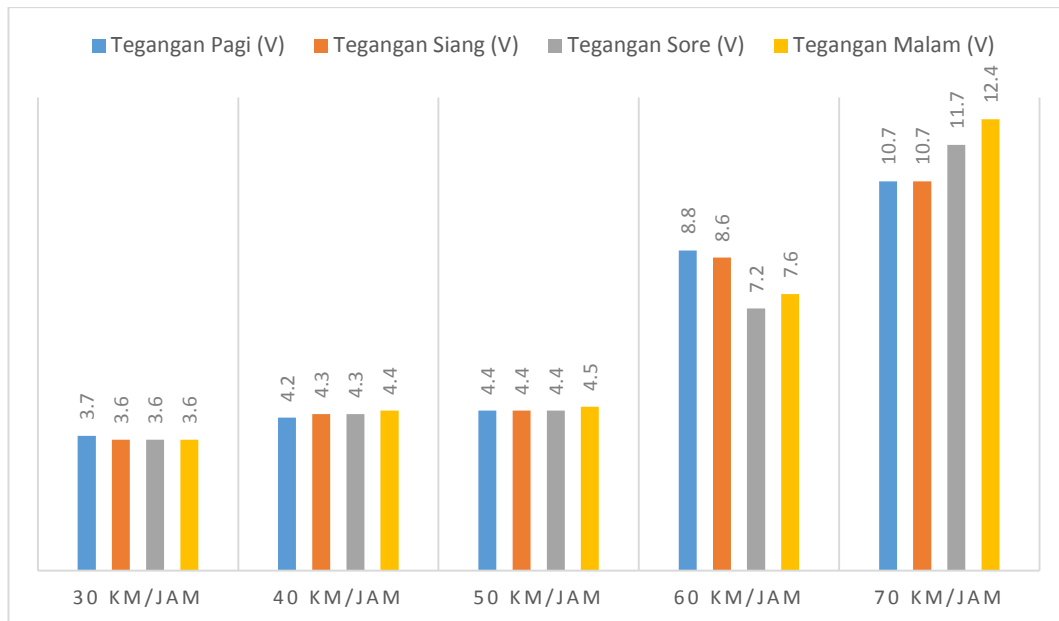
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan sepeda motor pada malam hari.



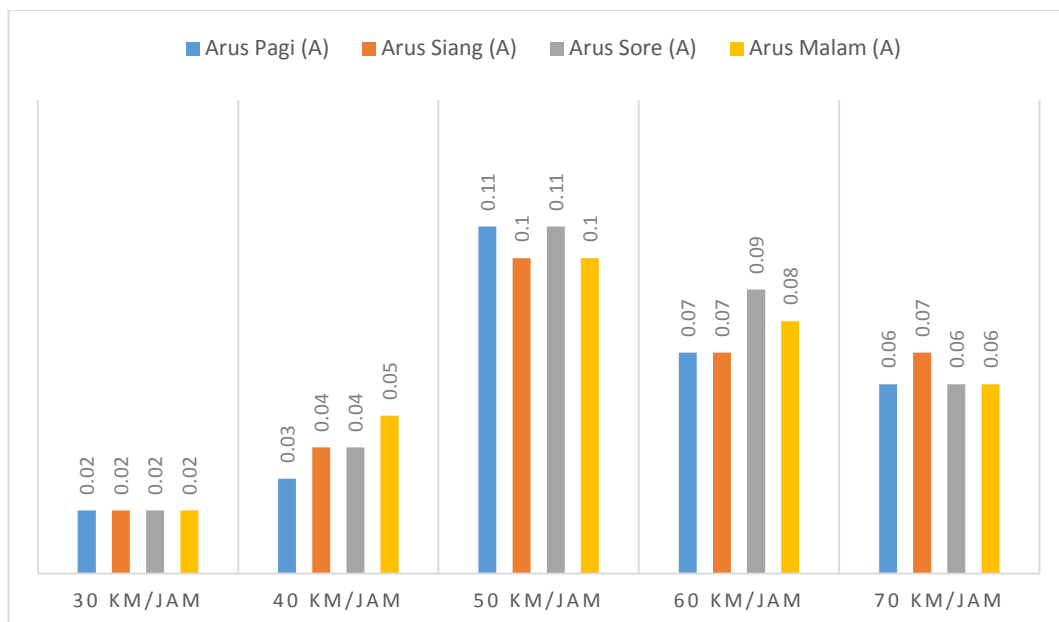
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan sepeda motor pada malam hari.

Dari data tabel dan grafik diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,6 V, arus terkecil terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 0,02 A. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu sebesar 12,4 V, arus terbesar terdapat pada kecepatan 50 km/jam yaitu sebesar 0,10 A. Semakin besar kecepatan sepeda motor, maka putaran turbin akan semakin besar.

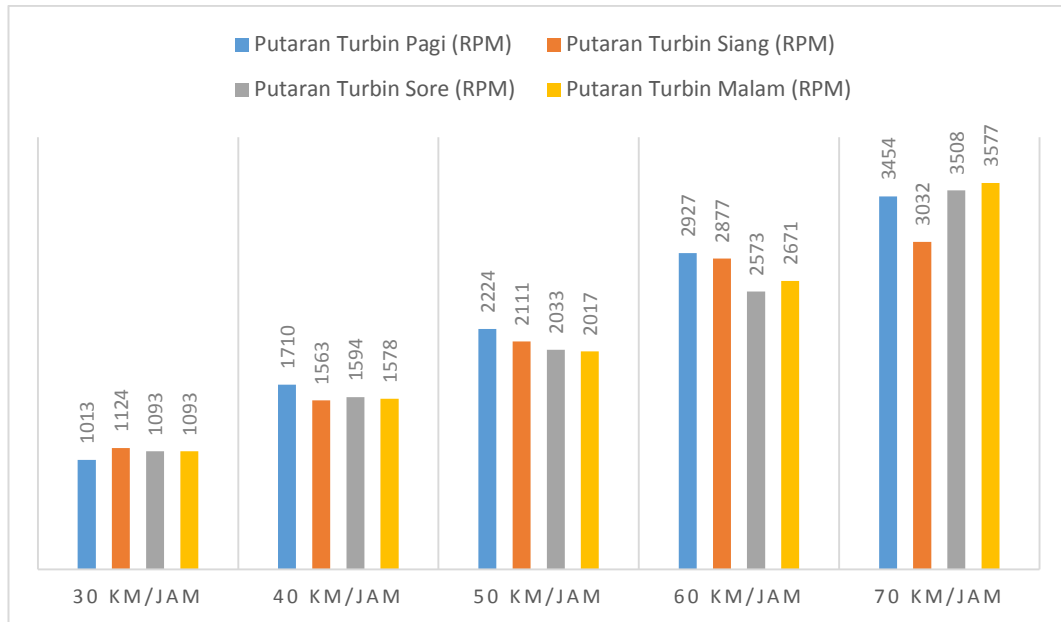
4.2.5 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Putaran Turbin Pada Waktu Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari



Gambar 4.13 Grafik perbandingan nilai tegangan pada waktu pagi, siang, sore, dan malam hari.



Gambar 4.14 Grafik perbandingan nilai arus pada waktu pagi, siang, sore, dan malam hari.



Gambar 4.15 Grafik perbandingan nilai putaran turbin pada waktu pagi, siang, sore, dan malam hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan alat mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor serta melakukan penelitian dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Adapun langkah dalam perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor adalah sebagai berikut:
 - a) Menghubungkan *shaft* turbin dengan *shaft* generator.
 - b) Memasang turbin dan generator pada besi spion kiri yang telah dimodifikasi.
 - c) Memasang alat yang telah dirakit di bagian dudukan spion kiri sepeda motor.
 - d) Menyambungkan terminal positif generator ke terminal *input* positif konverter, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.
 - e) Menyambungkan terminal negatif generator ke terminal *input* negatif konverter, dengan salah satu kabel amperemeter. Kabel *output* amperemeter diteruskan ke terminal negatif konverter. Serta memparalelkannya dengan terminal negatif voltmeter.
 - f) Menyambungkan terminal *output* positif konverter ke terminal positif baterai, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.

- g) Menyambungkan terminal *output* negatif konverter ke terminal negatif baterai, serta memparalelkannya pada terminal negatif voltmeter.
2. Semakin bertambahnya kecepatan sepeda motor, maka putaran turbin semakin besar. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator.
 3. Dari hasil analisa yang dilakukan yaitu pagi, siang, sore, dan malam tegangan terendah yang dihasilkan adalah 3,6 V yaitu pada kecepatan 30 km/jam, dan tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 12,4 V yaitu pada kecepatan 70 km/jam di malam hari.
 4. Konverter akan aktif (*output* 14 V dc) pada saat kecepatan sepeda motor 60 km/jam dan 70 km/jam atau tegangan *output* generator sebesar 5 V dc keatas.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dari alat ini agar lebih sempurna, maka ada beberapa saran sebagai berikut:

1. Pengembangan alat ini masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya peningkatan jenis generator, bahan dasar turbin, serta kualitas konverter yang lebih baik.
2. Perlunya bahan yang tahan terhadap air untuk melindungi komponen seperti generator, konverter, voltmeter dan amperemeter dari hujan, agar alat ini dapat dioperasikan pada berbagai macam cuaca.
3. Adapun tugas akhir ini dapat dilanjutkan dengan penambahan metode-metode terbaru.

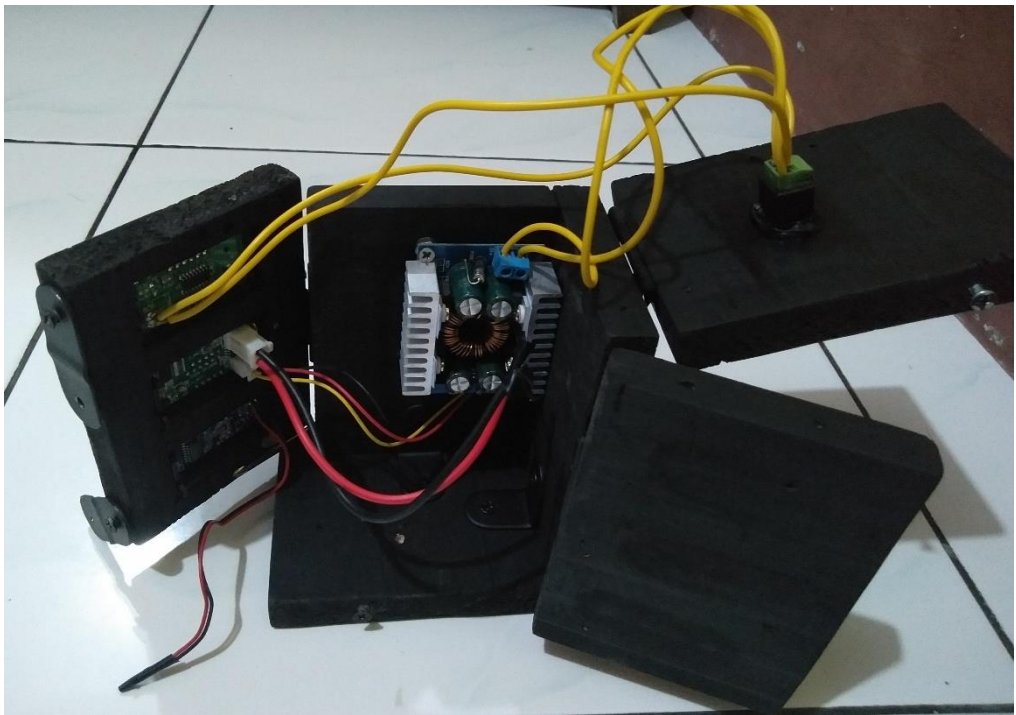
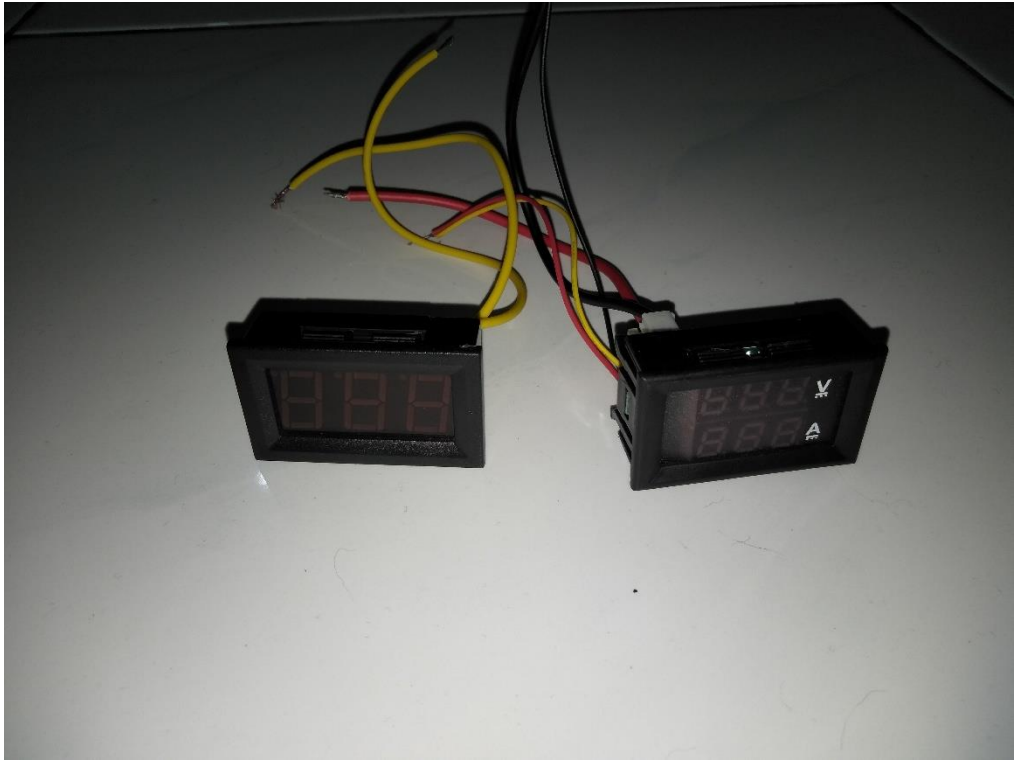
DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. dkk Arianto, “Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal,” *Pengaruh Kecepatan Angin ISSN*, vol. 3, no. 1. pp. 2088–88, 2013.
- [2] R. Yunginger and N. S. Nawir, “Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo,” vol. 15, pp. 1–15, 2015.
- [3] G. Suwoto, “Karakterisasi Turbin Angin Poros Horizontal Dengan Variasi Bingkai Sudu Flat Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin,” pp. 1–9, 2014.
- [4] A. H. Wahyudi Budi Pramono^{1*}, Warindi², “Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah,” 2015.
- [5] Fitri Anggraini, “Pemanfaatan Energi Angin Pada Sepeda Motor Bergerak Untuk Menyalakan Lampu,” vol. 4, no. 02, 2016.
- [6] Rohana and Suwarno, “Optimization circuit based buck-boost converter for charging the solar power plant,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 254–258, 2017.
- [7] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, “Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel,” pp. 59–68, 2015.
- [8] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, “Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen,” *IIndustri Inov. nstitut Teknol. Nas. Malang*, vol. 5, pp. 19–24, 2015.
- [9] B. Prasetyo *et al.*, “Analisis kinerja turbin angin sumbu horizontal tipe tsd 500 pada beban konstan,” vol. 10, no. 1, pp. 14–18, 2014.
- [10] T. A. Adlie and Z. Efendi, “Analisa Biaya Pembuatan Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Wilayah Pesisir Kota Langsa,” pp. 1–7, 2015.
- [11] E. sarwono²⁾ Rahmat Nanang, Gunarto¹⁾, “Studi Eksperimental Berbagai Macam Jenis Sudu Turbin Angin Sumbu Horisontal Skala Laboratorium,” vol. 3, no. 2, pp. 113–120, 2017.
- [12] J. Emitor, A. Budiman, A. R. Hakim, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, “Desain Generator Magnet Permanen,” vol. 12, no. 01, pp. 59–67, 2005.
- [13] S. Armayasari and S. Razali, M, Suwarno “Application of Buck Boost Converter on Wind Power and Photovoltaic,” vol. 6, no. 8, pp. 2666–2669, 2016.

LAMPIRAN

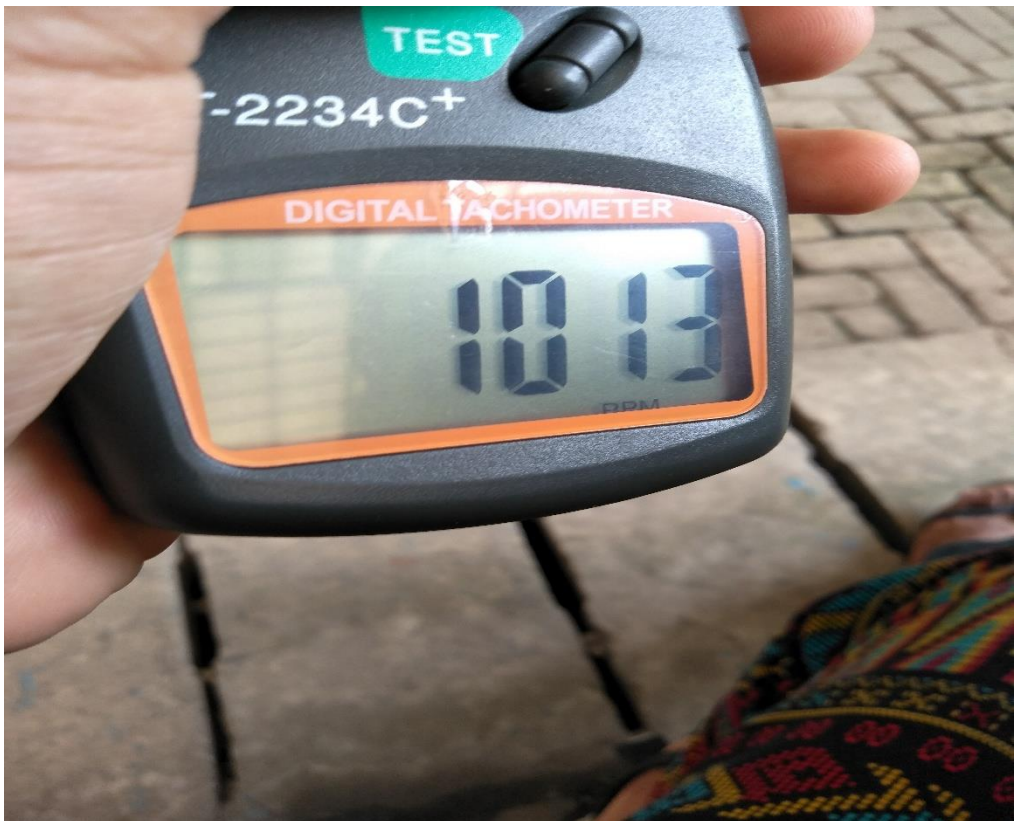


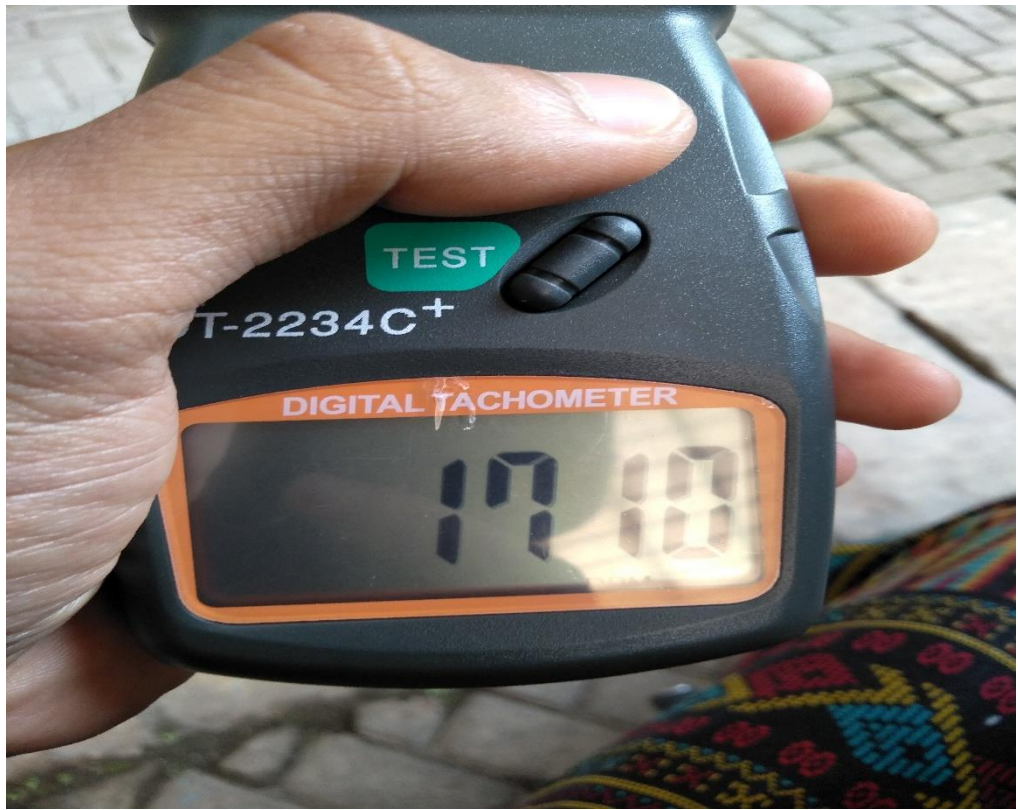








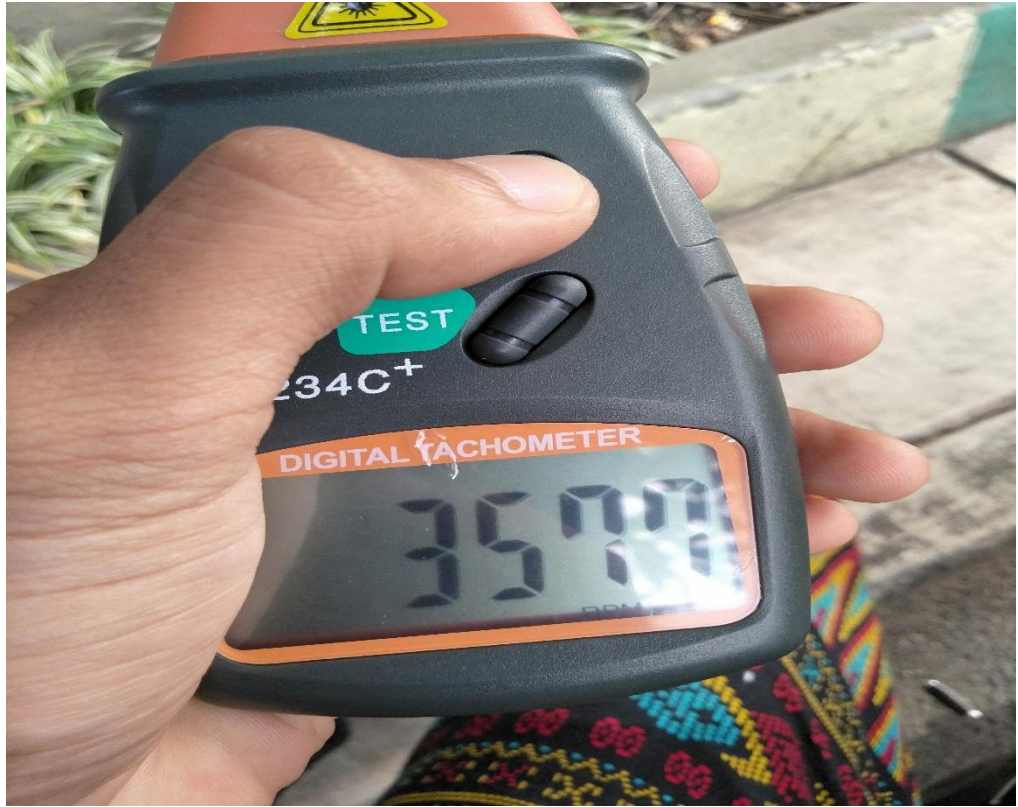


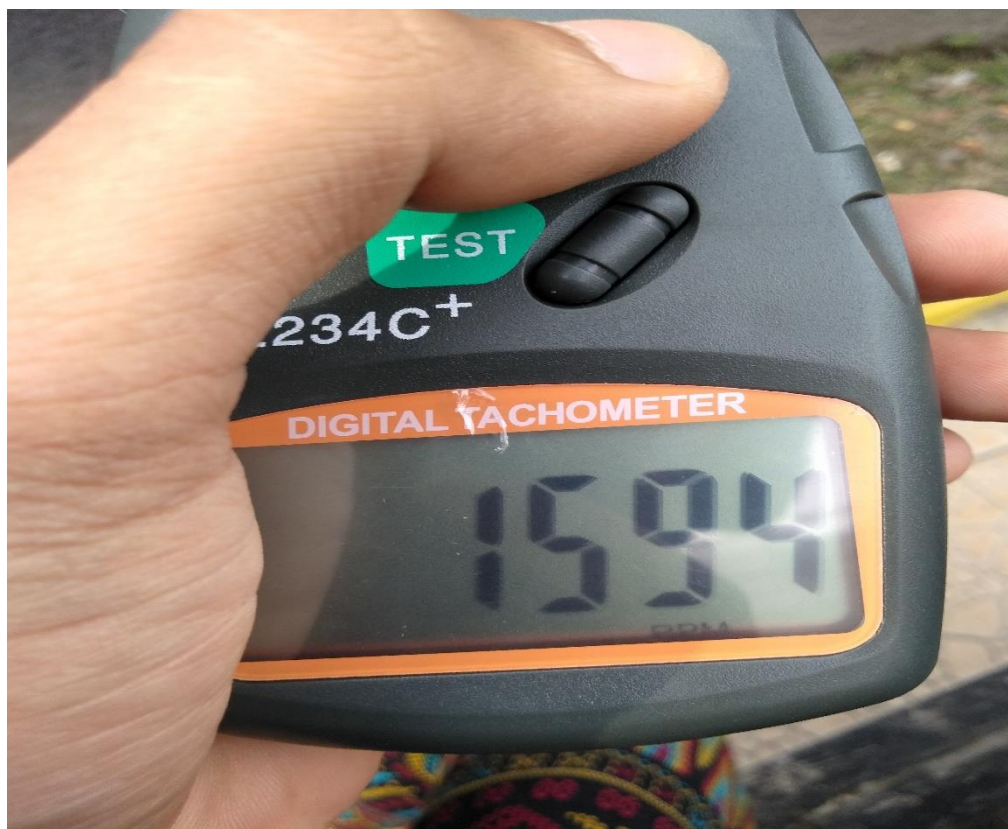




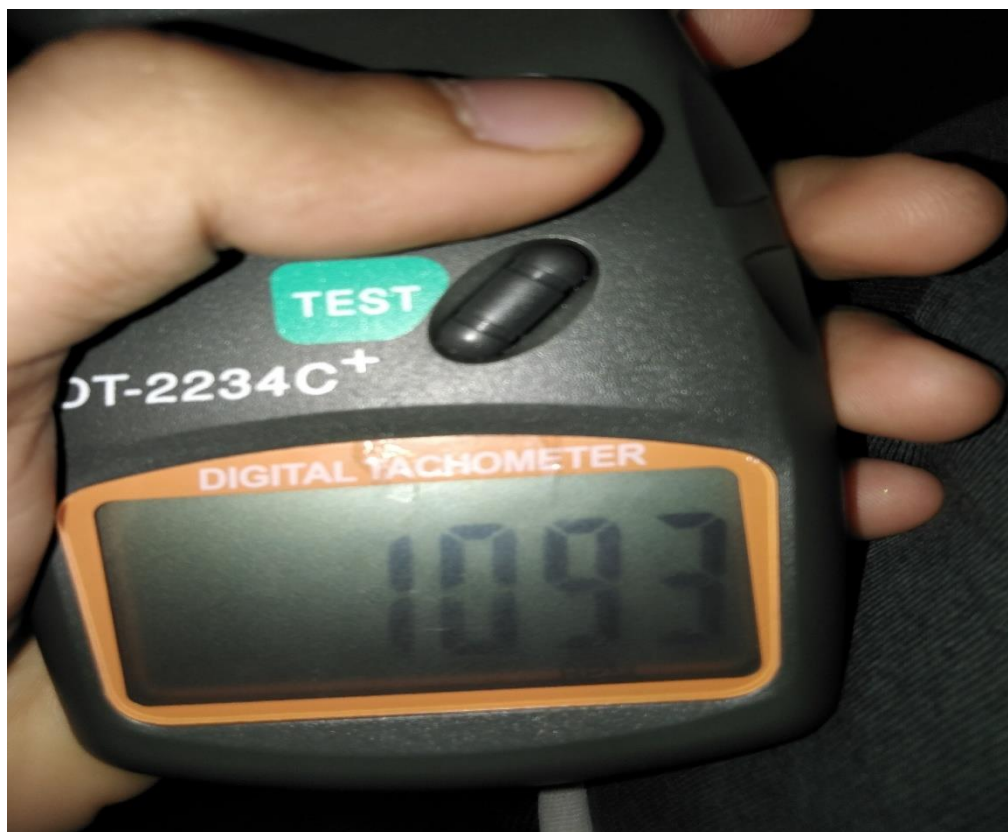


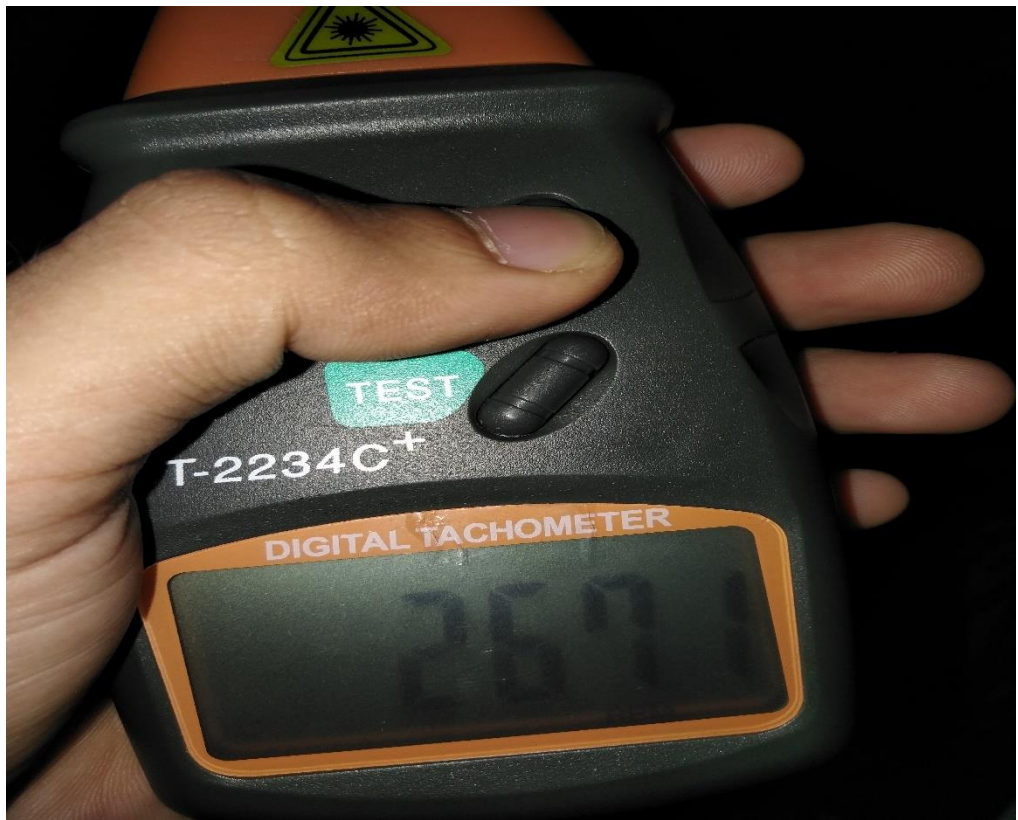


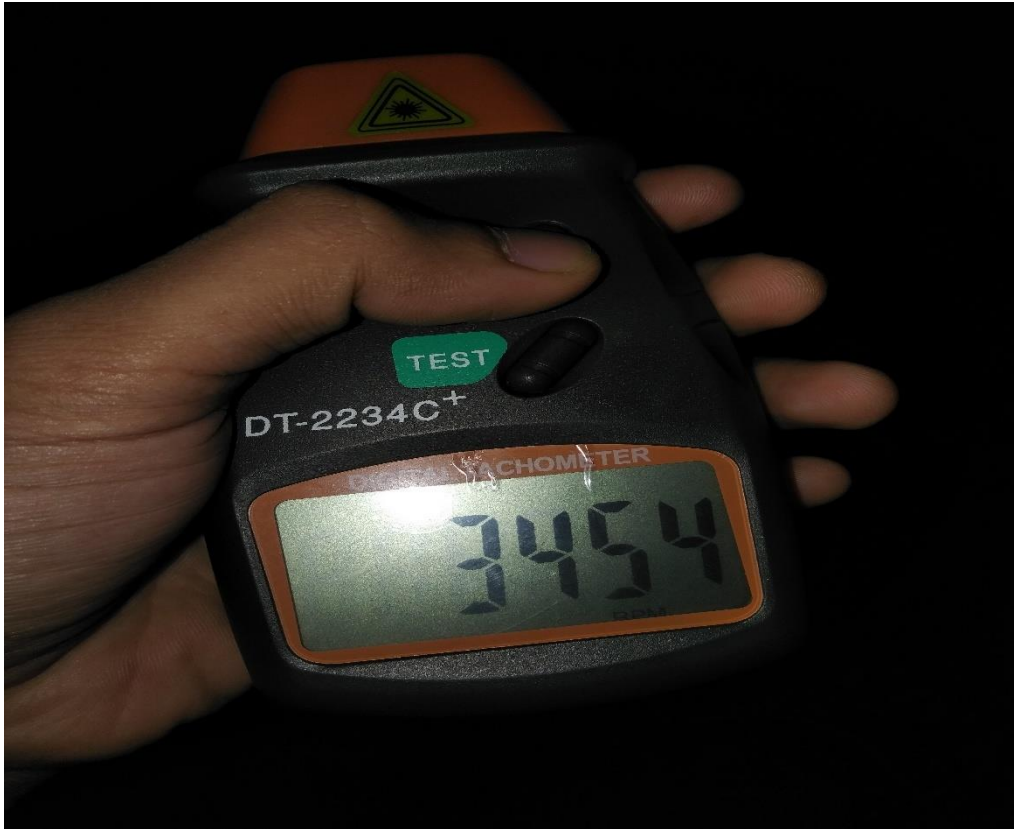












PERANCANGAN MINI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN PADA SEPEDA MOTOR

Muhammad Maulia Rafasandi¹⁾, Suwarno²⁾, Indra Roza³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3)} Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

ABSTRAK - Energi angin merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan. Potensi energi angin di Indonesia sangatlah besar, namun masih kurang dimanfaatkan. Memanfaatkan energi angin yang berskala kecil agar menjadi energi listrik, dapat dirancang mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor dengan menggunakan turbin sebagai media perubah energi angin menjadi energi gerak, dimana pergerakan turbin diteruskan ke shaft generator, generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Penelitian ini menguji seberapa besar energi listrik yang dihasilkan pada perbedaan kecepatan antara 30, 40, 50, 60, 70 km/jam pada perbedaan waktu pagi, siang, sore, dan malam hari. Dari pengujian yang dilakukan tegangan terendah terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,6 V pada sore hari dan tegangan tertinggi terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu sebesar 12,4 V pada malam hari. Setiap kecepatan sepeda motor memiliki putaran turbin yang berbeda-beda, semakin tinggi kecepatan sepeda motor maka akan semakin besar putaran turbinnya. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator. Putaran turbin terendah didapat pada saat kecepatan sepeda motor 30 km/jam dan putaran turbin tertinggi didapat pada saat kecepatan sepeda motor 70 km/jam. Konverter akan aktif (output 14 V dc) pada saat kecepatan sepeda motor 60 km/jam dan 70 km/jam atau tegangan output generator sebesar 5 V dc keatas.

Kata Kunci: Energi angin, pembangkit mini, turbin, generator dc, konverter dc.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenaga listrik sebagai salah satu sistem energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Terlebih pada masa sekarang ini, muncul tantangan dan dimensi-dimensi baru yang dihadapi umat manusia sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan aspek- aspek kehidupan yang harus dipenuhi oleh pengadaan tenaga listrik semakin meningkat. Kebutuhan akan listrik sangatlah besar di daerah perkotaan maupun di pedesaan, sejalan dengan meningkatnya pembangunan kesejahteraan masyarakat, berbagai upaya telah dilakukan untuk penyediaan listrik sampai pada pelosok-pelosok desa[1].

Angin merupakan udara yang bergerak yang terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Adanya perbedaan suhu udara ini karena adanya perbedaan tekanan udara di permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke

daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Pada dasarnya angin yang bertiup di permukaan bumi terjadi karena adanya penerimaan radiasi surya yang tidak merata di permukaan bumi, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara[2].

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB) mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin cukup sederhana, yaitu energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan baterai sebelum dapat dimanfaatkan[3].

Pembangkit energi listrik tenaga angin dengan kecepatan rendah secara garis besar mempunyai fungsi dan cara kerja yang sama dengan pembangkit energi listrik tenaga angin lainnya. Hanya saja perbedaannya terletak pada jenis dan desain turbin angin untuk kecepatan rendah. Maka

dari itu untuk memaksimalkan energi listrik yang dihasilkan dilakukan modifikasi beberapa peralatan seperti pada turbin, transmisi, generator, dan peralatan penunjang lainnya[4].

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pemanfaatan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah namun punya potensi yang sangat besar. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil. Inovasi dalam memodifikasi kincir angin perlu dikembangkan agar pada kondisi kecepatan angin yang rendah dapat menghasilkan energi listrik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan kajian teknis terhadap mesin konversi energi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber energi angin secara optimal dalam menghasilkan energi listrik[5].

Tabel 2.1 Kondisi Angin di Indonesia.

Tabel Kondisi Angin			
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kecepatan Angin km/jam	Kecepatan Angin knot/jam
1	0.3 ~ 1.5	1 ~ 5.4	0.58 ~ 2.92
2	1.6 ~ 3.3	5.5 ~ 11.9	3.11 ~ 6.42
3	3.4 ~ 5.4	12.0 ~ 19.5	6.61 ~ 10.5

4	5.5 ~ 7.9	19.6 ~ 28.5	10.7 ~ 15.4
5	8.0 ~ 10.7	28.6 ~ 38.5	15.6 ~ 20.8
6	10.8 ~ 13.8	38.6 ~ 49.7	21.0 ~ 26.8
7	13.9 ~ 17.1	49.8 ~ 61.5	27.0 ~ 33.3
8	17.2 ~ 20.7	61.6 ~ 74.5	33.5 ~ 40.3
9	20.8 ~ 24.4	74.6 ~ 87.9	40.5 ~ 47.5
10	24.5 ~ 28.4	88.0 ~ 102.3	47.7 ~ 55.3
11	28.5 ~ 32.6	102.4 ~ 117.0	55.4 ~ 63.4
12	>32.6	>118	>63.4

Indonesia, negara kepulauan yang 2/3 wilayahnya adalah lautan dan mempunyai garis pantai terpanjang di dunia yaitu $\pm 80.791,42$ Km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga angin. Pada akhir tahun 2007 telah dibangun kincir angin pembangkit dengan kapasitas kurang dari 800 watt, dibangun di empat lokasi, masing-masing di Pulau Selayar tiga unit, Sulawesi Utara dua unit, dan Nusa Penida, Bali, serta Bangka Belitung, masing-masing satu unit. Kemudian, di seluruh Indonesia, lima unit kincir angin pembangkit berkapasitas masing-masing 80 kilowatt (kW) mulai dibangun[3].

Implementasi nyata PLTB di Indonesia pada tahun 2009 mencapai 1,4 MW (WWEA 2010) yang tersebar di Pulau Selayar (Sulawesi Utara), Nusa Penida (Bali), Yogyakarta, dan Bangka Belitung. Mengacu pada kebijakan energi nasional, maka PLTB ditargetkan mencapai 250 MW pada tahun 2025[3].

2.2 Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Apabila dipanaskan, udara memuai udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi, udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi[6].

Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur 0° , adalah daerah yang mengalami pemanasan lebih banyak dari matahari dibanding daerah lainnya di Bumi, artinya udara di daerah khatulistiwa akan lebih tinggi dibandingkan dengan udara di daerah kutub. Pertukaran panas pada atmosfer akan terjadi secara konveksi. Berat jenis dan tekanan udara yang disinari cahaya matahari akan lebih kecil dibandingkan jika tidak disinari. Perbedaan berat jenis dan tekanan inilah yang akan menimbulkan adanya pergerakan udara[2].

Arah angin adalah arah dari mana angin berhembus atau dari mana arus angin datang dan dinyatakan dalam derajat yang ditentukan dengan arah perputaran jarum jam dan dimulai dari titik utara bumi dengan kata lain sesuai dengan titik kompas. Umumnya arus angin diberi nama dengan arah darimana angin tersebut bertiup, misalnya angin yang berhembus dari utara maka angin utara. Kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dan dinyatakan dalam knot atau kilometer per jam maupun dalam meter per detik[2].

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama

yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan formula[2]:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- E = Energi kinetik (Joule)
- m = Massa udara (kg)
- v = Kecepatan angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan suatu blok udara mempunyai penampang dengan luas A (m^2), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A \cdot v \cdot \rho \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

- m = Massa udara (kg)
- A = Luas Penampang (m^2)
- v = Kecepatan angin (m/det)
- ρ = Kerapatan udara (kg/m^3)

Dengan persamaan (1) dan (2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu :

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot v^3 \cdot \rho \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

- P = Daya Listrik (Watt)
- A = Luas Penampang (m^2)
- v = Kecepatan angin (m/det)
- ρ = Kerapatan udara (kg/m^3)

2.3 Turbin

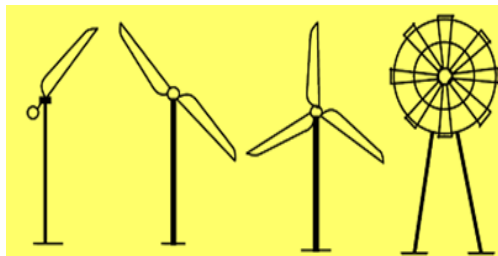
Turbin angin adalah sebuah alat yang memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubahnya kedalam bentuk energi gerak putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Energi gerak yang berasal dari angin akan diteruskan menjadi gaya gerak dan torsi pada poros generator yang kemudian akan dihasilkan energi listrik. Turbin angin adalah mesin penggerak yang memanfaatkan angin sebagai penggerakannya. Berdasarkan arah sumbu gerakannya, turbin angin terbagi menjadi 2, yaitu: turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin sumbu horizontal memiliki sumbu putar yang sejajar dengan tanah. Turbin angin sumbu vertikal memiliki

sumbu putar yang arahnya tegak lurus dengan tanah[6].

2.3.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horisontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor[7].

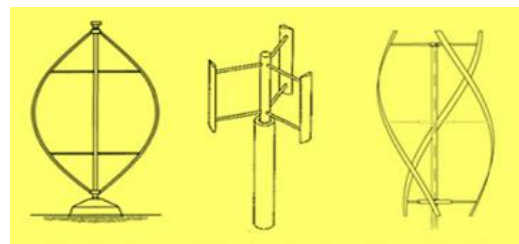
Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah putaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski 4 memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi esistensi angin dari bilah-bilah itu[7].



Gambar 2.1 Jenis turbin angin sumbu horizontal berdasarkan jumlah sudu.

2.3.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal adalah jenis turbin angin yang pertama dibuat manusia. Pada awalnya, putaran rotornya hanya memanfaatkan efek magnus yaitu karena adanya selisih gaya drag pada kedua sisi rotor atau sudu sehingga menghasilkan momen gaya terhadap sumbu putar rotor. Salah satu contoh turbin angin sumbu vertikal jenis drag adalah turbin angin savonius, yang mana terdiri dari dua atau tiga lembar pelat yang dilengkungkan pada arah tangensial yang sama terhadap sumbu putar. Turbin angin poros vertikal atau yang lebih dikenal memiliki ciri utama yaitu keberadaan poros tegak lurus terhadap arah aliran angin atau tegak lurus terhadap permukaan tanah. Keuntungan dari konsep turbin angin sumbu vertikal adalah lebih sederhana perancangannya dan pembuatannya dibandingkan turbin angin sumbu horizontal. Keuntungan-keuntungan tersebut diantaranya adalah memungkinkan penempatan komponen mekanik, komponen elektronik, transmisi roda gigi, dan generator dekat dengan permukaan tanah. Rotor turbin angin sumbu vertikal berputar tanpa dipengaruhi arah datangnya angin sehingga tidak membutuhkan mekanisme pengatur arah (seperti ekor) seperti pada turbin angin sumbu horizontal[6].



Gambar 2.2 Jenis turbin angin sumbu vertikal.

2.4 Generator DC

Generator DC adalah generator yang menghasilkan arus searah. Prinsip kerja generator DC sama dengan generator AC. Namun, pada generator DC arah arus induksinya tidak berubah. Hal ini disebabkan cincin yang digunakan pada generator DC berupa cincin belah (komutator). Komutator menyebabkan

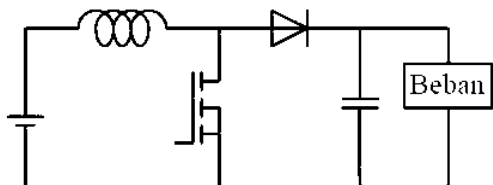
terjadinya komutasi, peristiwa komutasi merubah arus yang dihasilkan generator menjadi searah[8].

Berdasarkan penggunaan penguat medan, generator DC ada dua macam, yaitu generator DC tanpa penguatan medan dan generator DC dengan penguatan medan. Generator DC dengan penguatan medan terbagi menjadi dua, yaitu generator DC dengan medan terpisah dan generator DC dengan penguat sendiri.

2.5 Konverter DC

Konverter DC ke DC adalah sebuah rangkaian penyalakan elektronik yang dapat membuat sumber tegangan searah menjadi tegangan searah dengan besar tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Pengaturan tegangan dapat dilakukan di luar konverter atau di dalam konverter. Pengaturan tegangan di luar konverter dilakukan dengan mengatur variasi tegangan searah masukan konverter. Pengaturan tegangan di dalam konverter dikenal sebagai Modulasi Lebar Pulsa (Pulse Width Modulation, PWM).

2.5.1 Konverter Penaik Tegangan (*Boost Converter*)

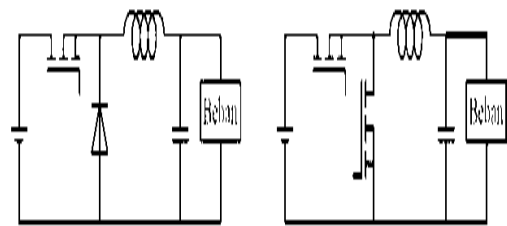


Gambar 2.3 Rangkaian konverter dc-dc tipe *boost*.

Boost converter merupakan jenis konverter dc to dc untuk menaikkan tegangan input yang tetap ke level tegangan yang lebih tinggi sesuai dengan keinginan. Proses transfer energi dari sumber ke beban hanya terjadi ketika siklus off dari satu periode switching.

2.5.2 Konverter Penurun Tegangan (*Buck Converter*)

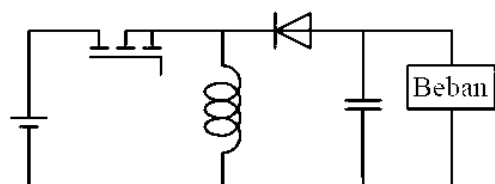
Konverter jenis *buck* merupakan konverter penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.4, rangkaian ini terdiri atas satu saklar aktif (MOSFET), satu saklar pasif (diode), kapasitor dan induktor sebagai tapis keluarannya.



Gambar 2.4 Rangkaian konverter DC-DC tipe *buck*.

2.5.3 Konverter Penaik-Penurun Tegangan (*Boost-Buck Converter*)

Konverter boost-buck dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada sumbernya. Skema konverter ini dapat dilihat pada gambar 2.5. Rangkaian kontrol daya penyalakan akan memberikan sinyal kepada MOSFET. Jika MOSFET OFF maka arus akan mengalir ke induktor, energi yang tersimpan di induktor akan naik. Saat saklar MOSFET ON energi di induktor akan turun dan arus mengalir menuju beban. Dengan cara seperti ini, nilai rata-rata tegangan keluaran akan sesuai dengan rasio antara waktu pembukaan dan waktu penutupan saklar. Hal inilah yang membuat topologi ini bisa menghasilkan nilai rata-rata tegangan keluaran/beban bisa lebih tinggi maupun lebih rendah daripada tegangan sumbernya.



Gambar 2.5 Rangkaian konverter DC-DC tipe *boost-buck*.

2.6 Baterai

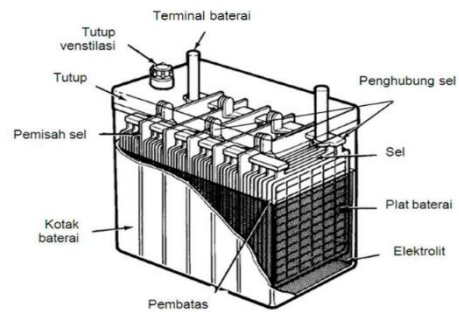
Baterai adalah perangkat elektronika yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik. Setiap baterai memiliki terminal positif (Anoda) dan terminal negatif (Katoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (*Direct Current*). Jika anoda dan katoda dihubungkan ke beban, maka akan ada arus yang mengalir dari anoda ke beban kemudian ke katoda. Aliran arus dari anoda ke katoda disebabkan oleh beda potensial antara anoda dan katoda. Sesuai dengan prinsip arus listrik dimana arus listrik akan mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Jika diantara anoda tidak terdapat perbedaan potensial lagi maka arus tidak dapat mengalir. Kondisi ini dinamakan dengan habisnya energi yang tersimpan pada baterai.

Pada umumnya, baterai terdiri dari dua jenis utama yaitu baterai primer yang hanya dapat digunakan sekali (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*). Salah satu baterai yang dapat diisi ulang adalah jenis baterai Lithium-ion Polimer (Li-Po). Baterai Li-Po merupakan jenis baterai terbaru jika dibandingkan dengan jenis – jenis baterai rechargeable sebelumnya seperti Nikel-Cadmium (Ni-Cd), Nikel-Metal Hydride (Ni-MH), atau Lithium-Ion (Li-Ion). Li-Po merupakan pengembangan dari Li-ion yang didasarkan pada pengembangan elektrokimia. Li-Po mengandung elektrolit polimer yang berbentuk gel bukan cairan elektrolit yang umum. Hasilnya berupa sel plastik yang secara teoritis bisa lebih fleksibel, dapat dibuat dalam berbagai bentuk tanpa resiko kebocoran elektrolit. Kelebihan dari Li-Po jika dibandingkan dengan Ni-Cd dan Ni-MH adalah ukurannya yang relatif kecil namun kapasitasnya penyimpanannya besar.

Seperti halnya baterai Ni-MH, baterai Li-Po lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Akan tetapi baterai Li-Ion tidak berbahaya, melainkan tetap mengandung sedikit zat

berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan lingkungan hidup jika dibuang tanpa didaur ulang (*recycle*) terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan baterai Li-Po mudah terbakar jika tersulut api. Perawatan baterai Li-Po tidak jauh berbeda dengan baterai Li-Ion.

Fungsi baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem starter, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen komponen kelistrikan lainnya. Alat ini menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplainya ke masing-masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya. Karena di dalam proses baterai kehilangan energi kimia, maka alternator mensuplainya kembali ke dalam baterai (yang disebut pengisian). Baterai menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia.



Gambar 2.6 Konstruksi baterai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Jalan Mustang, Kelurahan Suka Damai Kecamatan Medan Polonia, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu Penelitian direncanakan berlangsung selama lebih kurang 5 bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.2.1 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk Perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor yaitu:

13. Kipas pendingin komputer sebagai turbin.
14. *Coupler* sebagai penghubung *shaft* turbin dengan *shaft* generator.
15. Generator DC sebagai pembangkit listrik.
16. Besi kaca spion sebagai dudukan turbin dan generator.
17. Voltmeter dan amperemeter sebagai pengukur tegangan dan arus pada rangkaian.
18. Konverter DC *auto buck-boost* sebagai penaik tegangan *output* generator.
19. Baterai sebagai beban.
20. Konektor sebagai penghubung kabel *output* turbin dengan *input* konverter.
21. Kabel sebagai penghubung dari satu terminal ke terminal lainnya.
22. *Box*/kotak sebagai dudukan bahan pendukungnya.
23. *Clamp* sebagai dudukan generator.
24. Sekrup dan baut sebagai pengikat.

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan penunjang yang digunakan untuk membuat mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor, yaitu:

9. Sepeda Motor sebagai media percobaan.
10. Obeng positif sebagai pengencang dan pengendur sekrup/baut.
11. Tang potong sebagai pengupas dan pemotong kabel.
12. Multimeter sebagai pengukur kontinuitas rangkaian.
13. Bor listrik sebagai pembuat lobang untuk dudukan bahan.
14. Kunci pas 14 mm untuk mengencangkan dan mengendurkan *nut* antara dudukan *box*/kotak dengan sepeda motor.
15. Tachometer sebagai penghitung putaran turbin.
16. *Phone holder*, sebagai dudukan *box* pada sepeda motor.

3.3 Tahapan Perancangan Material

3.3.1 Mengaplikasikan Alat

Adapun langkah kerja pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

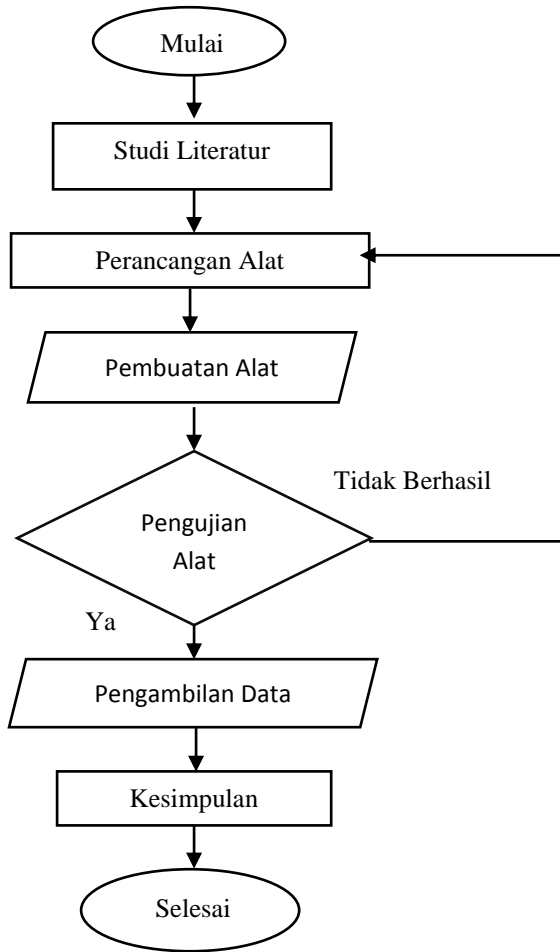
- J. Menghubungkan *shaft* turbin dengan *shaft* generator.
- K. Memasang turbin dan generator pada besi spion kiri yang telah dimodifikasi.
- L. Memasang alat yang telah dirakit di bagian dudukan spion kiri sepeda motor.
- M. Menyambungkan terminal positif generator ke terminal *input* positif konverter, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.
- N. Menyambungkan terminal negatif generator ke terminal *input* negatif konverter, dengan salah satu kabel amperemeter. Kabel *output* amperemeter diteruskan ke terminal negatif konverter. Serta memparalelkannya dengan terminal negatif voltmeter.
- O. Menyambungkan terminal *output* positif konverter ke terminal positif baterai, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.
- P. Menyambungkan terminal *output* negatif konverter ke terminal negatif baterai, serta memparalelkannya pada terminal negatif voltmeter.
- Q. Mencatat setiap gejala yang muncul pada alat ukur, dengan mencatat besarnya tegangan yang dihasilkan generator.
- R. Menarik kesimpulan dari apa yang telah diperoleh dari hasil pengamatan.

3.3.2 Pengambilan Data

Data yang akan diambil pada penelitian ini adalah:

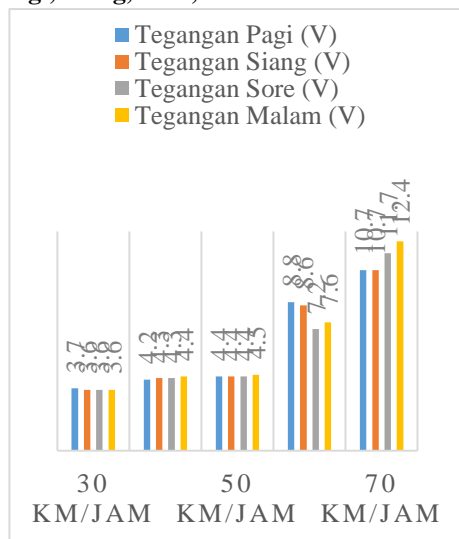
5. Kecepatan sepeda motor pada 30, 40, 50, 60, dan 70 km/jam.
6. Putaran turbin.
7. Tegangan yang dihasilkan oleh generator dc.
8. Arus yang dihasilkan generator dc.

3.4 Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

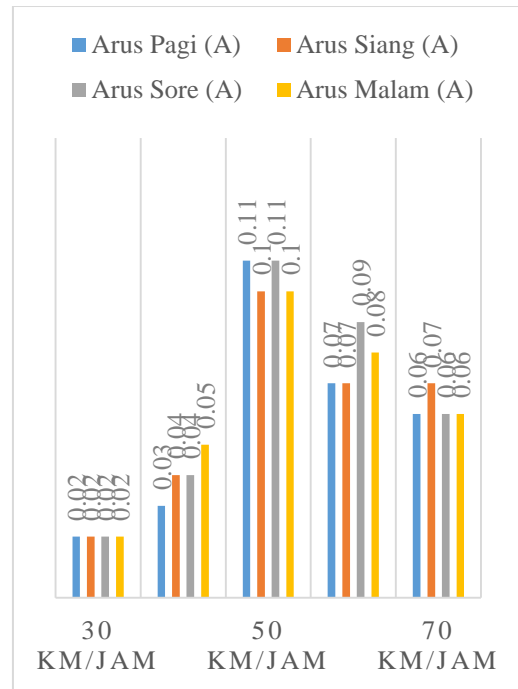


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

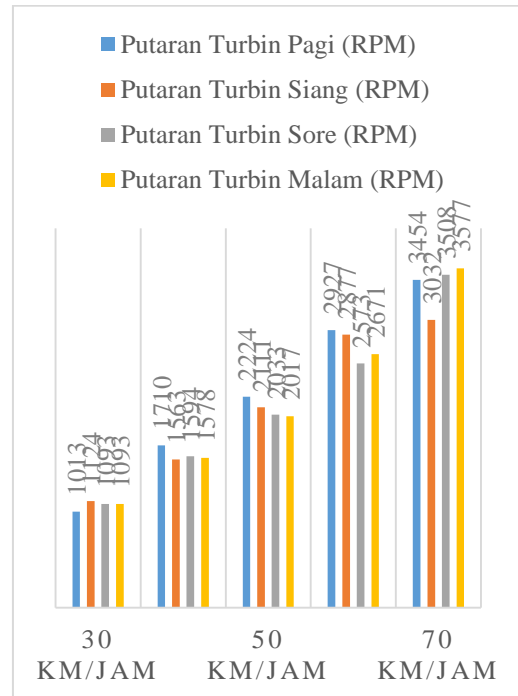
3.5 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Putaran Turbin Pada Waktu Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari



Gambar 3.2 Grafik perbandingan nilai tegangan pada waktu pagi, siang, sore, dan malam hari.



Gambar 3.3 Grafik perbandingan nilai arus pada waktu pagi, siang, sore, dan malam hari.



Gambar 3.4 Grafik perbandingan nilai putaran turbin pada waktu pagi, siang, sore, dan malam hari.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari perancangan alat mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor serta melakukan penelitian dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

5. Adapun langkah dalam perancangan mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor adalah sebagai berikut:
 - h) Menghubungkan *shaft* turbin dengan *shaft* generator.
 - i) Memasang turbin dan generator pada besi spion kiri yang telah dimodifikasi.
 - j) Memasang alat yang telah dirakit di bagianudukan spion kiri sepeda motor.
 - k) Menyambungkan terminal positif generator ke terminal *input* positif konverter, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.
 - l) Menyambungkan terminal negatif generator ke terminal *input* negatif konverter, dengan salah satu kabel amperemeter. Kabel *output* amperemeter diteruskan ke terminal negatif konverter. Serta memparalelkannya dengan terminal negatif voltmeter.
 - m) Menyambungkan terminal *output* positif konverter ke terminal positif baterai, serta memparalelkannya pada terminal positif voltmeter.
 - n) Menyambungkan terminal *output* negatif konverter ke terminal negatif baterai, serta memparalelkannya pada terminal negatif voltmeter.
6. Semakin bertambahnya kecepatan sepeda motor, maka putaran turbin semakin besar. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator.
7. Dari hasil analisa yang dilakukan yaitu pagi, siang, sore, dan malam tegangan terendah yang dihasilkan adalah 3,6 V yaitu pada kecepatan 30 km/jam, dan

tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 12,4 V yaitu pada kecepatan 70 km/jam di malam hari.

8. Konverter akan aktif (*output* 14 V dc) pada saat kecepatan sepeda motor 60 km/jam dan 70 km/jam atau tegangan *output* generator sebesar 5 V dc keatas.

4.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dari alat ini agar lebih sempurna, maka ada beberapa saran sebagai berikut:

4. Pengembangan alat ini masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya peningkatan jenis generator, bahan dasar turbin, serta kualitas konverter yang lebih baik.
5. Perlunya bahan yang tahan terhadap air untuk melindungi komponen seperti generator, konverter, voltmeter dan amperemeter dari hujan, agar alat ini dapat dioperasikan pada berbagai macam cuaca.
6. Adapun tugas akhir ini dapat dilanjutkan dengan penambahan metode-metode terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. dkk Arianto, "Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal," *Pengaruh Kecepatan Angin ISSN*, vol. 3, no. 1. pp. 2088–88, 2013.
- [2] R. Yunginger and N. S. Nawir, "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo," vol. 15, pp. 1–15, 2015.
- [3] G. Suwoto, "Karakterisasi Turbin Angin Poros Horizontal Dengan Variasi Bingkai Sudu Flat Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin," pp. 1–9, 2014.
- [4] A. H. Wahyudi Budi Pramono^{1*}, Warindi², "Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah," 2015.

- [5] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, "Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen," *Industri Inov. nstitut Teknol. Nas. Malang*, vol. 5, pp. 19–24, 2015.
- [6] T. A. Adlie and Z. Efendi, "Analisa Biaya Pembuatan Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Wilayah Pesisir Kota Langsa," pp. 1–7, 2015.
- [7] E. sarwono2) Rahmat Nanang, Gunarto1), "Studi Eksperimental Berbagai Macam Jenis Sudu Turbin Angin Sumbu Horisontal Skala Laboratorium," vol. 3, no. 2, pp. 113–120, 2017.
- [8] J. Emitor, A. Budiman, A. R. Hakim, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Desain Generator Magnet Permanen," vol. 12, no. 01, pp. 59–67, 2005.



Medan, 29 September 2018

Biodata Penulis

Nama : Muhammad Maulia Rafasandi
 NPM : 1407220019
 TTL : Medan, 29 Agustus 1993
 Alamat : Jl. Brig. Jend. Katamso Gg. Kopi
 No. 30 Medan
 Email : mmauliarafasandi@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

1998 – 1999 : RA/TKA Ulumul Qur'an
 1999 – 2005 : SDN 064961
 2005 – 2008 : SMP N 28 Medan
 2008 – 2011 : SMK N 2 Medan
 2014 : Universitas
 Muhammadiyah
 Sumatera Utara, Fakultas
 Teknik Elektro