

**SKRIPSI**  
**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK KINCIR ANGIN**  
**MENGGUNAKAN EMPAT SUMBU HORIZONTAL**



Oleh:

**A. M. HIDAYATULLAH IQSYAH**

**NIM: 10582119113**

**RISWAN**

**NIM: 10582113413**

**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**2017 / 2018**

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK KINCIR ANGIN  
MENGUNAKAN EMPAT SUMBU HORIZONTAL**

**Skripsi**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana  
Program Studi Teknik listrik  
Jurusan teknik elektro  
Fakultas Teknik

Disusun Dan diajukan oleh

**A. M. HIDAYATULLAH IQSYAH**

**10582119113**

**RISWAN**

**10582113913**

PADA

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**MAKASSAR**

**2017**



# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK KINCIR ANGIN MENGGUNAKAN EMPAT SUMBU HORIZONTAL.**

Nama : 1. A. M. Hidayatullah Iqsyah  
2. Riswan

Stambuk : 1. 10582 1191 13  
2. 10582 1134 13

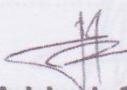
Makassar, 23 Januari 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

  
Adriani, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro

  
Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

NBM : 990 410



# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## PENGESAHAN

Skripsi atas nama A. M. Hidayatullah Iqsyah dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1191 13 dan Riswan dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1134 13 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 20 Januari 2018.

Panitia Ujian :

Makassar, 07 Jumadil Awal 1439 H  
23 Januari 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T

b. Sekretaris : Anugrah, S.T., M.M

3. Anggota : 1. Dr. Umar Katu, S.T., M.T

2. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T., M.T

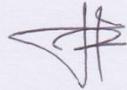
3. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

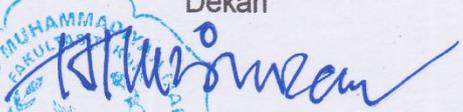
Pembimbing II

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

  
Adriani, S.T., M.T

Dekan



  
Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang tak berkesudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proposal ini dengan baik.

Penyelesaian tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik.

Dalam menyelesaikan perancangan dan tugas akhir ini penulis telah dibantu oleh beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, keselamatan dan kesehatan baik jasmani dan rohani.
2. Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi panutan kita.
3. Dr.H.ABD.Rahman Rahim,SE.,MM. selaku rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ir. Hamzah Al Imran, ST.,MT. selaku dekan satu di Fakultas Teknik.
5. Umar Katu, ST.,MT. selaku ketua jurusan Teknik Elektro.
6. Dr. Ir. Zahir Zainuddin M. Sc, selaku pembimbing satu.
7. Adriani, ST.,MT. selaku pembimbing dua.

8. Seluruh dosen dan stf pengajar, serta pegawai Jurusan Teknik Elektro atas segala ilmu, bantuan, dan kemudahan yang diberikan selama kami menempuh proses perkuliahan.
9. Terima kasih kepada kedua orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, serta seluruh keluarga atas doa, bantuan, nasehat, dan motivasinya.
10. Dan teman – teman yang telah berpartisipasi dalam pelaksanaan perancangan ini kami mengucapkan banyak - banyak terima kasih.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritikan sebagai bahan perbaikan laporan ini. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun semua pihak yang memerlukanya.

Makassar, 22 Desember 2017

Penulis

# PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK KINCIR ANGIN MENGUNAKAN EMPAT SUMBU HORIZONTAL

**A.M. Hidayatullah Iqsyah<sup>1</sup>, Riswan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**E\_mail : [muhammad\\_hidayatullah78@yahoo.com](mailto:muhammad_hidayatullah78@yahoo.com)**

<sup>2</sup>Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**E\_mail : [iriswan46@gmail.com](mailto:iriswan46@gmail.com)**

## ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi listrik terjadi akibat pertambahan penduduk yang tinggi, tetapi hal ini tidak seimbang dengan peningkatan penyediaan tenaga listrik, kapasitas daya terpasang masih tetap, sementara kebutuhan masyarakat terus meningkat. Pembangkit listrik yang dimiliki oleh PLN secara umum menggunakan energi yang termasuk tidak terbarukan. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, diperlukan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada (energi terbarukan). Penelitian bertujuan untuk mengkaji cara kerja pembangkit listrik tenaga kincir angin sehingga menghasilkan listrik. Metode yang digunakan antara lain studi literatur yaitu mencari buku, modul yang berkaitan dengan judul penelitian, pengumpulan alat dan bahan, perancangan, pengujian alat dan pengambilan data. Dari hasil pengujian satu kincir angin mampu menghasilkan tegangan 0,76 volt dengan kecepatan kipas angin high, maka kami berinisiatif menambah kincir menjadi empat yang dihubungkan secara seri yang bertujuan menambah tegangan yang dicapai. Dari hasil pengukuran menggunakan empat kincir mendapat hasil tegangan sebesar 2.46 volt dengan kecepatan kipas angin high.

**Kata kunci:** energi listrik, energi terbarukan, kincir angin, pertambahan penduduk, dan tenaga listrik

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL 1.....	i
HALAMAN JUDUL 2.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERBAIKAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
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
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pengertian Energi Angin .....	6
2.2. Asal Energi Angin .....	8
2.3. Prinsip kerja Energi Angin.....	9
2.4. Faktor Yang Berperan Pada Pembangkit Tenaga Angin.....	10
2.5. Defenisi Kincir Angin.....	11

2.6 Konstruksi Turbin Angin.....	12
2.7 Mekanisme Turbin Angin .....	14
2.8 Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia .....	14
2.9 Turbin Angin Sumbu Horizontal.....	18
2.10 Kelebihan dan Kekurangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin .	21
2.10.1 Kelebihan .....	21
2.10.2 Kekurangan.....	21
2.11 Generator DC .....	22
2.12 Arus, Tegangan, dan Daya Listrik.....	23
2.12.1 Arus .....	23
2.12.2 Tegangan .....	24
2.12.3 Daya .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1. Waktu, dan Tempat Pelaksanaan.....	27
3.1.1 Waktu.....	27
3.1.2 Tempat Pelaksanaan .....	27
3.2. Diagram Penelitian .....	28
3.3. Metode Penelitian.....	29
3.4. Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam percangan.....	31
3.5. Spesifikasi dari Alat dan Bahan .....	32
3.6. Jadwal Pengambilan Data .....	35
3.7. Wairing Diagram Penelitian.....	36

BAB IV HASIL PERANCANGAN .....	38
4.1. Hasil.....	38
BAB V PENUTUP.....	46
5.1. Kesimpulan.....	46
5.2. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN.....	49

## DAFTAR GAMBAR

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Prinsip Kerja Energi Angin .....	9
Gambar 2.2	Kincir Angin .....	11
Gambar 2.3	Komponen – Komponen Turbin Angin .....	12
Gambar 2.4	Turbin Angin Horizontal .....	19
Gambar 2.5	Bagian – Bagian Generator DC .....	22
Gambar 3.1	Bagan Alur Dari Proses Perancangan Tugas Akhir .....	28
Gambar 3.2	Skema Perancangan .....	29
Gambar 3.3	Generator Dinamo Drill .....	32
Gambar 3.4	USB DC Step Up Boost .....	33
Gambar 3.5	Multimeter Digital .....	33
Gambar 3.6	Terminal Sambungan Kabel 2 Pin Jepit .....	34
Gambar 3.7	Lampu LED USB 5 Watt .....	34
Gambar 3.8	Wairing Diagram Dari Hasil Perancangan .....	36
Gambar 4.1	Diagram Hasil Pengukuran output tegangan pada penggunaan jumlah turbin .....	39
Gambar 4.2	Diagram Hasil Pengukuran Arus Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan), Beban Lampu, serta Baterai (penyimpanan) dan Beban Lampu .....	44

Gambar 4.3	Diagram Hasil Pengukuran Tegangan Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan), Beban Lampu, serta Baterai (penyimpanan) dan Beban Lampu .....	44
Gambar 4.4	Diagram Hasil Pengukuran Daya Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan), Beban Lampu, serta Baterai (penyimpanan) dan Beban Lampu .....	45

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Potensi Angin per Provinsi .....	15
Tabel 2.2	Kondisi Angin .....	17
Tabel 2.3	Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter di Atas Permukaan Tanah	17
Tabel 3.1	Bahan Yang Digunakan Dalam Perancangan .....	31
Tabel 3.2	Alat Yang Digunakan Dalam Perancangan .....	32
Tabel 3.3	Jadwal Pengambilan Data .....	35
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Percobaan Penggunaan Jumlah Turbin .....	38
Tabel 4.2	Output Pada Saat Diberi Baterai ( penyimpanan ) .....	40
Tabel 4.3	Output Pada Saat Diberi Beban Lampu LED USB .....	41
Tabel 4.4	Output Pada Saat Diberi Baterai ( penyimpanan ) dan Beban Lampu LED USB .....	42

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Peningkatan kebutuhan energi listrik terjadi akibat penambahan penduduk yang tinggi, tetapi hal ini tidak seimbang dengan peningkatan penyediaan tenaga listrik, kapasitas daya terpasang masih tetap, sementara kebutuhan masyarakat terus meningkat. Masyarakat Indonesia tergantung pada pasokan listrik PLN, tidak hanya untuk kebutuhan penerangan tetapi juga untuk mendukung kegiatan ekonomi. Akibat yang ditimbulkan adalah sering terjadi pemadaman aliran listrik oleh PLN, terutama pada saat beban puncak. Hal ini disebabkan oleh akibat pemakaian beban yang melebihi daya yang telah disediakan.

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, maka diperlukan waktu yang tidak sedikit untuk membangun suatu pembangkit tenaga listrik. Para perencana sistem juga harus dapat melihat kemungkinan-kemungkinan perkembangan sistem tenaga listrik di tahun-tahun yang akan datang. Maka dari itu diperlukan pengembangan industri listrik yang meliputi perencanaan pembangkitan, sistem kontrol dan proteksi, serta sistem transmisi dan distribusi listrik yang akan disalurkan hingga sampai pada konsumen. Pembangunan pembangkit skala besar sering terkendala besarnya investasi dan jangka waktu pembangunan yang lama pada pusat-pusat tenaga listrik dibandingkan pembangunan industri yang lain maka perlu diusahakan agar dapat memenuhi kebutuhan tenaga listrik tepat pada waktunya. Dengan

kata lain pembangunan bidang kelistrikan harus dapat mengimbangi kebutuhan tenaga listrik yang akan terus meningkat tiap tahunnya. Pembangkit listrik yang dimiliki oleh PLN secara umum menggunakan energi yang termasuk tidak terbaharui, contoh : batubara dan BBM. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, diperlukan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada (energi terbarukan). PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) adalah pembangkit tenaga listrik dengan sumber energi terbarukan. Hal ini dilihat dari segi ekonomis dan keamanan. Karena dewasa ini cadangan energi fosil semakin berkurang sedangkan kebutuhan konsumsi bahan bakar minyak terus meningkat, hal ini berdampak pada krisis energi.

Secara geografis , Indonesia berpotensi untuk mengembangkan pembangkitan listrik energi alternatif terbarukan tersebut. Salah satunya adalah energi angin yang berhembus relatif stabil sepanjang tahun dengan rata-rata kecepatan 5 m/detik. Dengan menggunakan kincir angin, energi angin yang berhembus dapat diubah menjadi energi listrik yang sangat bermanfaat.

Pembangkit Listrik Tenaga Angin sangat cocok untuk daerah pesisir pantai yang mempunyai kecepatan angin tinggi. PLTB mempunyai keuntungan utama karena sifatnya terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil. Atas dasar pertimbangan untuk

pemenuhan energi listrik, maka dibangun pembangkit yang ekonomis, aman dan handal. Hal ini memotifasi penulis untuk memanfaatkan alternator sebagai pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal.

Maka dari itu kami merancang alat Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo Drill ini untuk dikenalkan pada masyarakat luas bahwa energi angin bisa dijadikan sebuah alternatif untuk dijadikan sebuah pembangkit listrik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara kerja pembangkit listrik tenaga kincir angin sehingga menghasilkan energi listrik ?
2. Berapa besarnya tegangan yang diperoleh dari tiap jumlah kincir angin ?
3. Berapa besarnya output yang diperoleh pada saat diberi beban dan penyimpanan ?
4. Apa kelebihan dan kekurangan dari pemanfaatan energi angin dalam penggunaan pembangkit listrik ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui cara kerja pembangkit listrik tenaga kincir angin sehingga menghasilkan energi listrik
2. Memperoleh hasil ukur tegangan dari tiap jumlah penggunaan kincir angin
3. Memperoleh hasil ukur output pada saat diberi beban dan penyimpanan
4. Mengetahui kelebihan dan kekurangan dari pemanfaatan energi angin dalam penggunaan pembangkit listrik.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan empat kincir angin sumbu horizontal..

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Memasyarakatkan pembangkit listrik tenaga angin dengan memanfaatkan kincir angin sumbu horizontal.
2. Memperbanyak khasanah ilmu pengetahuan khususnya pembangkit listrik tenaga angin dengan memanfaatkan kincir angin sumbu horizontal.
3. Manfaat umum yaitu sebagai sumbangan pemikiran untuk pertimbangan dalam pembangunan pembangkit listrik.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan adalah sebagai berikut:

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika Penulisan dari hasil penelitian yang dilakukan.

##### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian. Teori meliputi pengertian energi angin, asal energi angin, prinsip kerja energi angin, faktor

yang berperan pada pembangkit tenaga angin, definisi kincir angin, konstruksi turbin angin, mekanisme turbin angin, potensi pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia, kincir angin sumbu horizontal, kelebihan dan kekurangan pembangkit listrik tenaga angin, generator DC dan arus, tegangan, dan daya listrik.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Dalam bagian ini akan dibahas perancangan dari alat, yaitu waktu dan tempat pelaksanaan, diagram proses perancangan, dan metode penelitian.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan menampilkan dan menganalisis data yang diperoleh dari hasil penelitian dan pembahasan dari pelaksanaan tindakan yang dilakukan dalam pembuatan tugas akhir ini.

### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi daftar yang mencantumkan spesifikasi sebuah buku yang meliputi judul buku, nama pengarang, penerbit, dan informasi yang terkait.

### **LAMPIRAN**

Berisi tentang dokumentasi pada saat proses perancangan alat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Energi Angin**

PLTB adalah pembangkit listrik tenaga bayu (angin), yaitu memanfaatkan energi angin sebagai sumber energinya. Pemanfaatan energi angin ini yaitu menggunakan kincir angin lalu dihubungkan menggunakan generator ataupun turbin. Setelah itu, proses yang dilakukan akan menghasilkan tenaga listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Lalu, apa sebenarnya definisi atau pengertian energi angin sendiri? Energi angin merupakan bentuk yang jauh berkelanjutan bebas dengan polusi energi. Pemanfaatan angin ini memang sangat disarankan karena jumlahnya yang tidak terbatas dan juga melimpah.

Pemanfaatan energi angin ini sangat menarik karena tidak perlu menggunakan bahan bakar sebagai sumber energi. Tidak hanya itu, pemanfaatan energi angin ini juga tidak memberikan hasil gas rumah kaca dan juga limbah ataupun racun yang berlebihan.

Energi ini berasal dari energi kinetik yang dikonversi dan hadir dalam bentuk angin. Kemudian angin diolah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat atau berguna. Itulah yang dapat disampaikan mengenai pengertian energi angin yang disampaikan secara sederhana. Setelah membacanya, tentu anda sudah dapat membayangkan apa yang dimaksud dengan energi angin.

Salah satu pemanfaatan energi angin ini dapat dilihat pada kincir angin. Namun, contoh pada kincir angin ini cukup klasik karena sudah dilakukan sejak awal penggunaan energi angin. Untuk contoh modernnya yaitu dapat dilihat pada pembangkit listrik tenaga angin dan juga pompa air. Pemanfaatan energi angin tidak hanya diterapkan pada masa-masa modern saja, tetapi sudah dimanfaatkan sejak jaman dahulu. Kincir angin bahkan dapat memompa air, menggiling gandum dan juga menghasilkan listrik sejak jaman dahulu. Bahkan energi angin ini ditemukan dapat menghasilkan listrik yaitu pada awal abad yang ke-20.

Kincir angin tersebut digunakan untuk memompa air lalu terciptalah listrik yang siap untuk dimanfaatkan. Hingga akhirnya metode kincir angin penghasil listrik ini diterapkan diseluruh dunia. Kincir angin dulunya juga dimanfaatkan untuk memompa air yang digunakan untuk mengairi pertanian dan juga peternakan.

Popularitas pemanfaatan energi angin semakin hari semakin meningkat, bahkan sampai saat ini. Pemanfaatan energi angin ini tidak selamanya meningkat sejak awal kemunculannya, bahkan sempat mengalami naik turun. Ketika harga BBM naik maka energi angin ini banyak dimanfaatkan, begitu juga sebaliknya.

Jika harga BBM turun maka pemanfaatan turbin tersebut berkurang atau menurun. Energi angin sendiri memiliki kinetik, dimana energi kinetik tersebut ada pada udara yang bergerak.

## 2.2 Asal Energi Angin

Semua energi yang dapat diperbaharui dan bahkan energi pada bahan bakar fosil-kecuali energi pasang surut dan panas bumi-berasal dari Matahari. Matahari meradiasi  $1,74 \times 1.014$  kilowatt jam energi ke Bumi setiap jam. Dengan kata lain, Bumi menerima  $1,74 \times 1.017$  watt daya.

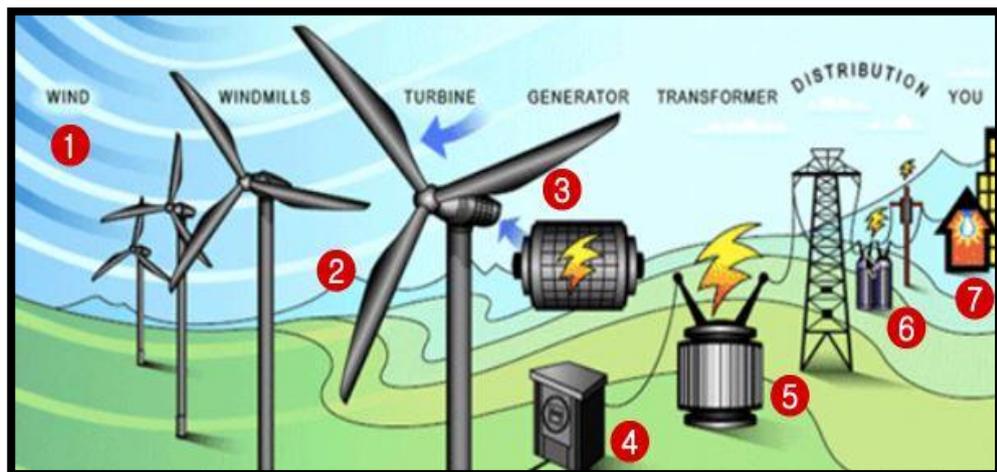
Sekitar 1-2 persen dari energi tersebut diubah menjadi energi angin. Jadi, energi angin berjumlah 50-100 kali lebih banyak daripada energi yang diubah menjadi biomassa oleh seluruh tumbuhan yang ada di muka Bumi.

Sebagaimana diketahui, pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan energi antara udara panas dan udara dingin. Daerah sekitar khatulistiwa yang panas, yaitu pada busur  $0^\circ$ , udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin misalnya daerah kutub. Sebaliknya di daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara, berupa perpindahan udara dari kutub Utara ke garis Khatulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya, suatu perpindahan udara dari garis khatulistiwa kembali ke kutub Utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Udara yang bergerak inilah yang merupakan energy yang dapat diperbaharui, yang dapat digunakan untuk memutar turbin dan akhirnya dapat menghasilkan listrik.

### 2.3 Prinsip Kerja Energi Angin

Energi angin merupakan energi yang sangat fleksibel. Lain halnya dengan energi air, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana mana baik di daerah dataran tinggi maupun di daerah landai, bahkan dapat diterapkan di laut.

Adapun prinsip dasar kerja dari pemanfaatan energi angin ini adalah mengubah energi dari angin menjadi energi putar pada kincir angin, lalu kincir angin digunakan untuk memutar generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Energi Angin

Angin datang (1) menggerakkan kipas/ baling-baling (2) yang terhubung ke generator (3). Prinsip kerja generator berlawanan dengan motor listrik. Motor listrik membutuhkan daya listrik untuk berputar, sedangkan generator akan menghasilkan energi listrik sesuai dengan kecepatan putaran. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator diteruskan ke panel kontrol yang menampung dari berbagai generator (4) untuk kemudian dinaikkan menjadi tegangan

tinggi dengan transformator penaik tegangan (5). Hal ini untuk efisiensi daya dan efisiensi biaya. Karena pada daya yang sama, tegangan lebih tinggi cukup dengan penampang kabel yang lebih kecil ( $\text{daya} = \text{tegangan} \times \text{arus}$ ).

#### **2.4 Faktor Yang Berperan Pada Pembangkit Tenaga Angin**

Faktor yang sangat berperan dalam pembangkitan energi angin adalah kecepatan angin. Kecepatan angin/udara diukur dengan anemometer. Jika tingkat keakuratan alat tersebut 3%, artinya daya yang dikeluarkan akan berada dalam kisaran  $\pm 9\%$ . Kecepatan angin akan berfluktuasi terhadap waktu dan tempat. Di Indonesia misalnya kecepatan angin di siang hari bisa lebih kencang dibandingkan malam hari. Di beberapa lokasi bahkan pada malam hari tidak terjadi gerakan udara yang signifikan.

Udara yang bergerak dekat dengan permukaan tanah akan mempunyai kecepatan nol dan kemudian meningkat terhadap ketinggian. Fenomena ini alamiah terjadi pada aliran dekat permukaan yang tidak bergerak. Dimana bila terlalu dekat dengan permukaan tanah, kecepatan angin yang diperoleh akan kecil sehingga daya yang dihasilkan sangat sedikit. Semakin tinggi akan semakin baik. Untuk memperoleh kecepatan angin di kisaran 5-7 m/s umumnya diperlukan ketinggian 5-12 m.

Untuk baling-baling yang besar (katakanlah diameter 20 m), kecepatan angin pada ujung baling-baling bagian atas kira-kira 1,2 kali dari kecepatan angin ujung baling-baling bagian bawah. Artinya, baling-baling pada saat di atas akan terkena gaya dorong yang lebih besar dari pada baling-baling pada saat di bawah. Faktor ini perlu diperhatikan pada saat mendesain

kekuatan baling-baling dan tiang (menara) khususnya pada turbin angin yang besar.

Kecepatan angin juga dipengaruhi oleh kontur dari permukaan. Di daerah perkotaan dengan banyak rumah, apartemen dan perkantoran bertingkat, kecepatan angin akan rendah. Bandingkan dengan kecepatan angin pada daerah lapang. Kepadatan benda di permukaan bumi akan menyebabkan angin mudah bergerak atau tidak. Faktor porositas ini juga penting untuk diperhatikan manakala mendesain turbin angin.

## **2.5 Definisi Kincir Angin**

Kincir angin adalah sebuah alat yang mampu memanfaatkan kekuatan angin untuk dirubah menjadi kekuatan mekanik. Dari proses itu memberikan kemudahan berbagai kegiatan manusia yang memerlukan tenaga yang besar seperti memompa air untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian. Kincir angin modern adalah mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, disebut juga dengan turbin angin. Turbin angin kebanyakan ditemukan di Eropa dan Amerika Utara.



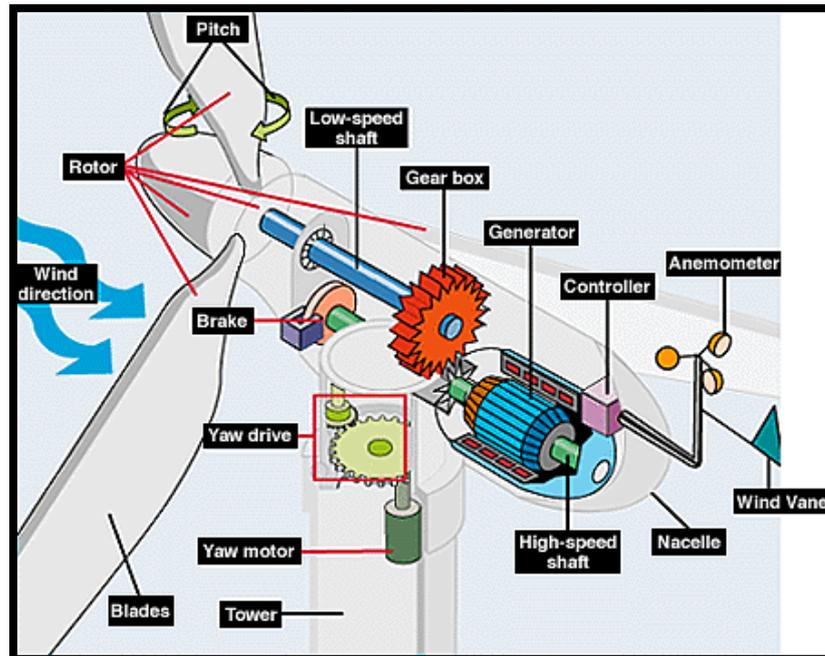
Gambar 2.2 Kincir Angin

## 2.6 Konstruksi Turbin Angin

Turbin angin didesain untuk mengumpulkan dan meksplotasi energi angin yang mengalir melalui turbin tersebut. Untuk membuatnya, perlu penentuan tinggi menara yang optimal, menentukan sistem kontrol, jumlah dan bentuk dari bilah turbin, serta bentuk keseluruhan.

Turbin angin dapat mengkonversi energi angin menjadi energi listrik. Sebuah turbin angin dengan sumbu horizontal terbagi menjadi tiga komponen utama, yaitu :

- Komponen rotor
- Komponen generator
- Komponen struktural



Gambar 2.3 Komponen – Komponen Turbin Angin

Sebuah turbin angin, seperti pada gambar 2.3 memiliki beberapa komponen penting untuk mendukung mekanisme kerjanya dalam mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Sebuah **anemometer** berfungsi untuk mengukur kecepatan angin, serta memberikan data kecepatan tersebut pada sistem kontrol. **Blades** atau bilah turbin pada turbin angin berfungsi untuk memberikan gerak rotasi dari angin yang bertiup / mengalir melalui turbin, kepada generator. **Generator** inilah yang menghasilkan listrik. **Brake** adalah cakram yang bisa digunakan secara mekanik, dengan listrik, maupun tenaga hidrolik, untuk menghentikan rotor dalam keadaan darurat. Sistem kontrol pada **controller** berfungsi menjalankan mesin pada kecepatan tertentu, contohnya pada 8 – 16 mil/jam, dan otomatis mematikan mesin di saat kecepatan mencapai 55 mil/jam. *Gear* pada **gear box** menghubungkan *shaft* dengan kecepatan rendah dengan yang berkecepatan tinggi, dan meningkatkan kecepatan rotasional, hingga generator dapat menghasilkan listrik. **High & low speed shaft** berfungsi mendistribusikan tenaga rotasional, dari bilah turbin yang berputar ke generator di dalam turbin. **Nacelle** merupakan *body* dari turbin angin, yang melindungi / membungkus komponen – komponen lain. **Pitch** berfungsi mengendalikan kecepatan rotor dan mempertahankan rotor dari berubah arah putar karena fluktuasi pada kecepatan dan arah angin. Bilah turbin dan hub pada turbin angin disebut dengan **rotor**. Turbin angin diletakkan jauh di atas menara untuk dapat menangkap angin. **Tower** terbuat dari baja atau beton. **Wind vane** berfungsi menentukan arah angin dan berkomunikasi dengan *yaw*

*drive* untuk menentukan orientasi turbin angin. **Yaw drive** berfungsi untuk mempertahankan posisi rotor agar tetap menghadap arah angin. **Yaw motor** merupakan rotor yang memberi tenaga pada *yaw drive*.

## **2.7 Mekanisme Turbin Angin**

Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel transmisi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan sebagainya.

Turbin angin dapat memiliki tiga buah bilah turbin. Jenis lain yang umum adalah jenis turbin dua bilah. Jadi, bagaimana turbin angin menghasilkan listrik? Turbin angin bekerja sebagai kebalikan dari kipas angin. Bukannya menggunakan listrik untuk membuat angin, seperti pada kipas angin, turbin angin menggunakan angin untuk membuat listrik.

Angin akan memutar sudut turbin, kemudian memutar sebuah poros yang dihubungkan dengan generator, lalu menghasilkan listrik. Turbin untuk pemakaian umum berukuran 50-750 kilowatt. Sebuah turbin kecil, kapasitas 50 kilowatt, digunakan untuk perumahan, piringan parabola, atau pemompaan air.

## **2.8 Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia**

Kita perlu belajar dari *success story* Denmark dalam memanfaatkan energi angin untuk pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB) yang pada saat ini telah berkontribusi lebih dari 40% kebutuhan listrik negara Ratu Margrethe tersebut. Kebijakan serupa pasti juga bisa

diaplikasikan di negara kita. Negara kita juga mempunyai sumber energi angin yang cukup besar dan tersebar di berbagai daerah untuk dikembangkan menjadi PLTB.

Menurut hasil penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dari 166 lokasi yang diteliti, terdapat 35 lokasi yang mempunyai potensi angin yang bagus dengan kecepatan angin diatas 5 meter perdetik pada ketinggian 50 meter. Daerah yang mempunyai kecepatan angin bagus tersebut, diantaranya Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), pantai selatan Jawa dan pantai selatan Sulawesi. Disamping itu, LAPAN juga menemukan 34 lokasi yang kecepatan anginnya mencukupi dengan kecepatan 4 sampai 5 meter perdetik (Energinet, DEA, 2016).

Potensi angin Indonesia memang cukup besar. Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) mencantumkan angka 60.647,0 MW untuk kecepatan angin 4 meter perdetik atau lebih (Lampiran Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017). Lokasi potensi angin tersebut dapat dibaca pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Potensi Angin per Provinsi

Satuan: MW			Satuan: MW		
No.	Provinsi	Potensi	No.	Provinsi	Potensi
1	Nusa Tenggara Timur	10.188	18	Kepulauan Riau	922
2	Jawa Timur	7.907	19	Sulawesi Tengah	908
3	Jawa Barat	7.036	20	Aceh	894
4	Jawa Tengah	5.213	21	Kalimantan Tengah	681
5	Sulawesi Selatan	4.193	22	Kalimantan Barat	554

6	Maluku	3.188	23	Sulawesi Barat	514
7	Nusa Tenggara Barat	2.605	24	Maluku Utara	504
8	Bangka Belitung	1.787	25	Papua Barat	437
9	Banten	1.753	26	Sumatera Barat	428
10	Bengkulu	1.513	28	Sumatera Utara	356
11	Sulawesi Tenggara	1.414	29	Sumatera Selatan	301
12	Papua	1.411	30	Kalimantan timur	212
13	Sulawesi Utara	1.214	31	Gorontalo	137
14	Lampung	1.137	27	Kalimantan Utara	73
15	DI. Yogyakarta	1.079	32	Jambi	37
16	Bali	1.019	33	Riau	22
17	Kalimantan Selatan	1.006	34	DKI Jakarta	4
				<b>Total</b>	<b>60.647,0</b>

Sumber : Lampiran Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017

Beberapa lokasi yang telah dan sedang dikembangkan menjadi PLTB, seperti di Desa Mattirotasi dan Lainungan, Kecamatan Watangpulu, Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan. PLTB Sidrap merupakan pembangkit tenaga angin terbesar di Indonesia. Dengan kapasitas 75 MW, pembangkit ramah lingkungan ini terdiri dari 30 turbin kincir angin yang masing-masing berkapasitas 2,5 MW. Model turbin yang digunakan dari Gamesa Iolica Corporation pada menara baja setinggi 80 meter dengan panjang baling-baling 57 meter. Listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut nantinya akan disalurkan ke PLN melalui jaringan interkoneksi di Sulawesi Selatan. Jaringan ini menyambungkan ke saluran transmisi PLN sebesar 150 Kilovolt dengan jarak 3 kilometer dari PLTB Sidrap. Pembangunan PLTB Sidrap dibangun di atas lahan 100 hektare.

Konstruksi turbin sudah dimulai sejak Juni lalu. Saat ini UPC Sidrap Bayu Energi tengah menyelesaikan konstruksi pondasi turbin dan sedang proses pemasangan baling-baling turbin.

Syarat – syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Kondisi Angin

Kelas Angin	Kecepatan Angin (m/s)	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 - 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

Tabel 2.3 Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter di Atas Permukaan Tanah

Kelas Angin	Kecepatan Angin m/s	Kondisi Alam di Daratan
1	0.00 - 0.02	Tidak ada terasa angin
2	0.3 - 1.5	angin tenang, asap lurus ke atas
3	1.6 - 3.3	asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.4 - 5.4	wajah terasa ada angin, daun - daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak

5	5.5 - 7.9	debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8.0 - 10.7	ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10.8 - 13.8	ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13.9 - 17.1	ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.2 - 20.7	dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 - 24.4	daapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 - 28.4	dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	29.5 - 32.6	menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 - 36.9	Tornado

Angin kelas 3 adalah batasan minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

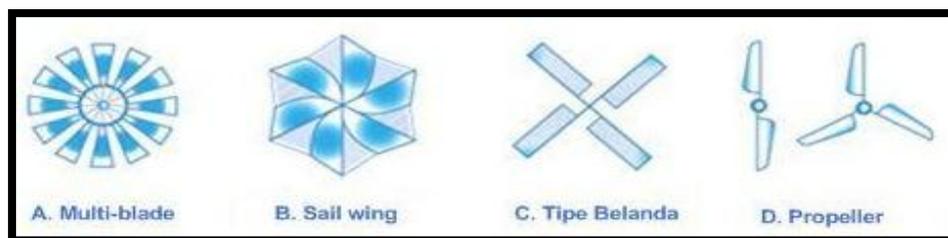
## 2.9 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal (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. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran 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 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 resintensi angin dari bilah-bilah itu.



Gambar 2.4 Turbin Angin Horizontal

### **Kelebihan TASH**

- Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

### **Kelemahan TASH**

- Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya bisa mencapai 90 meter sulit diangkut. Diperkirakan besar biaya transportasi bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
- TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
- Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.
- TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.
- Ukurannya yang tinggi merintangikanjangkauan pandangan dan mengganggu penampilan lansekap.
- Berbagai varian downwind menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.
- TASH membutuhkan mekanisme kontrol *yaw* tambahan untuk membelokkan kincir ke arah angin.

## **2.10 Kelebihan dan Kekurangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

### **2.10.1 Kelebihan**

- Menggunakan energi yang terbarukan
- Ramah lingkungan ( tidak menghasilkan emisi gas buang / polusi terhadap lingkungan )

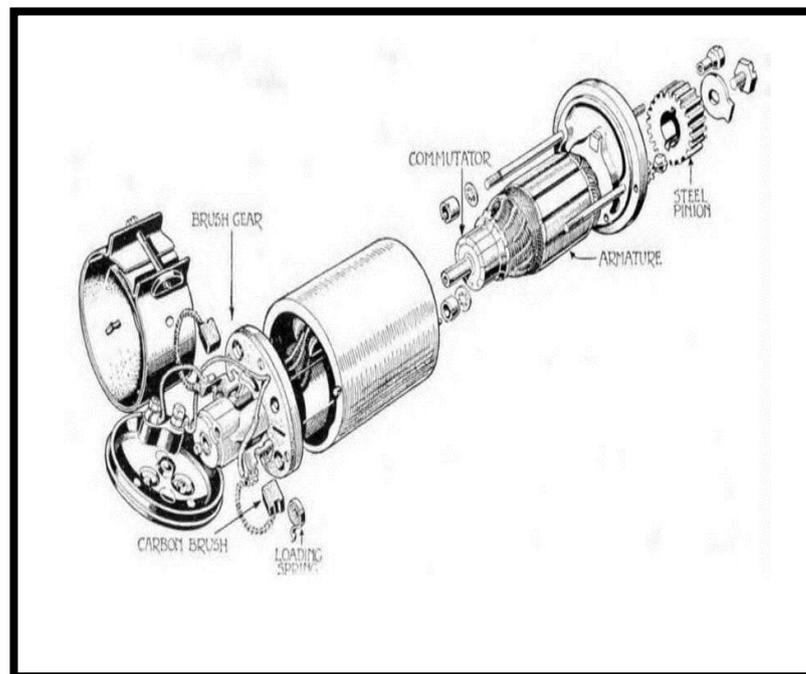
### **2.10.2 Kekurangan**

- Membutuhkan waktu yang lama dalam studi kasus lapangan untuk menetapkan persetujuan pengadaan tempat PLTAng (Ladang Angin)
- Membutuhkan lahan yang luas sehingga berpotensi dapat mengganggu ekologi
- Membutuhkan lahan yang telah mendapatkan clearance untuk membangun bangunan yang relatif tinggi yang berpotensi mengganggu transportasi udara
- Biaya Instalasi Awal Tinggi
- Kurang dapat Diandalkan karena sangat tergantung pada faktor-faktor alami.
- Belum Efisien

## 2.11 Generator DC

GENERATOR DC adalah alat yang mengubah energi mekanik dinamis menjadi energi listrik berauskan DC (arus searah). Dihasilkan melalui proses induksi yang terjadi pada kawat yang melingkari dua kutub (Utara dan Selatan). Perpotongan garis-garis gaya di dalamnya mengakibatkan induksi magnet.

Arus yang dihasilkan berupa bolak-balik yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan dua sekat lempengan logam setengah lingkaran (komutator). Besar GGL induksi tergantung pada garis gaya yang dipotong tiap sekon.



Gambar 2.5 Bagian – Bagian Generator DC

## 2.12 Arus, Tegangan, dan Daya Listrik

### 2.12.1 Arus

Arus dalam bahasa kelistrikannya disebut Ampere (I) mengartikan banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Satuan arus listrik tersebut disebut Coulomb atau Ampere.

Karena arus listrik diartikan sebagai banyaknya muatan listrik yang mengalir, maka tentu saja sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan ketahanan suatu penghantar.

Supaya lebih mudah, bisa dibayangkan air yang akan mengalir jika posisi titik air utama lebih tinggi menuju ke titik lebih rendah. Bayangkan jika posisi titik utama dan titik selanjutnya sejajar. Maka arus hanya akan mengalir jika ada tegangan.

Adapun cara menghitung arus dengan menggunakan rumus, sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

$I$  = Arus listrik (ampere)

$V$  = Tegangan listrik (volt)

$R$  = Tahanan (ohm)

$P$  = Power /daya (watt)

$Q$  = Muatan listrik (Coulomb)

$T$  = waktu (detik)

### **2.12.2 Tegangan**

Tegangan dalam bahasa kelistrikannya disebut Volt atau Voltase (V) mengartikan perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan V (Volt). Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik.

Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, menengah, tinggi hingga ekstra tinggi.

Supaya lebih mudah dipahami, bisa dibayangkan pistol air mainan anak-anak. Air akan keluar jika ada tekanan pada alat picu pistol. Sebaliknya, jika tidak ada tekanan pada alat picu pistol maka air tidak akan keluar. Tekanan pada alat picu pistol itu dapat diasumsikan sebagai tegangan.

Adapun cara menghitung tegangan dengan menggunakan rumus, sebagai berikut :

Jika yang diketahui arus listrik dan hambatan listriknya :

$$V = I \times R \dots\dots\dots (2.5)$$

Jika yang diketahui daya listrik dan arus listriknya :

$$V = \frac{P}{I} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

I = Arus listrik, satuan ampere (A)

V = Tegangan listrik, satuan volt (V)

R = Hambatan, satuan ohm ( $\Omega$ )

P = Daya listrik , satuan watt (W)

### 2.12.3 Daya

Daya dalam bahasa kelistrikannya disebut Watt (P) mengartikan laju energi yang dihantarkan atau kerja yang dilakukan per satuan waktu. Daya dilambangkan dengan P (Power). Dengan kata lain, daya listrik merupakan tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik.

Sebagai contoh lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.7)$$

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots (2.8)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

$P = \text{Daya (watt)}$

$I = \text{Arus (ampere)}$

$R = \text{Hambatan (ohm)}$

$V = \text{Tegangan/beda potensial (Volt)}$

Jadi, jika yang diketahui hanya arus listrik ( $I$ ) dan hambatan

( $R$ ) saja, dapat menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

$$P = (I \times R) \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

Jadi, jika yang diketahui hanya tegangan ( $V$ ) dan hambatan

( $R$ ) saja, dapat menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

$$P = V \times (V / R)$$

$$P = V^2 / R$$

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

#### **3.1 Waktu, dan Tempat Pelaksanaan**

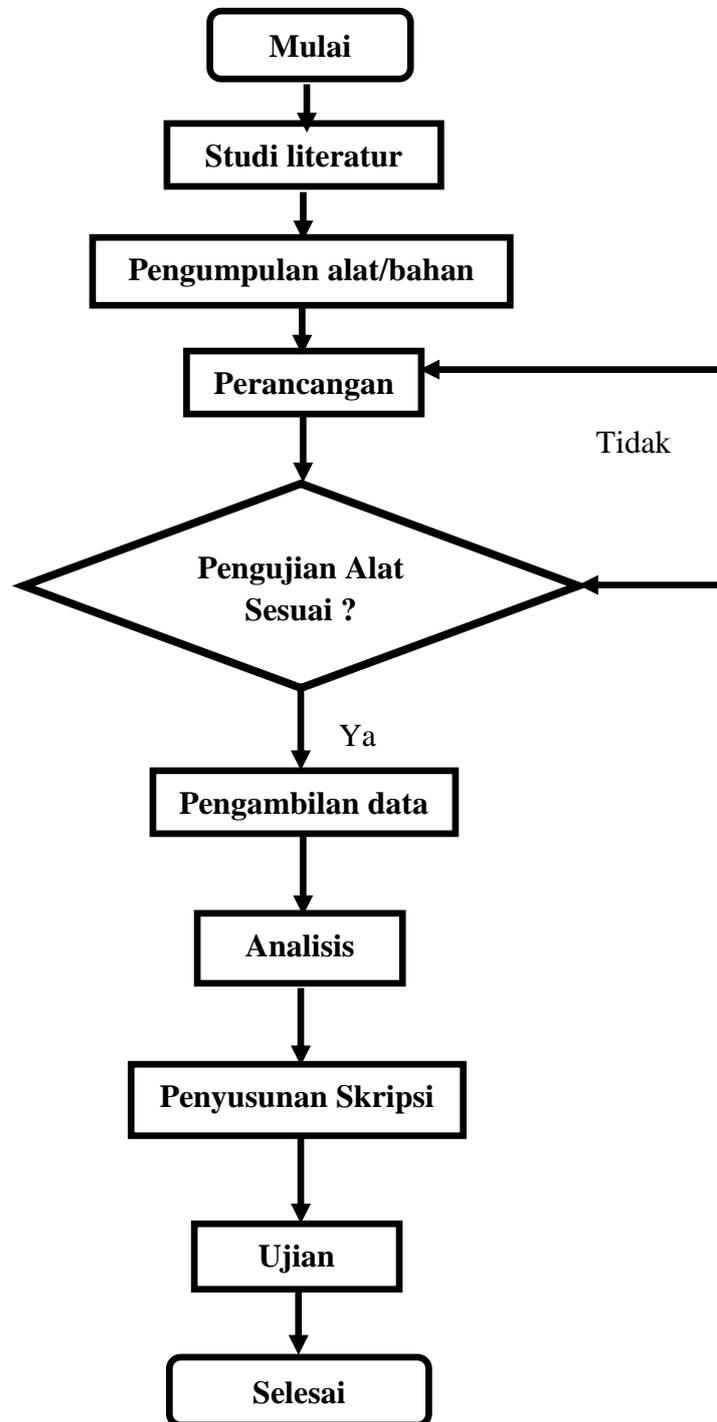
##### **3.1.1. Waktu**

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, dimulai pada bulan April sampai dengan bulan September. Pada bulan April sampai Mei kami memulai dengan studi literatur yaitu mulai mencari buku-buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs internet yang berkaitan dengan judul alat yang kami rancang. Pada bulan Juni sampai bulan Juli kami memulai mengumpulkan alat dan bahan yang nantinya diperlukan, setelah alat dan bahan sudah kami kumpulkan kami memulai melakukan perancangan alat pembangkit listrik tenaga kincir angin. Terakhir, pada bulan Agustus sampai bulan September kami memulai menguji alat yang dirancang dan mencatat hasil yang dilakukan.

##### **3.1.2 Tempat Pelaksanaan**

Tempat pelaksanaan dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

### 3.2 Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir dari proses perancangan tugas akhir

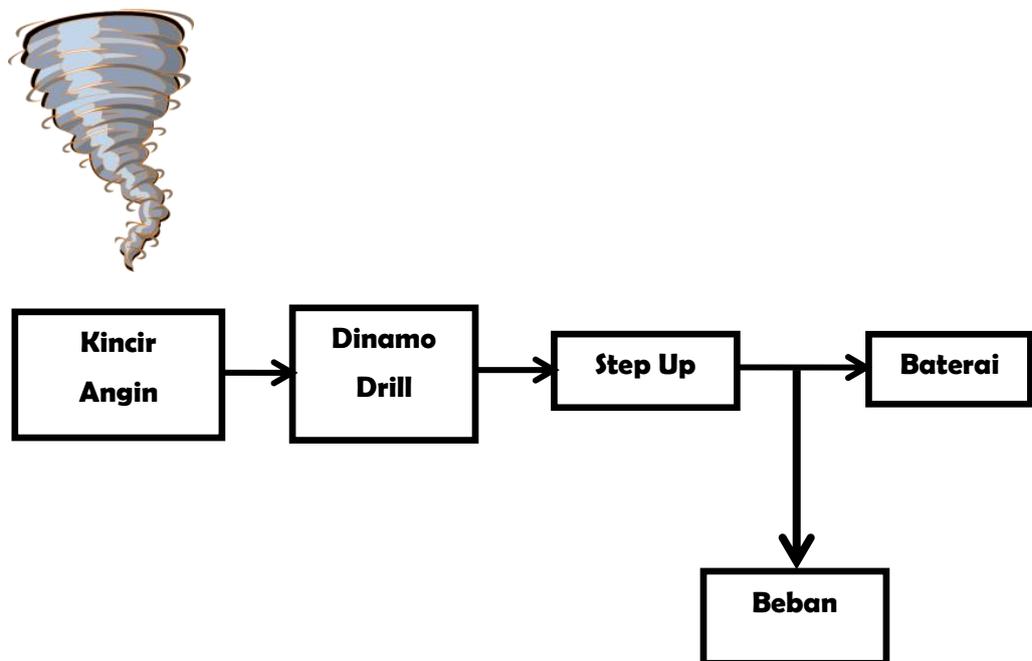
### 3.3. Metode Penelitian

#### 1. Studi Literatur

Dalam Studi Literatur ini kami mengumpulkan data dengan cara mencari buku, jurnal dan modul yang berkaitan dengan judul penelitian sebagai referensi untuk alat yang kami rancang.

#### 2. Pengumpulan Alat / Bahan

#### 3. Perancangan



Gambar 3.2 Skema Perancangan

Dalam proses perancangan yang dilakukan kami mulai pada pengumpulan alat / bahan kemudian kami melakukan pengecekan pada alat/bahan dan kami melakukan langkah-langkah perancangan sebagai berikut:

- a. Kipas angin dinyalakan untuk memutar kincir angin.
- b. Kincir angin menyerap angin dan mengalirkan pada Generator Dinamo drill.
- c. Panas yang diserap oleh Generator dinamo drill menghasilkan tegangan.
- d. Kemudian output tegangan Generator dinamo drill akan dialirkan pada Step Up.
- e. Kemudian output tegangan step up diparalelkan pada baterai sebagai penyimpanan dan pada beban.

#### **4. Pengujian Alat**

Pada pengujian alat ini kami mulai dari menyalakan kipas angin, kipas angin dinyalakan untuk memutar kincir angin. Kincir angin menyerap angin dan mengalirkan pada dinamo drill, dinamo drill mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik terus di alirkan pada Step up, kemudian diparalelkan pada baterai sebagai penyimpanan dan untuk menyalakan beban.

#### **5. Pengambilan Data**

Pada tahap pengambilan data kami mengukur berapa tegangan yang dihasilkan oleh satu, dua, tiga, sampai empat turbin angin, setelah itu mengukur berapa input dan output dari step up 5V supaya dapat menyalakan beban.

### 3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Perancangan

#### a. Bahan yang digunakan dalam perancangan

Tabel 3.1 Bahan yang digunakan dalam perancangan

No.	Nama Bahan	Jumlah
1	Dinamo Drill	4 buah
2	Baling Kincir	4 buah
3	Pipa uk. 30 Cm	2 buah
4	Pipa uk. 1 M	2 buah
5	Pipa uk. 15 Cm	2 buah
6	Pipa uk. 8 Cm	3 buah
7	Sambungan pipa L	2 buah
8	Sambungan pipa T	6 buah
9	Kabel Merah Serabut	6 meter
10	Kabel Hitam Serabut	6 meter
11	Lem Glue Stick Kecil Panjang	7 buah
12	Step Up Boost 5V	1 buah
13	Terminal Sambungan Kabel 2 Pin Model Jepit	4 buah
14	Timah	2 gulung
15	Lampu LED USB	1 buah
16	Pilox Warna Biru	1 kaleng
17	Pilox Warna Putih	1 kaleng
18	Baterai	1 buah

b. Alat yang digunakan dalam perancangan

Tabel 3.2 Alat yang digunakan dalam perancangan

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Gergaji	1 buah
2	Gurinda	1 buah
3	Solder	1 buah
4	Penyedot Timah	1 buah
5	Kipas Angin	3 buah
6	Tembakan Lem Glue	1 buah
7	Tang Potong	1 buah
8	Tang Cucut	1 buah
9	Tang Kombinasi	1 buah
10	Obeng Plus	1 buah
11	Obeng Minus	1 buah
12	Multimeter	2 buah

### 3.5 Spesifikasi dari Alat dan Bahan

#### 1. Generator Dinamo Drill

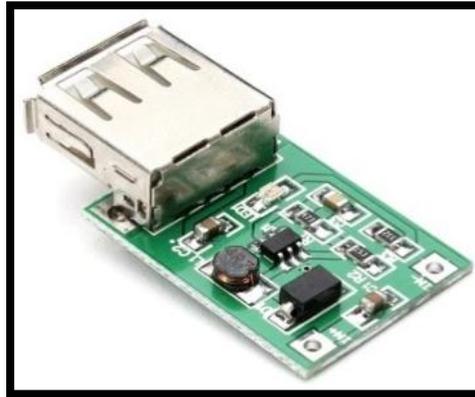
Generator yang penulis gunakan yaitu Generator dinamo drill, yang memiliki voltage 12 volt, current 500 m Ampere, dan speed 3000 rpm. Dinamo drill yang digunakan ini pula memiliki ukuran mata dengan ukuran 0,8 mm dan 1 mm.



Gambar 3.3 Generator Dinamo Drill

## 2. Step Up Boost USB

Step Up yang penulis gunakan yaitu USB DC step up boost, yang memiliki input tegangan 0,9 – 5 V berbentuk DC, output 5 V, arus 600 mA, dan dengan dimensi 34 mm x 16,2 mm.



Gambar 3.4 USB DC Step Up Boost

## 3. Multimeter

Multimeter yang dipakai penulis adalah multimeter digital dengan type UX837TR dengan besr LCD 31/2.



Gambar 3.5 Multimeter Digital

#### 4. Terminal Sambungan Kabel

Terminal sambungan kabel yang penulis gunakan adalah terminal sambungan kabel 2 pin model jepit. Type ini memiliki voltage 250 V, current 10 A, middle hole diameter 2 mm, dan ukuran 17 mm x13 mm x 11 mm.



Gambar 3.6 Terminal Sambungan Kabel 2 pin Jepit

#### 5. Lampu LED USB Mini Bulb 3 Watt

Lampu led usb yang penulis gunakan adalah lampu bohlam LED USB 3 Watt. Type ini memiliki tegangan input DC 4,9 V – 5,5 V, cahaya fluks 60 – 80LM, temperatur warna 5000-6000K, rentang sumber cahaya 1,5 ke 2.5 m<sup>2</sup>, suhu kerja  $\leq 50$  °C.



Gambar 3.7 Lampu LED USB Mini Bulb 3 Watt

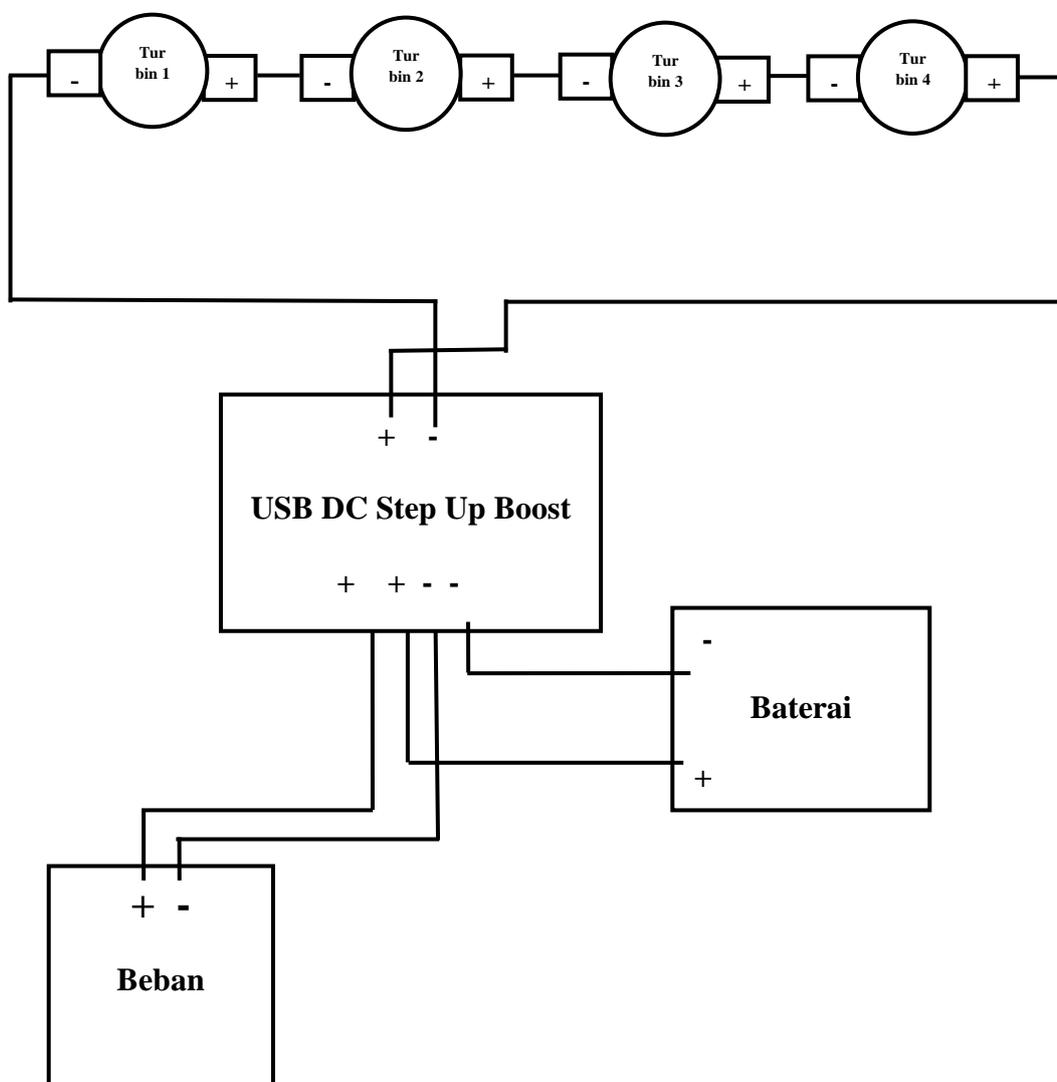
### 3.6 Jadwal Pengambilan Data

Tabel 3.3 Jadwal Pengambilan Data

No	Tanggal	Keterangan
1	05 - 07 Oktober 2017	Membuat desain rangkaian yang akan digunakan.
2	13 Oktober 2017	Membuat daftar alat dan bahan yang akan digunakan
3	15 Oktober 2017	Pengadaan generator dinamo drill, lem glue stick, dan terminal sambungan kabel
4	18 Oktober 2017	Pengadaan step up dan converter DC to DC
5	20 Oktober 2017	Pengadaan Lampu Bohlam LED USB dan kabel
6	21 Oktober 2017	Pengadaan pipa dan sambungan - sambungan pipa yang ingin digunakan sebagai rangka
7	22 Oktober 2017	Pengadaan beberapa alat yang ini digunakan yaitu gergaji, gurinda, tembakan lem, tang, dan obeng
8	24 Oktober 2017	Pengadaan alat ukur multimeter
9	27 Oktober 2017	Mengecek dinamo drill
10	29 Oktober 2017	Mengecek step up dan coverter dc to dc
11	01 November 2017	Memulai membuat rangka perancangan alat
12	03 November 2017	Pengadaan baling - baling sebagai kincir angin yang akan digunakan
13	11 November 2017	Memulai merancang pembangkit listrik tenaga kincir angin
14	12 November 2017	Pengadaan baterai sebagai penyimpanan energi
15	13 November 2017	Menguji perancangan alat
16	14 November 2017	Pengukuran tegangan pada output generator dinamo drill. Setelah itu mengukur arus yang dihasilkan generator dinamo drill. Setelah itu menghitung daya yang dihasilkan dengan menggunakan rumus $P = V \times I$

17	16 November 2017	Pengujian keseluruhan alat yang sudah dirancang dan mengukur tegangan input dari Converter DC to DC dan mengukur outputnya agar bisa menyalakan beban.
18	17 November 2017	Tahap finishing alat dengan memilox rangka alat dan kincir angin
19	18 November 2017	Membuat laporan

### 3.7 Wairing Diagram Penelitian



Gambar 3.8 Wairing diagram dari hasil perancangan

Tegangan yang sudah dikonversi generator dinamo drill akan dialirkan pada step up yang berfungsi untuk menstabilkan output dan menaikkan tegangan setelah itu tegangan dialirkan pada beban yang akan dinyalakan

## BAB IV

### HASIL PERANCANGAN

#### 4.1 Hasil

Hasil perancangan yang diperoleh merupakan hasil dari pembangkit listrik kincir angin menggunakan empat sumbu horizontal yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penelitian melakukan observasi dan survei alat yang dilakukan pada Laboraturium Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

##### a. Hasil Pengukuran Tegangan Penggunaan Jumlah Turbin

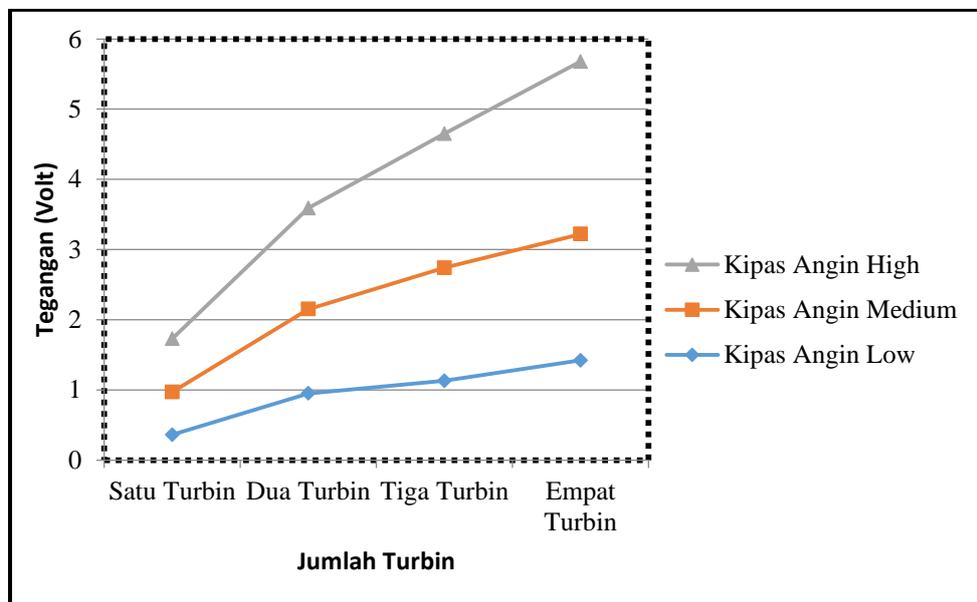
Untuk mengukur sebuah tegangan, pertama siapkan multimeter. Atur posisi saklar selektor DCV, pilihlah skala sesuai dengan perkiraan tegangan yang akan diukur. Hubungkan probe ke terminal tegangan yang akan diukur, probe merah pada terminal positif (+) dan probe hitam ke terminal negatif (-).

Tabel 4.1 Hasil pengukuran percobaan penggunaan jumlah turbin

Jumlah Turbin	Tegangan (Volt)		
	Kecepatan Kipas Angin Low	Kecepatan Kipas Angin Medium	Kecepatan Kipas Angin High
Satu Turbin	0,36	0,61	0,76
Dua Turbin	0,95	1,20	1,44
Tiga Turbin	1,13	1,61	1,91
Empat Turbin	1,42	1,80	2,46

Tabel 4.1 menjelaskan pada saat menggunakan satu turbin menghasilkan tegangan paling tinggi sebesar 0.76 V, pada saat menggunakan dua turbin menghasilkan tegangan paling tinggi sebesar 1.44 V, pada saat menggunakan tiga turbin menghasilkan tegangan sebesar 1.91 V, dan pada saat menggunakan empat turbin menghasilkan tegangan paling tinggi sebesar 2.46 V.

Diagram tegangan Output Generator dinamo drill :



Gambar 4.1 Diagram hasil pengukuran output tegangan pada penggunaan jumlah turbin

Keterangan :

Diagram pada Gambar 4.1 memperlihatkan tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin semakin naik dari tingkat kecepatan angin low, medium, hingga high.

b. Hasil pengukuran sampai di output step up pada saat diberi baterai (penyimpanan) dan beban lampu.

1. Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan)

Tabel 4.2 Output Pada Saat Diberi Baterai (Penyimpanan)

<b>Kecepatan Kipas Angin</b>	<b>Arus (Ampere)</b>	<b>Tegangan (Volt)</b>	<b>Daya (Watt)</b>
Low	0,438	4,88	2,137
Medium	0,466	4,91	2,288
High	0,492	4,95	2,421

Tabel 4.2 menjelaskan pada saat mulai diberi sumber angin tingkat low menghasilkan arus sebesar 0,438 ampere dan tegangan sebesar 4,88 volt, pada saat diberi sumber angin tingkat medium menghasilkan arus sebesar 0,466 ampere dan tegangan 4,91 volt, terakhir pada saat diberi sumber angin tingkat high menghasilkan arus sebesar 0,492 ampere dan tegangan 4,95 volt. Adapun daya yang didapat merupakan hasil dari rumus :

$$P = V \times I$$

a.  $V = 4,88$  Volt

$$I = 0,438 \text{ Ampere}$$

$$P = V \times I$$

$$= 4,88 \text{ volt} \times 0,438 \text{ ampere}$$

$$= 2,137 \text{ watt}$$

b.  $V = 4,91$  Volt

$$I = 0,466 \text{ Ampere}$$

$$P = V \times I$$

$$= 4,91 \text{ volt} \times 0,466 \text{ ampere}$$

$$= 2,288 \text{ watt}$$

c.  $V = 4,95$  Volt

$$I = 0,492 \text{ Ampere}$$

$$P = V \times I$$

$$= 4,95 \text{ volt} \times 0,492 \text{ ampere}$$

$$= 2,421 \text{ watt}$$

## 2. Pada Saat Diberi Beban Lampu

Tabel 4.3 Output Pada Saat Diberi Beban Lampu LED USB

<b>Kecepatan Kipas Angin</b>	<b>Arus (Ampere)</b>	<b>Tegangan (Volt)</b>	<b>Daya (Watt)</b>
Low	0,552	5,32	2,937
Medium	0,556	5,44	3,025
High	0,558	5,49	3,063

Tabel 4.3 menjelaskan pada saat mulai diberi sumber angin tingkat low menghasilkan arus sebesar 0,552 ampere dan tegangan sebesar 5,32 volt, pada saat diberi sumber angin tingkat medium menghasilkan arus sebesar 0,556 ampere dan tegangan 5,44 volt, terakhir pada saat diberi sumber angin tingkat high menghasilkan

arus sebesar 0,558 ampere dan tegangan 5,49 volt. Adapun daya yang didapat merupakan hasil dari rumus :

$$P = V \times I$$

a.  $V = 5,32$  Volt

$I = 0,552$  Ampere

$$P = V \times I$$

$$= 5,32 \text{ volt} \times 0,552 \text{ ampere}$$

$$= 2,937 \text{ watt}$$

b.  $V = 5,44$  Volt

$I = 0,556$  Ampere

$$P = V \times I$$

$$= 5,44 \text{ volt} \times 0,556 \text{ ampere}$$

$$= 3,025 \text{ watt}$$

c.  $V = 5,49$  Volt

$I = 0,558$  Ampere

$$P = V \times I$$

$$= 5,49 \text{ volt} \times 0,558 \text{ ampere}$$

$$= 3,063 \text{ watt}$$

3. Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan) dan beban Lampu LED USB

Tabel 4.4 Output Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan) dan beban Lampu LED USB

Kecepatan Kipas Angin	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
Low	0,559	4,85	2,711
Medium	0,564	4,89	2,758
High	0,567	4,93	2,795

Tabel 4.4 menjelaskan pada saat mulai diberi sumber angin tingkat low menghasilkan arus sebesar 0,559 ampere dan tegangan sebesar 4,85 volt, pada saat diberi sumber angin tingkat medium menghasilkan arus sebesar 0,564 ampere dan tegangan 4,89 volt, terakhir pada saat diberi sumber angin tingkat high menghasilkan arus sebesar 0,567 ampere dan tegangan 4,93 volt. Adapun daya yang didapat merupakan hasil dari rumus :

$$P = V \times I$$

a.  $V = 4,85$  Volt

$$I = 0,559 \text{ Ampere}$$

$$P = V \times I$$

$$= 4,85 \text{ volt} \times 0,559 \text{ ampere}$$

$$= 2,937 \text{ watt}$$

b.  $V = 4,89$  Volt

$$I = 0,564 \text{ Ampere}$$

$$P = V \times I$$

$$= 4,89 \text{ volt} \times 0,564 \text{ ampere}$$

$$= 2,758 \text{ watt}$$

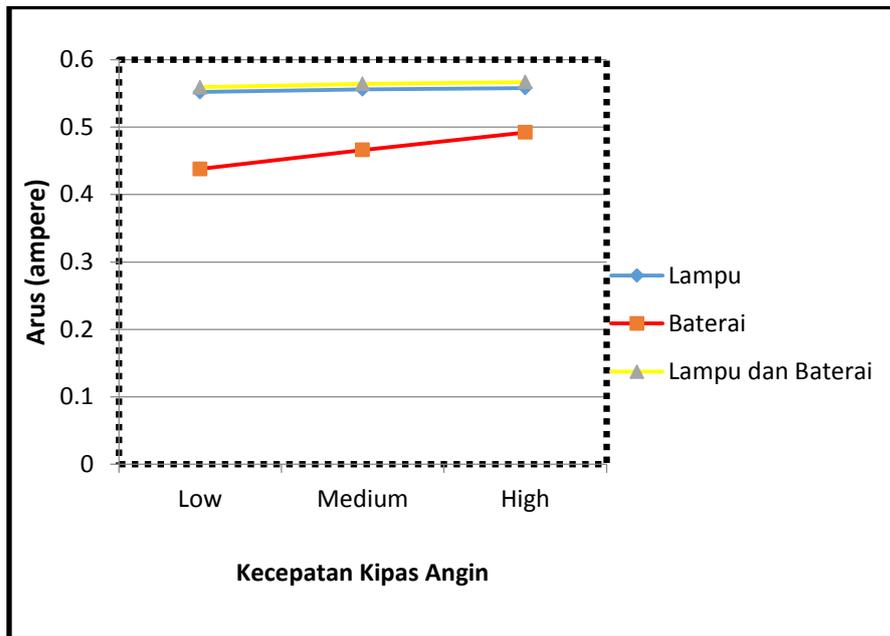
c.  $V = 4,93$  Volt

$$I = 0,567 \text{ Ampere}$$

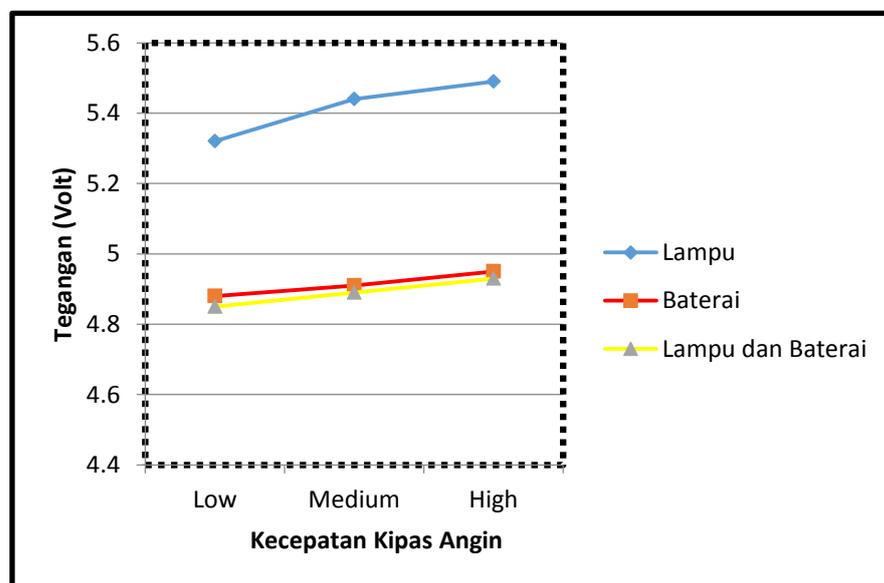
$$P = V \times I$$

$$= 4,93 \text{ volt} \times 0,567 \text{ ampere}$$

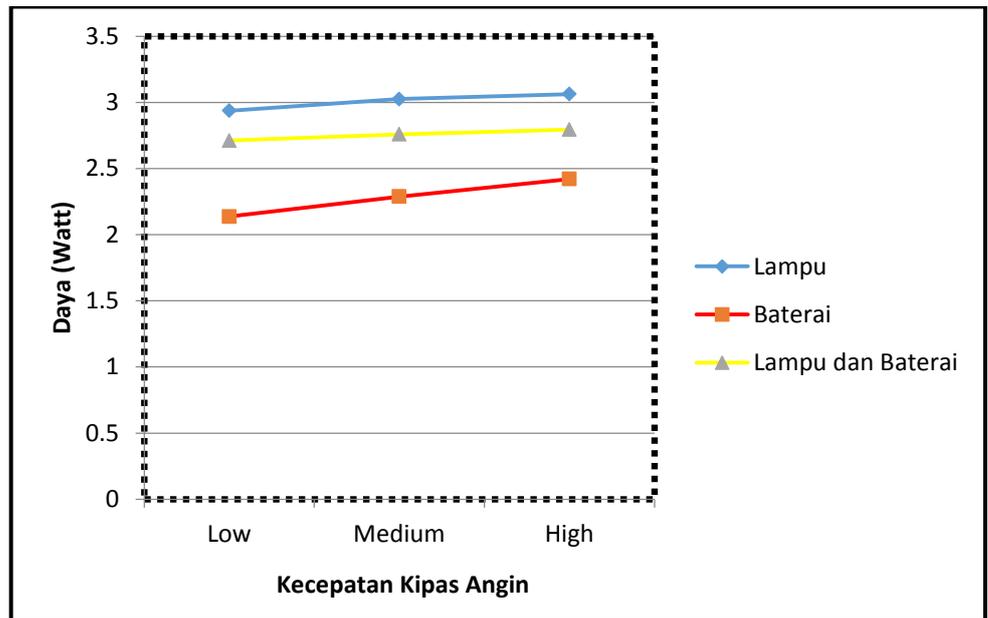
$$= 2,795 \text{ watt}$$



Gambar 4.2 Digaram Hasil Pengukuran Arus Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan), Beban Lampu, serta Baterai (penyimpanan ) dan Beban Lampu



Gambar 4.3 Digaram Hasil Pengukuran Tegangan Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan), Beban Lampu, serta Baterai (penyimpanan) dan Beban Lampu



Gambar 4.4 Digaram Hasil Pengukuran Daya Pada Saat Diberi Baterai (penyimpanan), Beban Lampu, serta Baterai (penyimpanan) dan Beban Lampu

Keterangan :

Diagram pada gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4 memperlihatkan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan semakin naik dengan ditambahkan tingkat kecepatan angin.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Cara kerja alat ini memanfaatkan tiupan angin untuk memutar generator, hembusan angin ditangkap oleh kincir dan dari putaran kincir ini yang akan memutar dinamo drill mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Dari sampel pengujian penggunaan kincir angin dengan kecepatan kipas angin high, diperoleh dengan penggunaan satu kincir angin mampu menghasilkan tegangan 0,76 volt, dua kincir angin mampu menghasilkan tegangan 1,44 volt, tiga kincir angin mampu menghasilkan tegangan 1,91 volt, dan empat kincir angin mampu menghasilkan tegangan 2,46 volt.
3. Pengukuran pada output step up, tegangan yang didapat pada saat diberi baterai (penyimpanan) sebesar 4.88 V dengan kecepatan kipas angin low, 4.91 V dengan kecepatan kipas angin medium, dan 4.95 V dengan kecepatan kipas angin high. Pada saat diberi beban lampu tegangan yang dihasilkan sebesar 5.32 V dengan kecepatan kipas angin low, 5.44 V dengan kecepatan kipas angin medium, dan 5.49 V dengan kecepatan kipas angin high. Pada saat diberi baterai (penyimpanan) dan beban lampu tegangan yang dihasilkan sebesar 4.85 V dengan kecepatan kipas angin low, 4.89 V dengan kecepatan kipas angin medium, dan 4.93 V dengan kecepatan kipas angin high.

4. Keuntungan utama dari penggunaan pembangkit listrik tenaga angin adalah sifatnya yang terbarukan. Namun selain kelebihan yang ada, pembangkit ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan lahan yang luas sehingga berpotensi dapat mengganggu ekologi .

## **5.2 Saran**

1. Generator dinamo drill selain bisa mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik, Generator dinamo drill juga lebih ramah lingkungan. Dalam penggunaan Generator dinamo drill sebaiknya mengukur berapa kecepatan angin.
2. Fungsi dari alat, diharap bisa dikembangkan lagi agar bisa mensuplai peralatan elektronik lainya yang membutuhkan daya yang lebih besar.
3. Dalam pemilihan pembelian step up diharapakan membeli jenis step up sesuai dengan alat yang akan dirancang.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Burton, Tony. Sharpe, David. Jenkins, Nick. Bossanyi, Ervin., Wind Energy Handbook, Wiley : New York, 2001
2. Daryanto, Y., 2007. Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Yogyakarta: Balai PPTAGG –UPT-LAGG
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/kincir\\_angin](http://en.wikipedia.org/wiki/kincir_angin)
4. [https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin#Turbin\\_angin\\_sumbu\\_horizontal](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin#Turbin_angin_sumbu_horizontal)
5. <https://www.kelistrikanku.com/2017/03/rumus-cara-menghitung-arus-daya-tegangan.html>
6. Irwin, J. David., Mechanical Engineer's Handbook, Auburn University : Auburn, Alabama, 2001

## LAMPIRAN



**Memotong Kabel**



**Melobangi Pipa Sebagai Tempat Dudukan Generator**

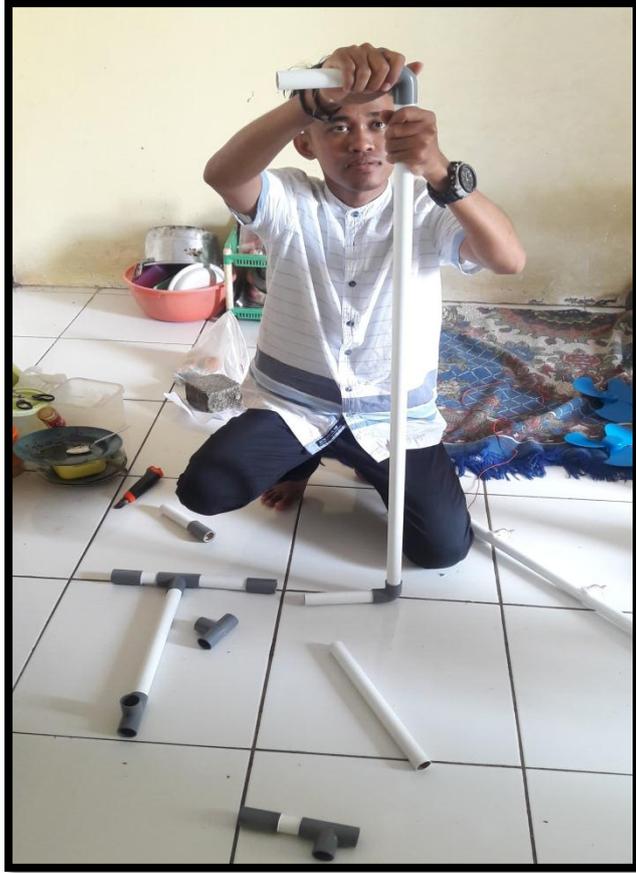




**Memberikan Lem Pada Generator Yang Dipasang Pada Pipa Rangka**

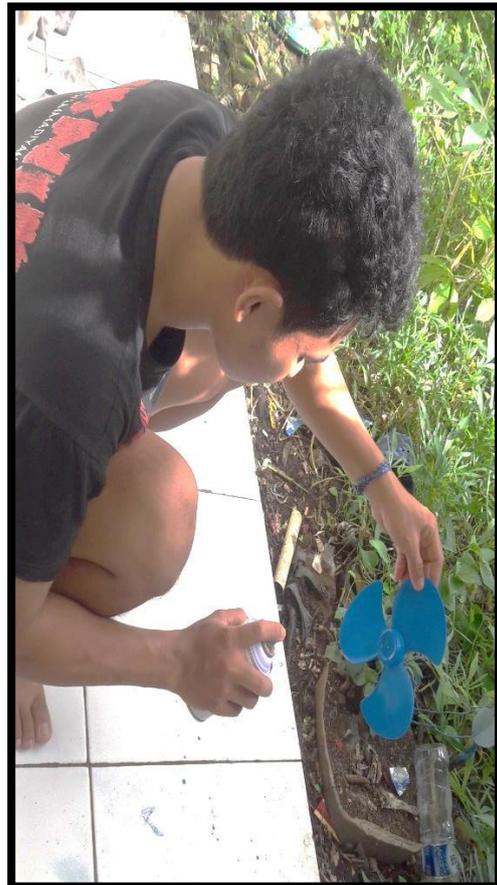


**Memasukkan Kabel Ke Dalam Pipa Rangka Alat**

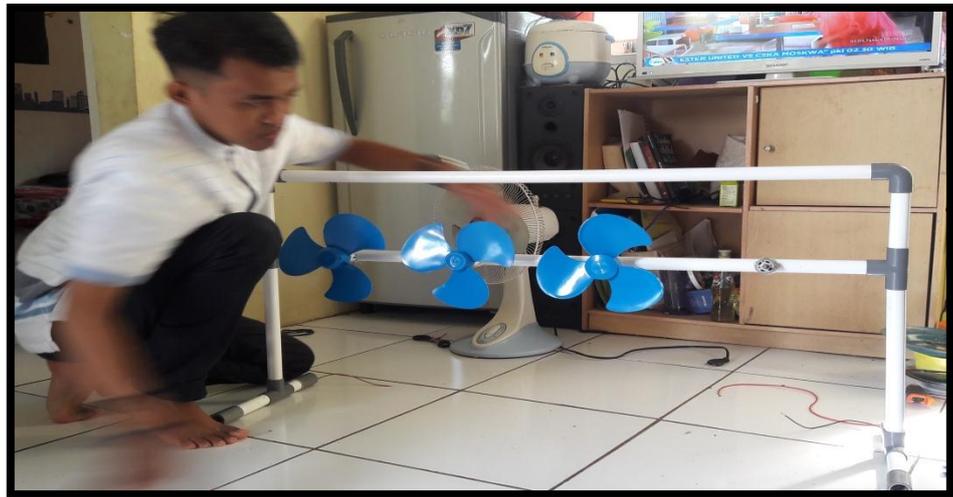




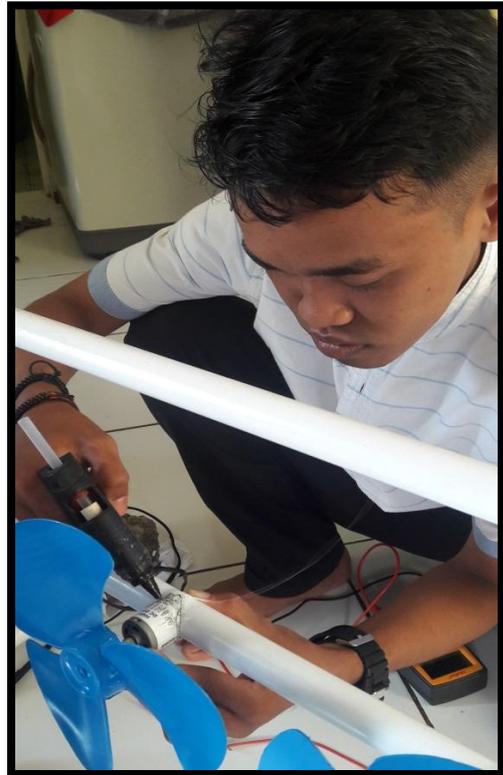
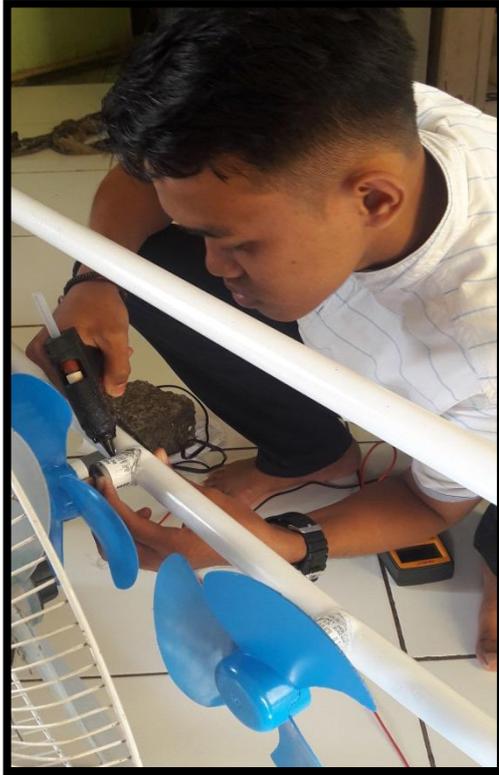
**Merangkai Rangka Alat Perancangan Pembangkit**



**Memilox Warna Putih Pada Pipa Rangka dan Biru Pada Kincir**



**Memasang Kincir Pada Generator**



**Memberikan Lem Kembali Generator Pada Rangka Agar Lebih Melekat**



**Memasang Kabel Pada Step Up 5 V**



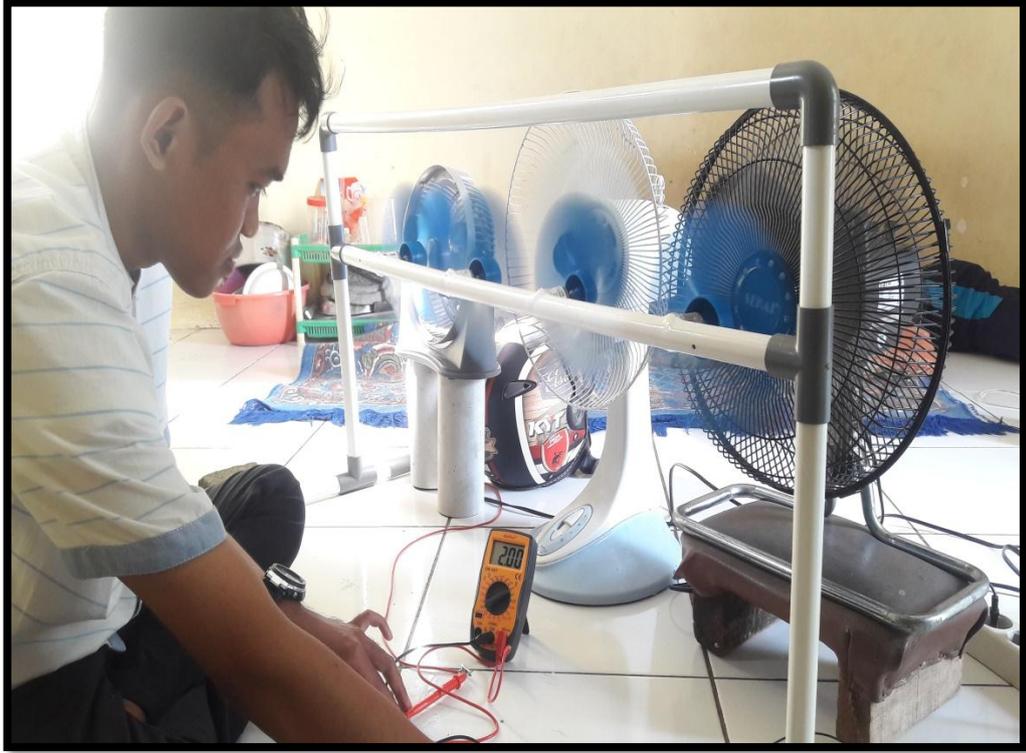
**Menghubungkan Kabel Yang Ada Pada Output Alat dan Input Step Up**



**Mengatur Posisi dan Laju Kipas Angin**



**Mencoba Mengoperasikan Alat**



**Mengukur Tegangan Yang Dihasilkan**



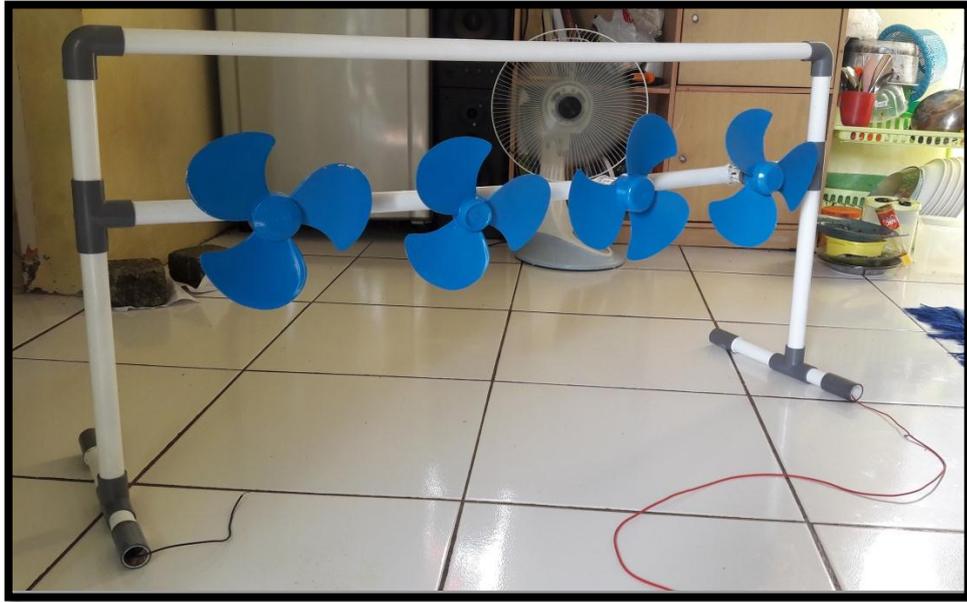
**Mengukur Arus Yang Dihasilkan**



**Tampak Alat Pada Saat Generator di Pasang**



**Kincir Angin Yang Digunakan**



**Tampak Alat Pada Saat Semua Telah Terpasang**



**Perancangan Alat Pembangkit Sukses Menyalakan Beban**