



PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN

DELAPAN SUDU

TUGAS AKHIR

Untuk memperoleh gelar Ahli Madaia pada

Program Diploma III Teknik Elektro

Jurusan Teknik – Fakultas Teknik

Universitas Negeri Semarang

Oleh

Anggi Candra Firmansyah

5350307019

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2011

PENGESAHAN

Tugas Akhir ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 19 September 2011.

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Drs. Djoko Adi Widodo, M.T
NIP.195909271986011001

Drs. Agus Murnomo, M.T.
NIP.195506061986031002

Penguji I

Penguji II/Pembimbing

Drs. Ngadirin, M.T
NIP. 194609201974031001

Drs. Agus Suryanto, M.T
NIP.196708181992031004

PERPUSTAKAAN
UNNES
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Drs. Abdurrahman, M.Pd

NIP. 196009031985031002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

- “Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Allah-lah hendaknya kamu berharap” (Q.S. Al Insyiroh: 6-8).
- “Bila Anda berpikir Anda bisa, maka Anda benar. Bila Anda berpikir Anda tidak bisa, Anda pun benar. karena itu ketika seseorang berpikir tidak bisa, maka sesungguhnya dia telah membuang kesempatan untuk menjadi bisa” (Henry Ford).

Persembahan

- Untuk Ibu dan Bapak beserta seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan do’a serta mendukung baik materi maupun motivasi.
- Untuk Adik-adikku tercinta yang selalu memberi semangat.
- Teman-teman Teknik Elektro UNNES ’07.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karuniaNya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, ucapan terima kasih terutama penulis sampaikan kepada Yth:

1. Drs. Abdurrahman, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Djoko Adi Widodo, MT, Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Agus Murnomo, M.T., Ketua Program Studi Diploma III Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Agus Suryanto, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah yang telah membantu memberikan bimbingan terbaik hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Drs. Ngadirin, M.T, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran yang membangun.
6. Keluarga besar jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang secara tidak langsung membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Keluarga tercinta yangsenantiasaa memberikan do'a dan dukungannya untuk penulis.

8. Sahabat-sahabat penulis yang telah membantu dalam segala hal.
9. Kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, banyak kesalahan dan kekurangan yang harus dikoreksi lebih dalam lagi. Untuk itu dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran guna menyempurnakan Tugas Akhir ini. Terima kasih.

Semarang, September 2011

Penulis



ABSTRAK

Candra Firmansyah, Anggi. 2011. ”*Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Delapan Sudu*”. Tugas Akhir, DIII Teknik Elektro, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang Drs. Agus Suryanto, M.T.

Kata kunci : *Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Delapan Sudu.*

Penggunaan energi terutama energi listrik diperlukan sekali oleh masyarakat luas. Banyak sekali energi alternatif dari alam terutama di Indonesia yang dapat di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu contoh alternatif energy yang dapat dipilih adalah angin. Angin merupakan energy yang mudah didapat serta tidak membutuhkan biaya besar. Angin juga termasuk nenergi yang dapat di perbaharui atau tidak termakan oleh waktu. Energi listrik tidak semata – mata dihasilkan langsung oleh alam. Maka untuk memanfaatkan angin ini diperlukan sebuah alat yang dapat bekerja dan menghasilkan energy listrik secara baik. Alat yang dapat digunakan adalah kincir angin. Kincir angin ini akan menangkap energy angin dan menggerakkan generator yang nantinya akan menghasilkan energy listrik. Kincir angin yang digunakan adalah kincir angin bersudu delapan dengan poros horizontal. Kincir angin ini dapat ditingkatkan efisiensinya. Untuk mendapatkan koefisien daya yang maksimal, salah satunya dengan menggunakan sudu berjumlah delapan.

Koefisien daya yang maksimal ini akan meningkatkan jumlah watt (daya) yang dihasilkan sehingga untuk mendapatkan jumlah watt tertentu cukup dengan menggunakan jumlah kincir angin yang lebih sedikit.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Tujuan dan Manfaat	2
E. Metode penulisan	3
F. Sistematika penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI DAN PEMBAHASAN	
A. Landasan Teori.....	6
1. Energi – Energi Yang Terdapat Dalam Kincir Angin	6
2. Hubungan Daya (Power) dan Energi (Energy).....	6
3. Energy Kinetic Angin	7
4. Daya Angin (Power)	7

5.	Dasar Turbin Angin	9
6.	Prinsip Kerja	9
7.	Daya Turbin Angin	11
8.	Perbandingan Pada Ujung Sudu Liran – Tip Speed Ratio.....	13
9.	Blad Planform – Soliditas	13
10.	Model – Model Sudu Blade Planform	14
11.	Prinsip – Prinsip Sudu	14
12.	Sifat – Sifat Sudu	15
13.	Hubungan Antara Koefisien Daya Dengan Tip Speed Ratio	17
14.	Deskripsi Alat	17
B.	Perancangan Kincir Angin	20
1.	Data –Data Pembangkit Listrik Dengan Sudu Datar	20
2.	Percangan Sudu	20
3.	Perhitungan Pada Poros.....	20
C.	Pengujian Dan Analisis Data	26
1.	Metode Pengumpulan Data.....	26
2.	Variable Pengujian.....	35
3.	Aanalisis Data	47
4.	Menghitung Koefisien Daya.....	40
5.	Pemeliharaan Periodik	51
 BAB III PENUTUP		
A.	Kesimpulan	53
1.	Kincir	53

2. Poros	53
3. Bantalan	54
4. Roda Penggerak	54
5. Generator.....	54
B. Penutup	55
DAFTAR PUSTAKA	56



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Pengujian Pemberian Masukan Dapat Dilihat Pada Table.....	27
Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 15°	36
Tabel 3. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 30°	36
Tabel 4. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 45°	37
Tabel 5. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 60°	37
Tabel 6. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 75°	38
Tabel 7. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 85°	38
Tabel 8. Hasil Rata – Rata Pengujian Dengan Variasi Sudut.....	39
Tabel 9. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 15°	41
Tabel 10. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 30°	41
Tabel 11. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 45°	42
Tabel 12. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 60°	42
Tabel 13. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 75°	43
Tabel 14. Hasil Pengujian Dengan Sudut Sudu 85°	43
Tabel 15. Hasil Rata – Rata Pengujian Dengan Variasi Sudut.....	44
Tabel 16. Hasil Cp Pada Pengujian Kincir Angin Dengan 8 Sudu	50
Tabel 17. Hasil Cp Pada Pengujian Kincir Angin Dengan 4 Sudu	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerapatan Sudu	8
Gambar 2. Turbin Horizontal Secara Umum	9
Gambar 3. Aliran Angin Pada Sudu	12
Gambar 4. Grafik Hubungan Koefisien Daya Dan Tip Ratio Untuk Berbagai Model Kincir Maksimal Yang Dapat Dihasilkan	12
Gambar 5. Jenis – Jenis Model Sudu	14
Gambar 6. Penampang Bagian Sudu	14
Gambar 7. Pergarakan Sudu Akibat Hembusan Angin	15
Gambar 8. Kurva Daya Terhadap Kecepatan Angin Saat Menggerakkan Sudu.....	16
Gambar 9. Kurva Hubungan Koefisien Daya Dengan Tip Speed Ratio	17
Gambar 10. Skema Alat	17
Gambar 11. Skema Penampang Sudu	20
Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Sudut Sudu Dengan Tegangan Yang Dihasilkan	39
Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Sudut Sudu Dengan Arus Yang Dihasilkan	40
Gambar 14. Grafik Hubungan Antara Sudut Sudu Dengan Daya Yang Dihasilkan	40
Gambar 15. Grafik Hubungan Antara Sudut Sudu Dengan Tegangan Yang Dihasilkan	44

Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Sudut Sudu Dengan Arus Yang

Dihasilkan 45

Gambar 17. Grafik Hubungan Antara Sudut Sudu Dengan Daya Yang

Dihasilkan 45



DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat selesai bimbingan
2. Gambar bagian – bagian dari kincir angin delapan sudu



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penggunaan energi terutama energi listrik diperlukan sekali oleh masyarakat luas. Banyak sekali energi alternative dari alam terutama di Indonesia yang dapat di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu contoh alternative energy yang dapat dipilih adalah angin. Angin merupakan energy yang mudah didapat serta tidak membutuhkan biaya besar. Angin juga termasuk nenergi yang dapat di perbaharui atau tidak termakan oleh waktu. Energi listrik tidak semata – mata dihasilkan langsung oleh alam. Maka untuk memanfaatkan angin ini diperlukan sebuah alat yang dapat bekerja dan menghasilkan energy listrik secara baik. Alat yang dapat digunakan adalah kincir angin. Kincir angin ini akan menangkap energy angin dan menggerakkan generator yang nantinya akan menghasilkan energy listrik. Kincir angin yang digunakan adalah kincir angin bersudu delapan dengan poros horizontal. Kincir angin ini dapat ditingkatkan efisiensinya. Untuk mendapatkan koefisien daya yang maksimal, salah satunya dengan menggunakan sudu berjumlah delapan.

Koefisien daya yang maksimal ini akan meningkatkan jumlah watt (daya) yang dihasilkan sehingga untuk mendapatkan jumlah watt tertentu cukup dengan menggunakan jumlah kincir angin yang lebih sedikit.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah kincir angin tersebut dapat berfungsi dengan baik atau tidak dalam menghasilkan daya yang maksimal?
2. Bagaimanakah ujuk kerja kincir angin ini apabila sudah di aplikasikan di lapangan?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam rancang bangun mesin ini yaitu:

1. Merancang dan membuat kincir angin poros horizontal dengan jumlah delapan sudu.
2. Mencari koefisien daya yang dihasilkan kincir angin yang bersudu delapan
3. Konstruksi kincir angin dapat berputar ke segala arah (dalam sumbu horisontal), menyesuaikan arah datangnya angin.

D. Tujuan dan Manfaat

Tujuan :

1. Mengetahui koefisien daya kincir angin agar kincir angin dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan kondisi udara pada masing – msing tempat.
2. Untuk meningkatkan dan mengembangkan kreatifitas mahasiswa dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), agar terciptanya inovasi - inovasi baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas pada umumnya, serta

meningkatkan kemajuan di bidang teknologi pada khususnya, sehingga dapat mengikuti perkembangan zaman.

Manfaat :

1. Kincir angin ini dapat digunakan sebagai salah satu energi yang dapat diperbaharui dan tidak termakan oleh waktu.
2. Dalam pembuatan kincir angin apabila diperbanyak dengan skala besar akan mampu menghasilkan energi listrik yang lebih besar pula, sehingga pemanfaatannya dapat dirasakan oleh masyarakat secara langsung.

E. Metode Penulisan

Dengan tujuan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini, maka penulis menggunakan beberapa metode antara lain :

1. Studi literatur

Pada kesempatan ini saya mencoba mencari literatur yang berkaitan dengan kincir angin dan peralatan – peralatan yang terkait, guna mendukung terselesainya pembuatan kincir angin. Maka dengan berdasarkan data - data, saya mencoba menentukan spesifikasi yang lebih rinci untuk pembuatan kincir angin tersebut.

2. Perancangan

Dengan spesifikasi yang telah ditentukan maka pada tahap ini untuk mencoba merancang dan memvisualisasikan prinsip kerja dari alat yang

akan dibuat secara umum, kemudian barulah mendesain alat yang akan dibuat, yakni kincir angin.

3. Realisasi

Setelah merancang dan memvisualisasikan prinsip kerja dari alat yang sudah ada, maka selanjutnya mulai merencanakan kebutuhan peralatan dengan membuat daftar peralatan yang diperlukan dalam pembuatan alat tersebut. Selanjutnya melaksanakan pembuatan alat dan perakitan peralatan – peralatan yang sudah di siapkan.

4. Pengujian

Setelah melaksanakan pembuatan alat dan perakitan komponen-komponen kelistrikan selesai, maka melakukan pengujian dari alat yang sudah diselesaikan. Dan memastikan apakah peralatan bekerja dengan baik. Hasil-hasil dari pengujian dicoba untuk di data. Bila terdapat penyimpangan maka diusahakan agar hasil pengujian tersebut dianalisa dan diperbaiki.

F. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini di susun dalam tiga bab yang masing-masing membahas mengenai pokok-pokok penting dalam perencanaan aplikasi kincir angin. Setiap bab mempunyai keterkaitan antara satu dengan lainnya. Bab-bab yang terkandung dalam laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

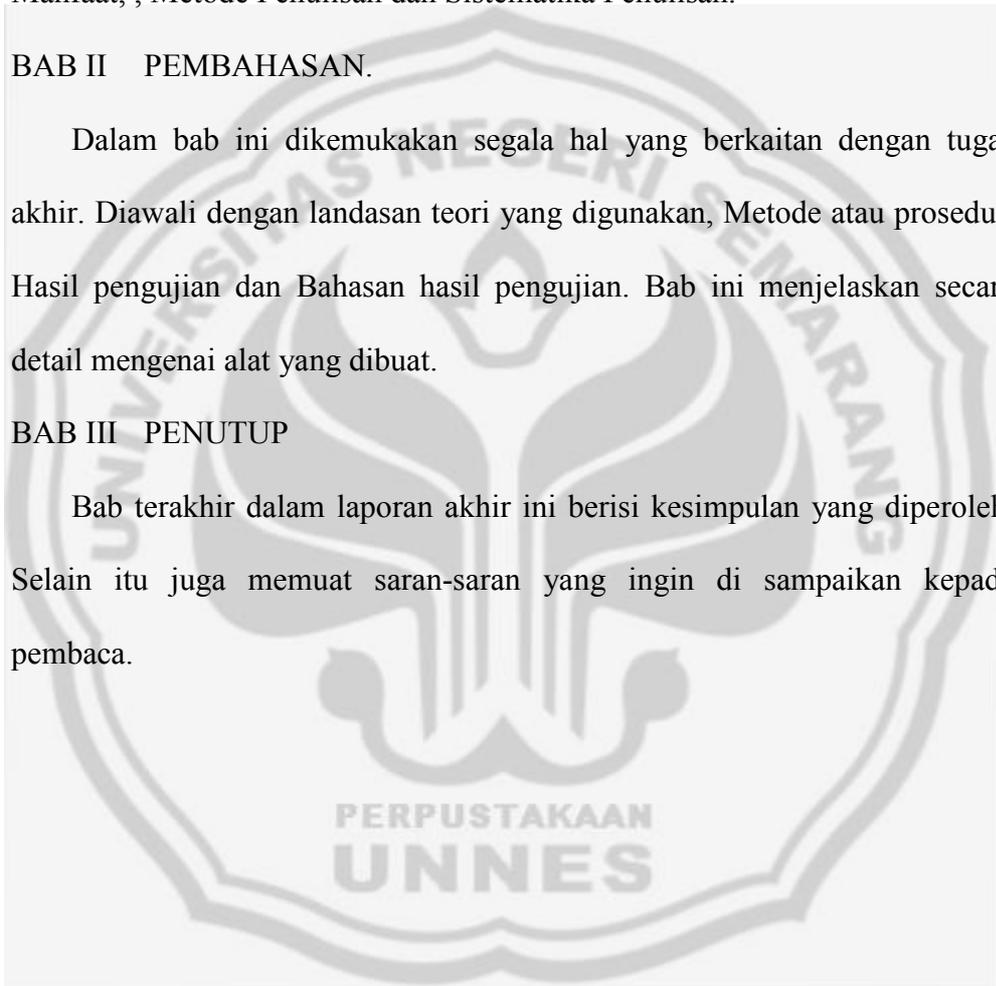
Dalam bab ini di kemukakan secara singkat tetapi menyeluruh dari apa yang akan dibahas mengenai aplikasi *kincir angin*. Oleh karena itu dalam bab ini berisi, Latar Belakang, Rumusan masalah, Batasan Masalah Tujuan, Manfaat, , Metode Penulisan dan Sistematika Penulisan.

BAB II PEMBAHASAN.

Dalam bab ini dikemukakan segala hal yang berkaitan dengan tugas akhir. Diawali dengan landasan teori yang digunakan, Metode atau prosedur, Hasil pengujian dan Bahasan hasil pengujian. Bab ini menjelaskan secara detail mengenai alat yang dibuat.

BAB III PENUTUP

Bab terakhir dalam laporan akhir ini berisi kesimpulan yang diperoleh. Selain itu juga memuat saran-saran yang ingin di sampaikan kepada pembaca.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN PEMBAHASAN

A. Landasan Teori

1. Energi – Energi Yang Terdapat Dalam Kincir Angin

Secara sederhana energy potensial yang terdapat pada angin akan berfungsi untuk memutarakan sudu – sudu yang terdapat pada kincir angin. dimana sudu – sudu ini terhubung dengan poros dan memutarakan poros yang telah terhubung dengan generator untuk menghasilkan arus listrik.

Kincir dengan ukuran besar dapat digabungkan bersama – sama sebagai pembangkit energy tenaga angin, dimana akan memberikan daya kedalam system transmisi kelistrikan.

2. Hubungan Daya (Power) dan Energi (Energy)

Energy adalah ukuran kesanggupan suatu benda untuk melakukan usaha.

Force = massa x percepatan

$F = m \text{ (massa)} \times a \text{ (percepatan)}$

Emerge = kerja (W) = gaya (F) x jarak (d)

Daya adalah usaha yang dilakukan persatuan waktu.

Power = $P = W / \text{time (t)}$

Power = Torque (Q) xrotational speed (Ω)

3. Energy Kinetic Angin

Energy kinetic adalah energy yang dimiliki suatu benda akibat gerakannya.

$$\text{Energykinetic} = \text{kerja (W)} = \frac{1}{2}mV^2$$

Dimana: M = massa dari benda yang bergerak

V = kecepatan dari benda yang bergerak

Angin yang menggerakkan sudu merupakan udara yang bergerak dan mempunyai massa, sehingga dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$= \text{berat jenis } (\rho) \times \text{volume (Area} \times \text{distance)}$$

$$= \rho \times A \times d$$

$$= (\text{kg/m}^3) (\text{m}^2) (\text{m}) = \text{kg}$$

4. Daya Angin (Power)

Daya angin adalah daya (watt) yang dibangkitkan oleh angin tiap luasan, sehingga daya angin dapat digolongkan sebagai energy potensial. Pada dasarnya angin merupakan angin yang bergerak per satuan waktu sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \text{Daya} = \text{kerja} / \text{waktu}$$

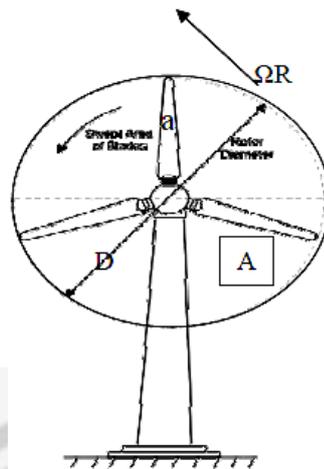
$$= \text{energi kinetik} / \text{waktu}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 / t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot A \cdot d) \cdot V^2 / t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \cdot (d/t) \rightarrow d/t = V$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$



Gambar. 1 kerapatan sudu

Beberapa hal yang harus diingat :

- Daerah sapuan (A) = $\pi \cdot R^2$ (m^2) daerah dari sapuan berbentuk lingkaran oleh rotor.
- ρ = kerapatan udara = $1,2 - kg/m^3$

Contoh perhitungan daya yang terdapat di angin :

$$\text{Daya angin} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$\text{Kecepatan angin} = V = 5 \text{ meters (m) per second (s), m/s}$$

$$\text{Kerapatan udara} = \rho = 1,0 \text{ kg/m}^3$$

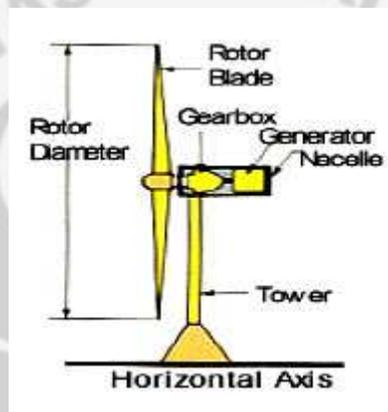
$$\text{Jari – jari sudu} = R = 0,2 \text{ m} = \text{daerah sapuan} = A = 0,125 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Daya angin} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \\ &= (0,5) \cdot (1,0) \cdot (0,125) \cdot (5)^3 \\ &= 7,85 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Satuan energi} &= (kg/m^3) \times (m^2) \times (m^3/s^3) \\ &= (kg \cdot m) / s^2 \times m/s \\ &= N \cdot m/s = \text{Watt} \end{aligned}$$

5. Dasar Turbin Angin

Dasar dari alat untuk merubah energy angin adalah turbin angin. Meskipun masih terdapat susunan dan perncanaan yang beragam, biasanya turbin digolongkan ke dalam dua macam tipe (horizontal dan vertical) dan yang paling banyak digunakan adalah turbin dengan sumbu X (axis) horizontal. Turbin jenis ini mempunyai rotasi horizontal terhadap tanah (dapat diartikan secara sederhana yakni searah dengan tiupan angin).



Gambar. 2 turbin horizontal secara umum

6. Prinsip Kerja

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis menjadi energi putar pada kincir, selanjutnya putaran kincir di gunakan untuk memutar generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik

Sebenarnya prosesnya tidak mudah, karena terdapat berbagai macam sub system yang dapat meningkatkan safety dan efisiensi dari turbin angin yaitu :

1. Gearbox

Alat ini mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi.

2. Generator

Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan system turbin angin. Generator ini dapat mengubah energy gerak menjadi energy listrik. Prinsip kerjanya dapat di pelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu kerja generator). Poros pada generator dipasang dengan material feromagnetik permanen. Setelah itu disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan – kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks ini akan menghasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan generator kemudian disalurkan melalui kabel jaringan listrik yang akhirnya digunakan oleh masyarakat.

3. Rotor Blade

Rotor Blade atau sudu adalah bagian rotor dari turbin angin. Rotor ini menerima energy kinetik dari angin dan di rubah kedalam energy gerak putar.

4. Tower

Bagian struktur dari turbin angin horizontal yang memiliki fungsi sebagai struktur utama penopang dari komponen system terangkai sudu poros, dan generator.

7. Daya Turbin Angin

Daya turbin angin adalah daya yang dibangkitkan oleh rotor turbin angin akibat mendapat daya hembus dari angin. Daya turbin angin tidak sama dengan daya angin, dikarenakan daya turbin angin terpengaruh oleh koefisien daya.

Koefisien daya adalah prosentase daya yang terdapat pada angin yang dirubah ke dalam bentuk energy mekanik.

$$P = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

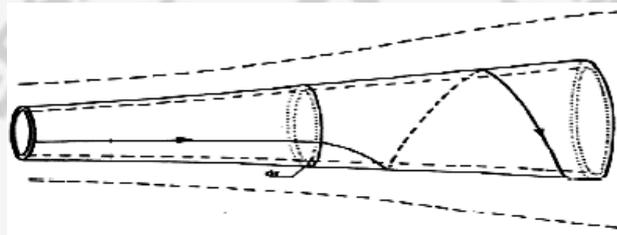
Pemeriksaan sesungguhnya dari contoh perhitungan daya yang terdapat pada angin adalah daya maksimal dari turbin dengan 0,2 m dapat dihasilkan dari angin berkecepatan 5 m/s yaitu:

$$7,85 \text{ watt} \times 0,5926 \text{ (Betz Limit)} = 4,65 \text{ watt}$$

Di dalam rangkaian turbin angin yang berputar selain terdapat bilangan C_p yang mempengaruhi, terdapat pula koefisien C_d yang mempengaruhi sudu dalam menghasikan daya. Coefficient of drag (C_d) adalah koefisien dari gaya tarik (drag). C_d pada dasarnya adalah kecendrungan suatu benda untuk

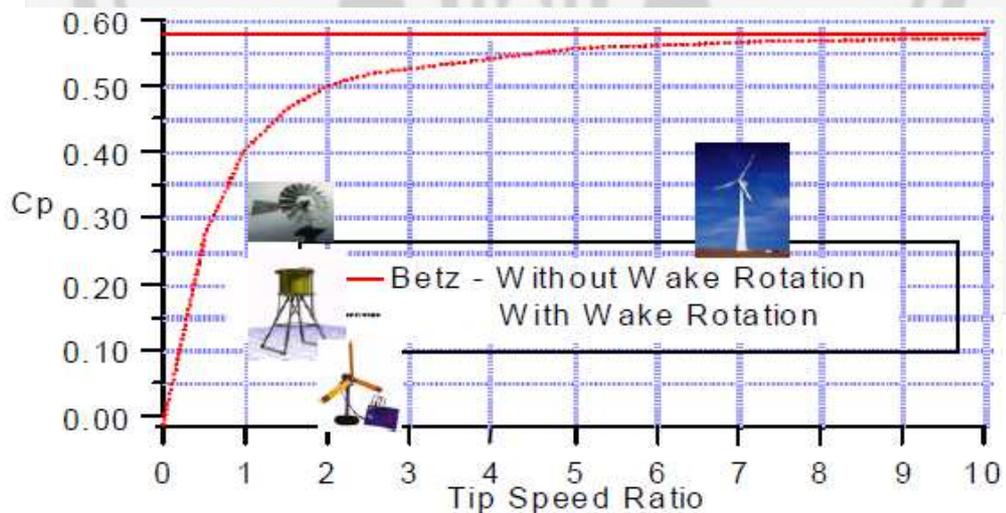
mempertahankan diri pada kondisi yang ada dari gaya geser atau gaya tekan yang timbul.

C_d dapat berupa benda bergerak ke arah atau di dalam arah aliran fluida yang dapat berupa gas atau cair. Setiap benda mempunyai koefisien C_d yang berbeda – beda. Semakin halus dan bundar suatu benda maka C_d akan semakin kecil. Besarnya koefisien C_d tidak dipengaruhi oleh ukuran dari benda namun dari sudut posisi laju benda terhadap fluida, (untuk lingkaran $C_d = 1,2$).



Gambar. 3 Aliran angin pada sudu

Kemungkinan Maksimum koefisien daya



Gambar. 4 Grafik hubungan koefisien daya dan tip ratio untuk berbagai model kincir maksimal yang dapat dihasilkan

Menurut Betz, seorang insinyur Jerman, besarnya energy yang maksimum dapat diserap dari angin adalah hanya 0,59259 dari energy yang tersedia. Sedangkan hal tersebut juga dapat dicapai dengan daun turbin yang dirancang dengan sangat baik serta dengan kecepatan keliling daun pada puncak daun sebesar 6 kali kecepatan angin. Pada dasarnya turbin angin untuk generator listrik hanya akan bekerja antara suatu kecepatan angin minimum, yaitu kecepatan start C_s , dan kecepatan nominalnya C_r .

8. Perbandingan Kecepatan Pada Ujung Sudu Liran– Tip Speed Ratio

Tip speed ratio adalah perbandingan dari kecepatan ujung sudu – sudu yang berputar dengan kecepatan dari udara.

$$\lambda = \frac{\Omega R}{V}$$

dimana,

Ω = kecepatan rotasi dalam radians / sec

R = jari – jari Rotor

V = kecepatan aliran angin

9. Blad Planform – Soliditas

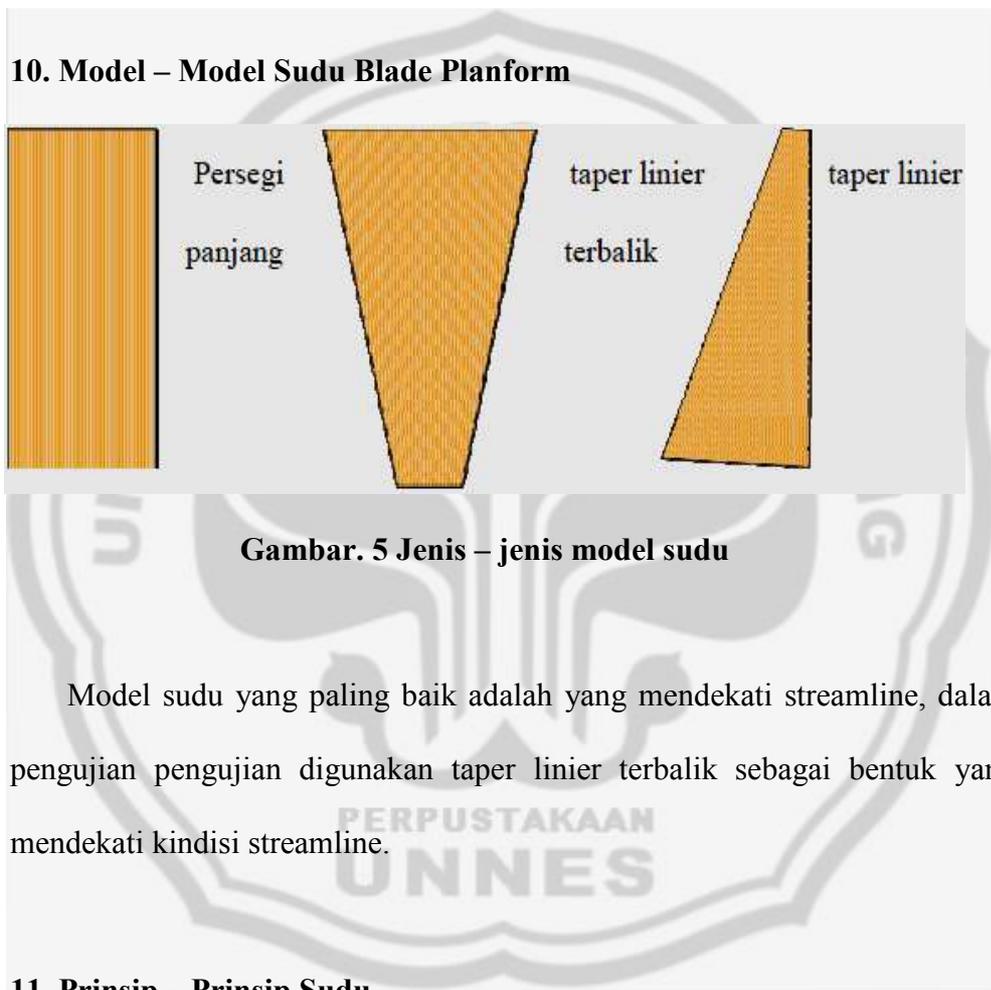
Blad Planform (sudu) adalah bentuk dari permukaan sudu. Soliditas adalah perbandingan dari luasan sudu dengan dengan daerah sapuan sudu. Lihat gambar 1 (gambar kerapatan sudu).

Soliditas rendah (0,10) = kecepatan tinggi, momen puntir rendah

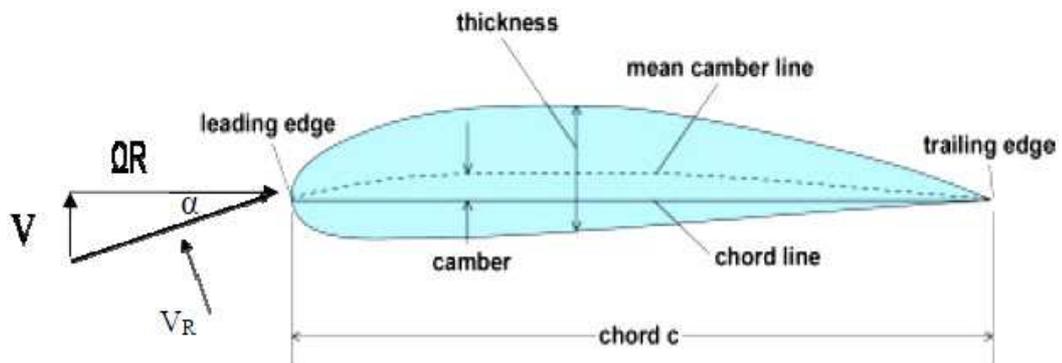
Soliditas tinggi ($> 0,80$) = kecepatan rendah, momen puntir tinggi

Soliditas berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin angin.

Jumlah sudu sedikit memiliki soliditas yang rendah, akan tetapi memiliki kecepatan yang tinggi, begitu pula sebaliknya.



Tubin angin menggunakan prinsip – prinsip aerodinamika seperti halnya pesawat.



Gambar 6. Penampang bagian sudu

Keterangan:

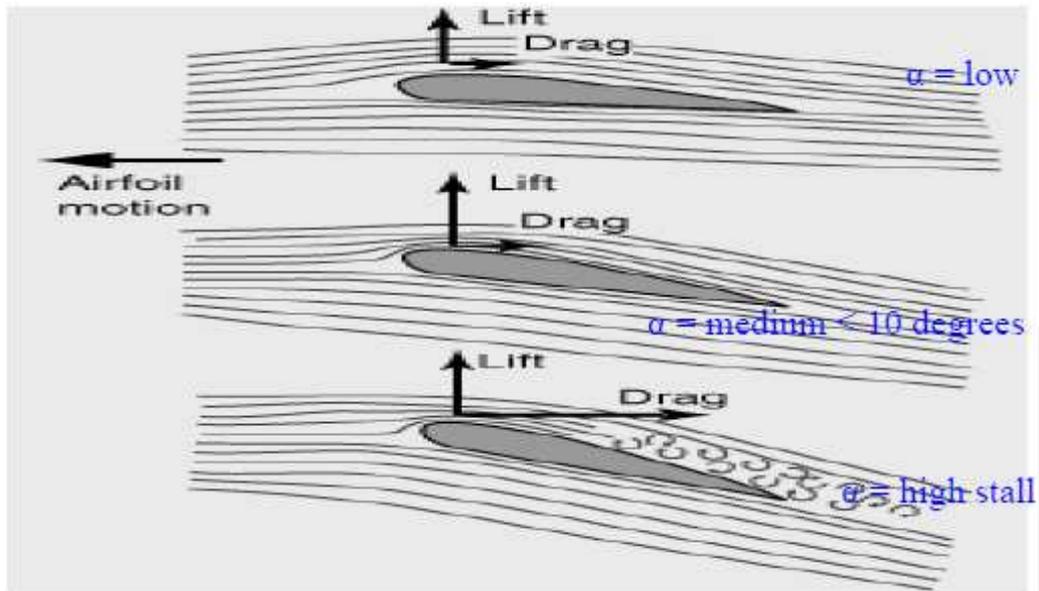
α = sudut kontak = sudut antara garis tengah – cord line dan arah dari angin, V_R .

V_R = kecepatan angin yang terdeteksi oleh sudu – vektor jumlah dari V (aliran anin) dan QR (kecepatan ujung sudu).

12. Sifat – Sifat Sudu

Sifat – sifat sudu mempengaruhi kecepatan putar sudu:

1. Gaya angkat tegak lurus dengan arah gerakan. Kita berharap dapat membuat gaya angkat yang besar.
2. Daya tarik sejajar dengan arah gerakan. Kita menginginkan gaya ini kecil.



Gambar 7. Pergarakan sudu akibat hembusan angin

Dalam membuat sudu yang baik ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

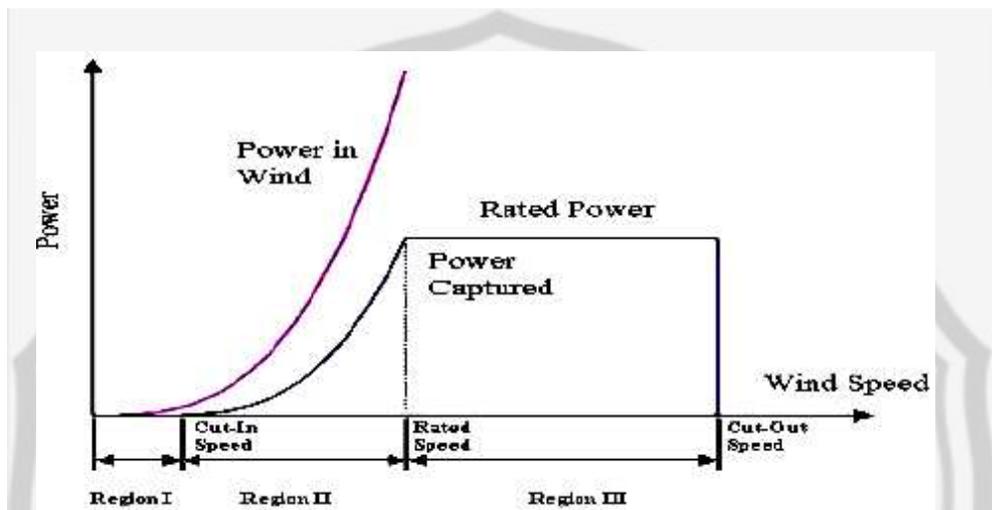
1. Berbentuk kurva gradual -Gradual curves
2. Sudut ekor yang tajam -Sharp trailing edge
3. Sudut depan yang bumdar -Round leading edge
4. Perbandingan ketebalan dengan cord -Low thicknes to ratio
5. Permukaan yang halus -Smooth surfaces

Di dalam perhitungan energy dari turbin angin mempertimbangkan factor

– factor sebagai berikut:

1. Daya angin = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$
2. Betz limit = secara teori mempunyai efisiensi 59% maksimal
3. Koefisien tarik = Cd .

4. Daya rata – rata = daya maksimal yang dihasilkan generator.
5. Factor kapasitas = energy sesungguhnya / energy maksimal generator.
6. Kecepatan angin masuk dimana energy mulai dihasilkan.
7. Kecepatan angin terakhir dimana produksi energy berakhir.

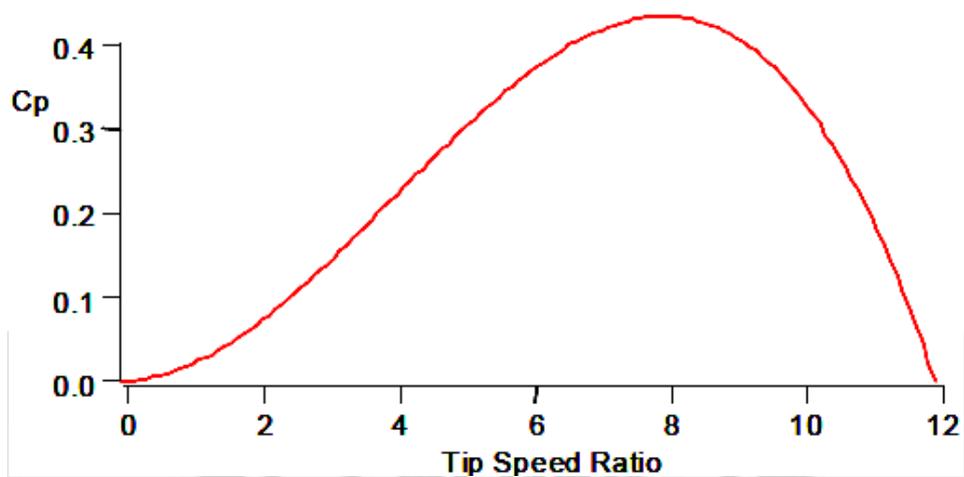


Gambar 8. Kurva daya terhadap kecepatan angin saat menggerakkan sudu

13. Hubungan Antara Koefisien Daya Dengan Tip Speed Ratio

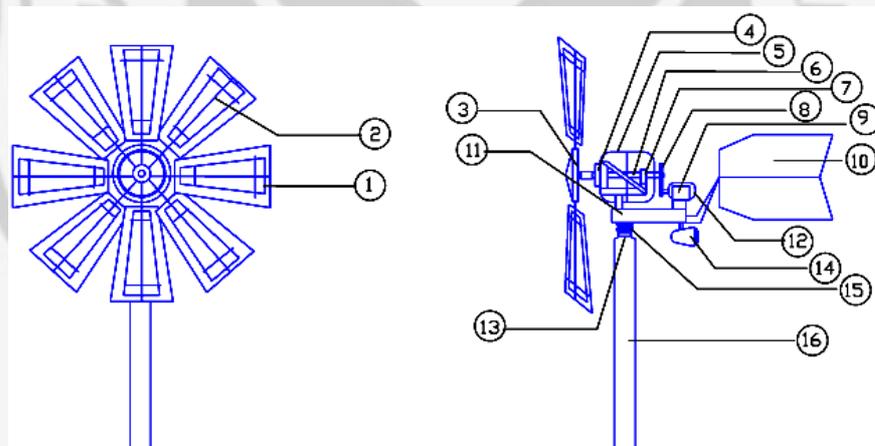
Tip speed ratio mempengaruhi besaran koefisien daya. Hubungan ini digambarkan sebagai berikut:

1. Koefisien daya bergantung pada ujung sudu.
2. Ditandai dengan kurva C_p berbanding dengan perbandingan kecepatan ujung sudu – Tip Speed Ratio curve.



Gambar 9. Kurva hubungan koefisien daya dengan tip speed ratio

14. Deskripsi Alat



Gambar 10. Skema alat

Keterangan gambar:

1. Sudu

Sudu berfungsi sebagai penangkap energi potensial pada angin

2. Jari jari sudu

Jari – jari sudu berfungsi sebagai rangka penguat sudu serta menghubungkannya dengan puli

3. Puli

Berfungsi sebagai rotor hub (pusat dari kedudukan sudu serta menghubungkan dengan puli

4. Bearing (pertanma)

Berfungsi sebagai bantalan penumpu poros supaya dapat berputar dengan baik

5. Penutup

Berfungsi sebagai pelindung dan juga sebagai penambah nilai estetika dari turbin angin

6. Poros

Sebagai penyalur daya dari putaran sudu ke roda penggerak dan diteruskan ke generator

7. Bearing (kedua)

Berfungsi sebagai bantalan penumpu poros supaya dapat berputar dengan baik

8. Roda penggerak

Berfungsi untuk mentransmisikan daya dari poros ke generator

9. Dudukan generator

Dudukan generator sebagai pemegang generator

10. Ekor

Berfungsi penyesuai arah kedudukan sudu terhadap arah datangnya sumber angin.

11. Kerangka atas

Fungsinya sebagai tempat kedudukan keseluruhan mekanisme berada dan berfungsi menurut kedudukannya.

12. Generator

Berfungsi sebagai pembangkit energi listrik

13. Bearing ketiga

Berfungsi sebagai tumpuan berputarnya kerangka atas untuk menyesuaikan arah datangnya angin.

14. Lampu

Fungsinya sebagai beban untuk menandakan ada atau tidak adanya arus listrik yang di timbulkan oleh generator

15. Poros sumbu vertical

Berfungsi sebagai tumpuan mekanisme poros yang berada di atasnya untuk menyesuaikan arah putaran angin.

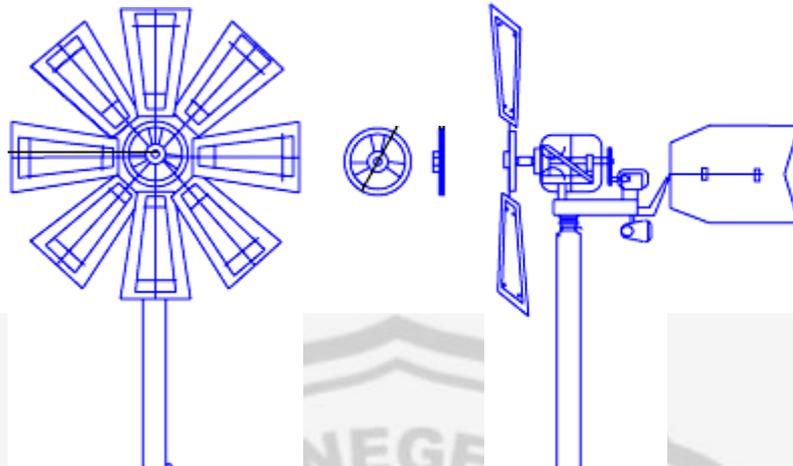
16. Tiang utama

Berfungsi sebagai penyangga tumpuan dari tiang penyangga.

B. PERANCANGAN KINCIR ANGIN

1. Data –Data Pembangkit Listrik Dengan Sudu Datar

Efisiensi angin dipengaruhi oleh kecepatan angin tersebut, serta titik rancangan dan jenis yang digunakan. Pengambilan data yang diperlukan untuk pengamatan yang diperlukan untuk pengamatan dilakukan dengan menggunakan kincir angin dengan dimensi berikut:



Gambar. 11 skema penampang sudu

2. Perancangan Sudu

1. Bahan Sudu = Mika
2. Diameter sudu = 1,5 m
3. Lebar tiap sudu = 34,5 cm (atas), 0,13 m (bawah)
4. Panjang tiap sudu = 65 cm

3. Perhitungan Pada Poros

Menurut pembebanannya maka poros diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis sebagai berikut:

1. Poros transmisi adalah bagian mesin yang berputar, penampangya berbentuk bulat, digunakan untuk memindahkan daya melalui putaran. Penerusan daya dilakukan melalui roda gigi, kopling, puli sabuk, sprocket rantai.

2. As atau gambar bentuknya seperti poros tetapi biasanya tidak berputar, tidak memindahkan torsi, dan digunakan untuk menumpu roda yang berputar, pulley, roda gigi dsb.
3. Spindles (poros mesin) adalah poros pendek yang merupakan bagian yang menyatu dengan mesinnya.

Hal – hal penting di dalam perhitungan poros:

1. Tegangan dan kekuatan
2. Kekuatan
 - a. Kekuatan statis
 - b. Kekuatan kelelahan
 - c. Keandalan
3. Defleksi dan ketegaran (*rigidity*)
 - a. Defleksi bengkok
 - b. Defleksi puntir
 - c. Slop pada bantalan dan elemen – elemen penumpu poros
 - d. Defleksi geser akibat beban melintang pada poros pendek

Adapun contoh data pendukung lainnya :

Diameter poros (d_s) = 19 mm

1. Daya yang ditransmisikan (P)

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \times Cd$$

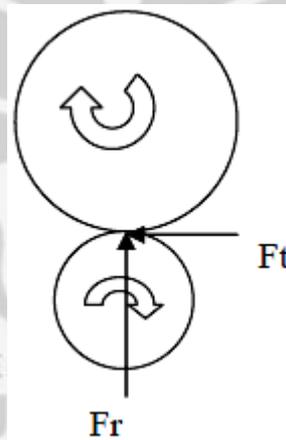
$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg/m}^3 \times \left(\frac{\pi (1 \text{ m})^2}{4} \right) \times (7 \text{ m/s})^3 \times 1.2$$

$$= 0,161553 \text{ kW}$$

2. Putaran poros (n_1) = 361 rpm
3. Factor koreksi (f_c) = 1,2
4. Daya rencana (P_d) = $f_c \times P$
 = $1,2 \times 0,161553 \text{ kW}$
 = 0,1938 kW

5. Momen rencana (T) = $9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n_1}$
 = $9,74 \times 10^5 \times \frac{0,1938}{361}$
 = 522,88 kg.mm

6. Gaya – gaya akibat roda gigi



a. Gaya tangensial (F_t) = $\frac{102Pd}{v}$; $v = \frac{\pi \times d_1 \times n_1}{60 \times 1000}$;

Dengan d_1 = diameter roda penggerak, m = modul

$$F_t = \frac{102 \times 0,1938 \text{ kW}}{\frac{\pi \times 97,4 \times 361}{60 \times 1000}} = 10,74 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Gaya radial (Fr)} &= 0,364 \times Ft \\
 &= 0,364 \times 10,74 \text{ kg} \\
 &= 3,91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Gaya aksial (F_A)

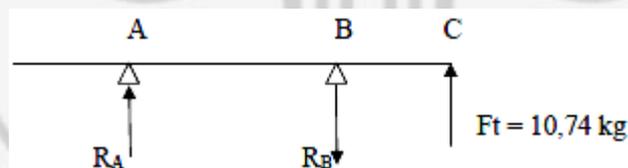
Gaya aksial pada pengujian ini adalah gaya yang searah dengan datangnya angin dan ditahan dibantalan (R_A). Dalam pengujian gaya aksial tidak dianalisa karena besarnya gaya aksial tidak dipakai dalam perhitungan kincir.

7. Perhitungan defleksi pada poros

1. Penggambaran BMD

a. Akibat Ft (horizontal)

Dimisalkan arah Ft dari bawah



$$AB = 0,17 \text{ m}, BC = 0,06 \text{ m}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$Ft \times (AB + BC) = R_B \times AB$$

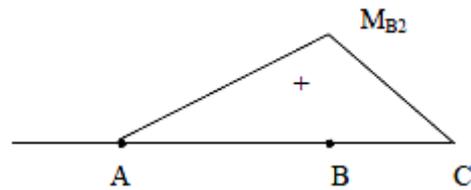
$$10,74 \text{ kg} \times (0,17 \text{ m} + 0,06 \text{ m}) = R_B \times 0,17 \text{ m}$$

$$R_B = 14,53 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A = R_B - Ft$$

$$= 14,53 \text{ kg} - 10,74 \text{ kg}$$



Penggambaran dari sisi kanan.

$$M_{B2} = F_r \times BC = 3,91 \text{ kg} \times 0,06 \text{ m} = 0,2346 \text{ kg.m}$$

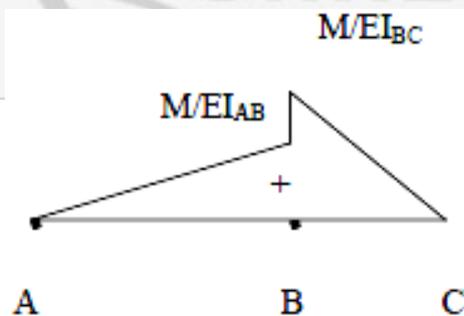
$$\begin{aligned} M_A &= F_r \times (BC + AB) - R_B \times AB \\ &= 3,91 \text{ kg} (0,06 \text{ m} + 0,17 \text{ m}) - 5,29 \text{ kg} \times 0,17 \text{ m} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Merresultan} &= \sqrt{M_{B1}^2 + M_{B2}^2} = \sqrt{0,6444^2 + 0,2346^2} \\ &= 0,6858 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

2. Analisa luas momen

Akibat Ft

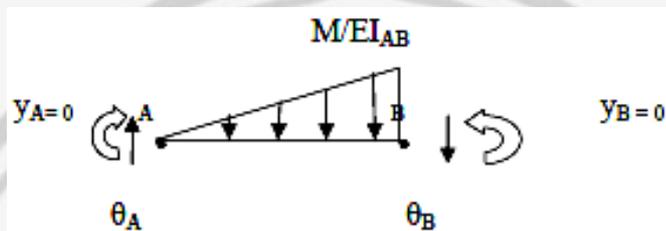
a. Diagram M / EI



$$I_{AB} = \frac{\pi \times d_{AB}^4}{64} = \frac{\pi \times 0.019^4}{64} = 6 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$I_{BC} = \frac{\pi \times d_{BC}^4}{64} = \frac{\pi \times 0.01125^4}{64} = 7,863 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

b. Batang AB



$$M/EI_{AB} = \frac{0,6444}{1,937 \times 10^{10} \times 60 \times 10^{-10}} = 0,005545$$

$$\Sigma M_A = 0$$

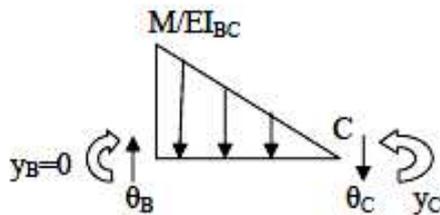
$$y_A + \left(\frac{1}{2} \times AB \times M/EI_{AB}\right) \times \frac{2}{3} \times AB + \theta_B \times AB - y_B = 0$$

$$\theta_B = -\frac{M}{EI} \times \frac{AB}{3}$$

$$= -0,005545 \times 0,17/3$$

$$= -3,142 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

c. Batang BC



$$M/EI_{BC} \frac{0,2346}{1,937 \times 10^{10} \times 7,864 \times 10^{-10}} = 0,0154$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$y_B + \theta_B \times BC = (\frac{1}{2} \times BC \times M/EI_{BC} \times \frac{2}{3} \times BC) + y_C$$

$$-6,864 \times 10^{-6} = 18,48 \times 10^{-6} + y_C$$

$$y_C = -2,5344 \times 10^{-5} \text{ m ; tanda (-) menunjukkan arah yaitu ke atas}$$

$$\begin{aligned} y_C \text{ resultan} &= \sqrt{y_{c1}^2 + y_{c2}^2} = \sqrt{(-6,9612 \times 10^{-5})^2 + (-2,5344 \times 10^{-5})^2} \\ &= 7,41 \times 10^{-5} \text{ m } (\uparrow) \end{aligned}$$

C. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

1. Metode Pengumpulan Data

Penyusunan kincir angin bersudu horizontal delapan sudu ini menggunakan beberapa sumber sebagai acuan teoritis di dalam membuat kincir angin dan menganalisa data – data yang diperoleh melalui pengujian.

Di dalam penyusunan digunakan pengumpulan data melalui beberapa referensi yang hasil pengujian pada tingkat sudut sudu yang berbeda

sehingga didapatkan data yang di bandingkan untuk mengetahui pada sudut sudu manakah yang akan memberikan koefisien daya (C_p) yang paling besar.

Data untuk pengujian alat saya ini, menggunakan tacometer sebagai pengukur kecepatan alternator, untuk mengetahui berapa kecepatan rpm nya, dan voltmeter untuk mengetahui keluaran tegangan dari alternator tersebut.

Table 1. hasil pengujian pemberian masukan dapat dilihat pada table.

Kecepatan alternator	Tegangan alternator
1200 rpm	18,2 volt
1350 rpm	19 volt
1500 rpm	21,8 volt
1700 rpm	22,4 volt
2000 rpm	23,6 volt

IC pengatur tegangan menjaga agar dalam waktu kerja tegangan altrrnator tetap konstan dalam batas – batas tertentu. Meskipun dalam hal itu jumlah putaran banyak berubah - ubah dan banyak terjadi perubahan beban. Oleh karena itu IC pengatur menyesuaikan dengan arus medan secara lancar.

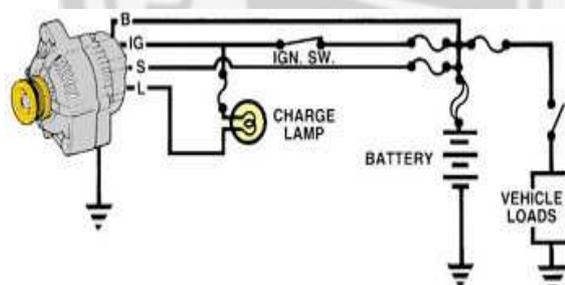
Spesifikasi alternator :



Sistem pengisian mempunyai 3 komponen penting yakni Aki, Alternator dan Regulator.

Alternator ini berfungsi bersama sama dengan Aki untuk menghasilkan listrik ketika mesin dihidupkan.

Hasil yang dihasilkan oleh alternator adalah tegangan AC Yang kemudian dikonversi/diubah menjadi tegangan DC.



RANGKAIAN SISTEM PENGISIAN

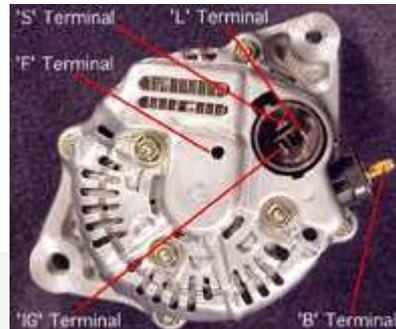
Ke empat kabel (soket) dihubungkan dengan alternator di sepanjang rangkaian kelistrikan.

“B” adalah kabel output alternator yang mensuplai langsung ke aki.

“IG” adalah indikator kontak yang ada dialternator.

“S” digunakan oleh regulator untuk mengatur strum pengisian ke aki.

“L” adalah kabel yang digunakan oleh regulator untuk indikator lampu (CHG).



IDENTITAS TERMINAL ALTERNATOR

“S” Terminal indikator Voltase aki.
 “IG” Terminal indikator strum kontak.
 “L” Terminal lampu indikator.
 “B” Terminal Output Alternator.
 “F” Terminal tegangan langsung (bypass).



ALTERNATOR ASSY

Alternator terdiri dari :
 gabungan kutub magnet yang dinamakan Rotor.
 Gulungan kawat magnet yang dinamakan stator.
 Rangkaian dioda yang dinamakan rectifier.
 Alat pengatur voltase yang dinamakan regulator.
 Dua kipas dalam (internal Fan) untuk menghasilkan sirkulasi udara.

MODEL ALTERNATOR

Kebanyakan alternator mempunyai regulator yang berada didalamnya (IC built In), dan tipe yang lama mempunyai regulator diluar.



Tidak seperti model yang lama, Tipe ini dapat dengan mudah diperbaiki dengan Membuka tutup bagian atasnya.

POLI ALTERNATOR

Poli alternator diikat/dikencangkan ke bagian sumbu rotor.



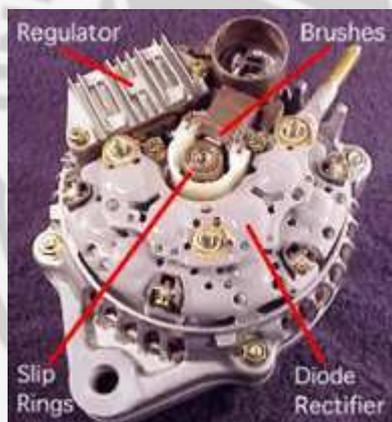
Tipe poli tunggal atau poli PK dapat digunakan.

Alternator tipe ini tidak mempunyai kipas luar yang menjadi bagian dari polinya.

Tidak seperti jenis alternator lama yang menggunakan kipas luar untuk pendinginan, alternator ini mempunyai 2 kipas dalam untuk sirkulasi udara pendingin.

BAGIAN DALAM ALTERNATOR

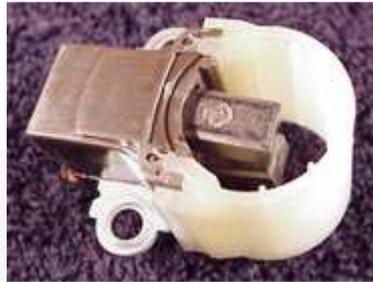
Jika bagian atas alternator dibuka :
Regulator yang mengontrol tegangan output alternator.
Carbon Brush yang menempel dengan bagian atas rotor (Slip Ring).



Rangkaian dioda (rectifier) yang mengkonversi (mengubah) voltase AC menjadi voltase DC.

Slip Ring (bagian dari rotor) dihubungkan dengan setiap dari Field winding.

CARBON BRUSH



Dua slip ring yang berada di setiap bagian atas rotor. Slip ring dihubungkan dengan field winding dimana carbon brush dapat bergerak, dan ketika arus mengalir melalui field winding Lewat slip ring, akan ada arus magnet disekitar rotor.

2 buah arang yang diposisikan sejajar yang akan menempel dengan slip ring.

Carbon brush disolder atau Diikat dengan baut.

IC REGULATOR

Regulator adalah otak dari sistem pengisian.



Regulator mengatur keduanya baik itu voltase aki dan voltase stator, dan tergantung dari kecepatan putaran mesin, regulator akan mengatur Kemampuan kumparan rotor untuk menghasilkan output Alternator.

Regulator dapat diganti baik itu internal regulator atau eksternal.

Dewasa ini rata rata semuanya sudah memakai internal regulator.

DIODE RECTIFIER

Rangkaian Dioda bertanggung jawab atas konversinya tegangan AC ke tegangan DC.

6 atau 8 diode digunakan untuk mengubah tegangan stator AC ke tegangan DC.

Setengah dari diode tersebut digunakan dalam kutub positif Dan setengahnya lagi dalam kutub negatif.

BAGIAN DALAM ALTERNATOR

Rotor yang diantaranya terdiri dari kutub kutub magnet yang berputar mengelilingi didalam stator. Putaran Rotor menciptakan arus magnet disekelilingnya.

Gulungan (stator) mengembangkan tegangan yang dikarenakan magnet yang berputar maka arus akan diinduksi melalui terminal stator.

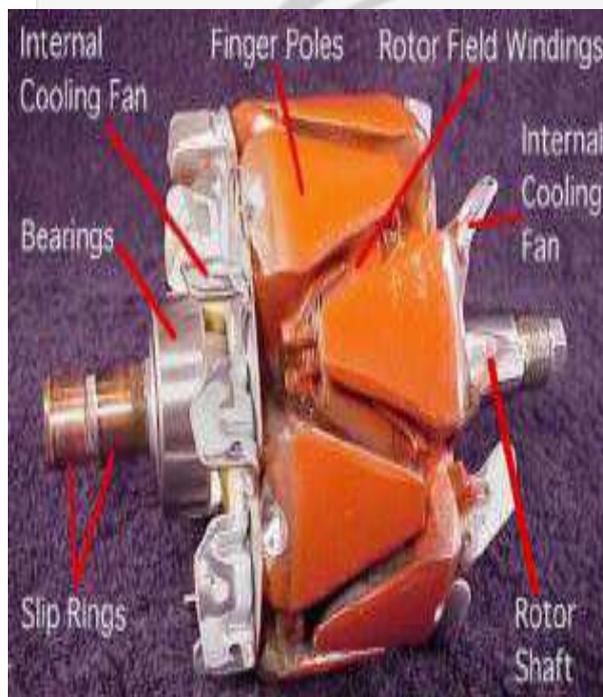


RANGKAIAN ROTOR

Rotor terdiri dari kutub kutub magnet, inti field winding dan slip ring.

Beberapa model/tipe termasuk mensupport lahar dan satu atau dua kipas didalamnya.

Rotor digerakkan atau diputar didalam alternator dengan putaran tali kipas mesin.



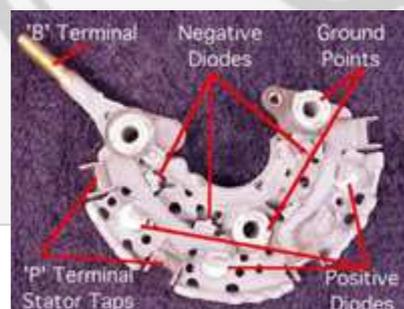
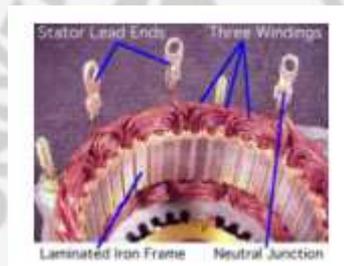
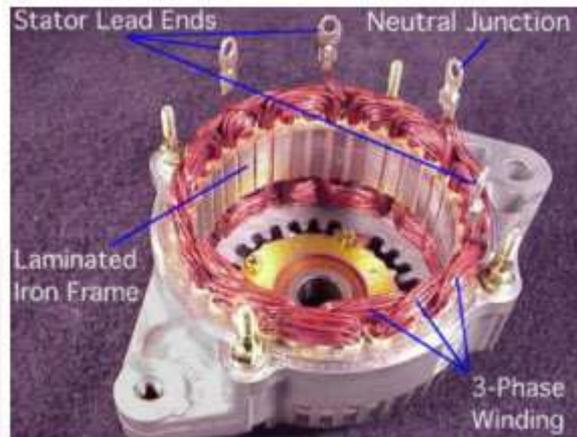
Rotor yang terdiri kutub kutub magnet, field winding, dan Slip ring, bagian bagian ini padat bersambungan pada sumbu rotor, field winding dihubungkan kepada slip ring dimana carbon brush dapat bergerak.

Ada dua lahar yang terdapat di rotor, satu di bagian bawah slip ring, dan satunya berada dibagian atas sumbu rotor.

Field Winding Rotor Menciptakan lapangan magnet yang disebabkan oleh arus yang mengalir melewati slip ring.

Magnet tersebut disatu disisi menjadi kutub selatan, dan disisi lain menjadi kutub utara.

STATOR



HUBUNGAN STATOR - ROTOR

Hubungan putaran rotor berputar didalam stator :

Arus magnet alternator yang berasal dari dari putaran rotor menginduksi tegangan kepada stator.

Kekuatan dan kecepatan dari putaran arus magnet yang dihasilkan rotor akan berakibat terhadap tegangan induksi kepada stator.

Stator mempunyai 3 fase gulungan yang diisolasi kepada stator, gulungan tersebut terhubung antara satu dengan yang lainnya.

Setiap fase ditempatkan diposisi yang berbeda dibandingkan dengan yang lain.

Gulungan yang diisolasi itu menghasilkan medan magnet.

RANGKAIAN DIODE - RECTIFIER

Diode digunakan sebagai penyearah tegangan.

Diode mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC sehingga aki menerima listrik yang benar.

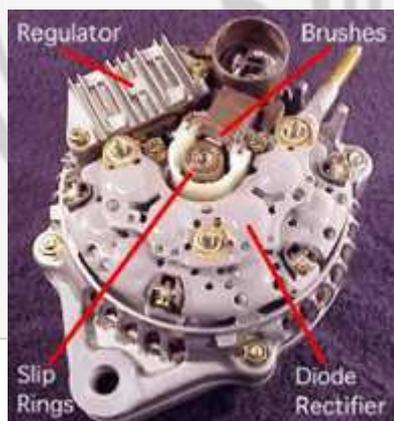
PENGATUR TEGANGAN

Regulator akan mengatur tingkat / level sistem pengisian tegangan.



Ketika sistem pengisian tegangan dibawah dari yang ditentukan, regulator akan meningkatkan arus listrik tegangan, yang akan berakibat terciptanya arus magnet yang kuat, hasilnya akan meningkatnya output alternator.

Ketika sistem pengisian tegangan diatas yang ditentukan, regulator akan menurunkan arus listrik tegangan, dan membuat arus magnet menjadi lemah, hasilnya output alternator yang semakin Kecil.



Regulator mengatur tegangan aki, dan juga mengatur arus yang mengalir ke rangkaian rotor.

Rangkaian rotor menghasilkan arus magnet.

Tegangan yang dihasilkan diinduksi di stator.

Rangkaian rectifier mengubah tegangan stator AC menjadi tegangan DC yang digerakkan oleh putaran mesin.

2. Varibel Pengujian

Pengujian kincir angin sumbu horizontal delapan sudu menggunakan beberapa variable pengujian. Data yang diambil berdasarkan referensi yang sudah ada, dan sudah di uji secara bertahap.

Posisi sudut sudu yang telah di ujikan antara lain :

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. 15° | 4. 60° |
| 2. 30° | 5. 75° |
| 3. 45° | 6. 85° |

Data – data yang sudah ada dalam referensi menunjukkan perbandingan sudut sudu yang akan menunjukkan hasil yang paling maksimal pada beberapa posisi kincir ditandai dengan semakin cepatnya putaran poros.

Pengujian kincir angin dengan sudu delapan buah

Dengan : n_1 = putaran roda penggerak (rpm)

n_2 = putaran kepala dynamo (rpm)

v = tegangan (Volt)

I = arus (ampere)

Table 2. Hasil pengujian dengan sudut sudu 15°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	78,9	290,4	1,376	1,87	2,57312
2	73,7	258,3	1,210	1,25	1,5125
3	75,3	275	1,325	1,5	1,9875
4	74,9	267,5	1,3	1,49	1,937
5	73,6	257,9	1,086	1,2	1,3032
6	75,4	276,8	1,337	1,5	2,0055
7	74,8	263,2	1,215	1,3	1,5795
8	77,5	288,1	1,375	1,75	2,40625
9	76,5	277,9	1,369	1,6	2,1904
10	79,4	292,6	1,396	1,92	2,68032
nilai rata-rata	76,000	274,770	1,299	1,538	1,997708

Table 3. Hasil pengujian dengan sudut sudu 30°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	130,1	535,4	2,349	0,67	1,57383
2	138,6	580,8	2,546	0,98	2,49508
3	134,5	547,3	2,39	0,74	1,7686
4	134,2	538,1	2,38	0,62	1,4756
5	136,3	552,2	2,48	0,82	2,0336
6	137	554,1	2,482	0,94	2,33308
7	137,1	565,8	2,497	0,94	2,34718
8	137,5	572,9	2,503	0,95	2,37785
9	138,5	579,2	2,542	0,96	2,44032
10	135,9	548,5	2,471	0,75	1,85325
nilai rata-rata	135,97	557,43	2,464	0,837	2,062368

Table 4. Hasil pengujian dengan sudut sudu 45°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	208,6	817,1	3,38	0,61	2,0618
2	214,1	855,4	3,506	0,68	2,38408
3	211	820,8	3,42	0,64	2,1888
4	212,8	843,8	3,450	0,65	2,2425
5	217,2	886,5	4,06	0,72	2,9232
6	215,1	885,3	3,59	0,71	2,5489
7	214,9	884	3,54	0,69	2,4426
8	211,4	831,7	3,43	0,64	2,1952
9	214,1	854,9	3,48	0,67	2,3316
10	227,6	891,6	4,23	0,72	3,0456
nilai rata-rata	214,680	857,110	3,609	0,673	2,428588

Table 5. Hasil pengujian dengan sudut sudu 60°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	271,1	1100,2	4,98	0,49	2,4402
2	279,6	1205	5,28	0,53	2,7984
3	271,4	1113	4,93	0,49	2,4157
4	271,1	1110	4,91	0,49	2,4059
5	271,6	1122	5,03	0,51	2,5653
6	274,4	1148	5,12	0,52	2,6624
7	275	1158	5,17	0,52	2,6884
8	271,5	1120	4,95	0,51	2,5245
9	276,8	1160	5,17	0,52	2,6884
10	290,2	1233	5,39	0,54	2,9106
nilai rata-rata	275,27	1146,920	5,093	0,512	2,607616

Table 6. Hasil pengujian dengan sudut sudu 75°

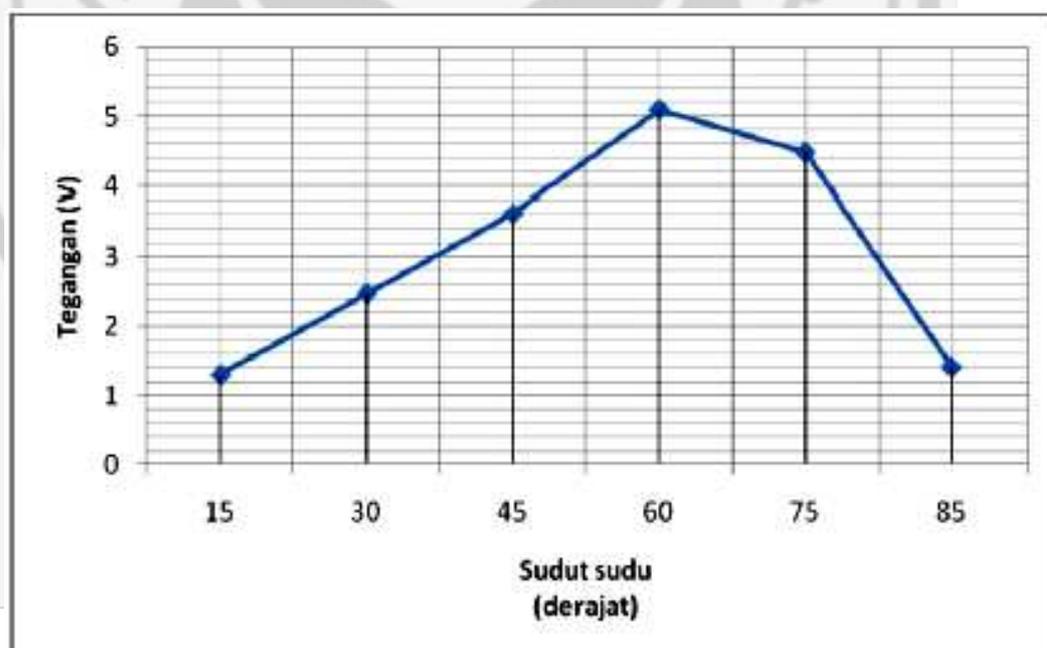
No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	232,8	1012	4,45	0,52	2,314
2	232	1011	4,42	0,49	2,1658
3	233	1014	4,47	0,58	2,5926
4	232,9	1014	4,45	0,56	2,492
5	234,1	1018	4,48	0,59	2,6432
6	233,2	1016	4,470	0,58	2,5926
7	234,3	1020	4,530	0,59	2,6727
8	234,2	1019	4,48	0,59	2,6432
9	231,9	1010	4,42	0,46	2,0332
10	235,8	1026	4,56	0,59	2,6904
nilai rata-rata	233,420	1016,0	4,473	0,555	2,482515

Table 7. Hasil pengujian dengan sudut sudu 85°

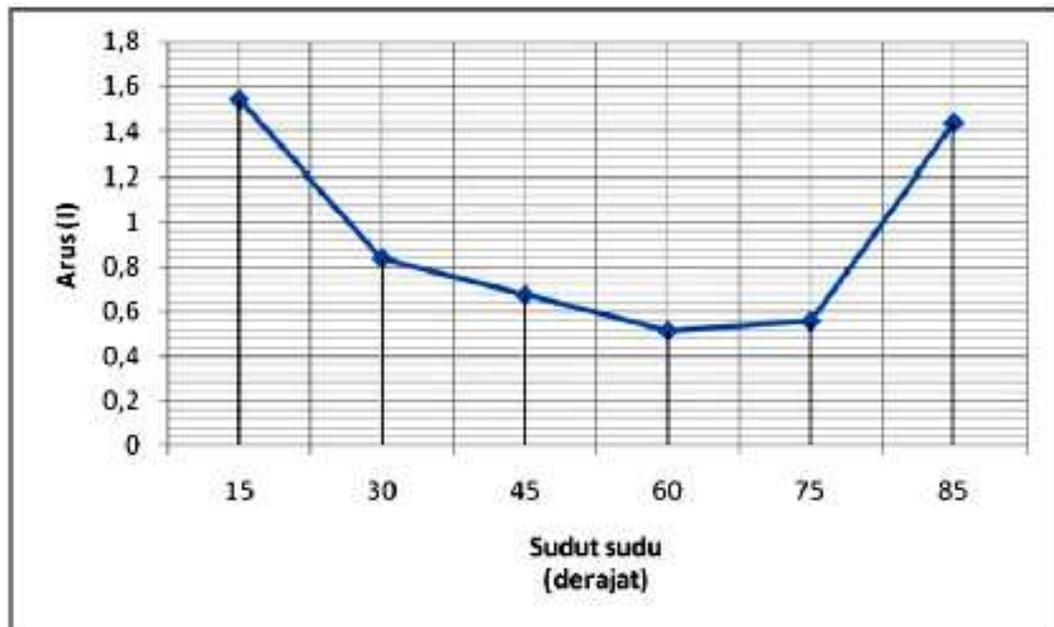
No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	84,4	338,8	1,378	1,4	1,9292
2	83,2	315,8	1,422	1,42	2,01924
3	85,3	316,3	1,421	1,46	2,07466
4	87,3	314,7	1,415	1,43	2,02345
5	85,8	338,8	1,362	1,42	1,93404
6	84,9	282,9	1,426	1,38	1,96788
7	87,7	328,9	1,425	1,45	2,06625
8	83,1	317,9	1,345	1,39	1,86955
9	87,2	320,2	1,389	1,49	2,06961
10	85,4	329,1	1,399	1,49	2,08451
nilai rata-rata	85,430	320,34	1,398	1,433	2,003621

Table 8. Hasil Rata – Rata Pengujian Dengan Variasi Sudut

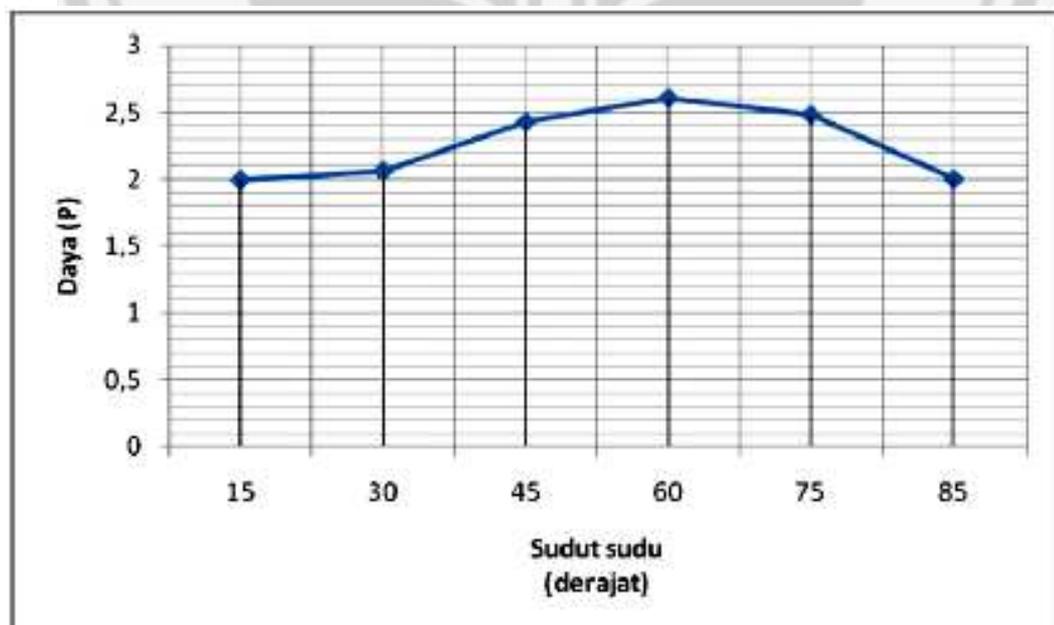
sudut sudu δ (derajat)	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
15	76	274,77	1,29	1,538	1,997708
30	135,97	557,43	2,464	0,837	2,062368
45	214,68	857,11	3,609	0,673	2,428588
60	275,27	1146,92	5,093	0,512	2,607616
75	233,42	1016	4,473	0,555	2,482515
85	85,43	320,34	1,398	1,433	2,003621



Gambar 12. Grafik hubungan antara sudut sudu dengan tegangan yang dihasilkan



Gambar 13. Grafik hubungan antara sudut sudu dengan arus yang dihasilkan



Gambar 14. Grafik hubungan antara sudut sudu dengan daya yang dihasilkan

Table 9. Hasil pengujian dengan sudut sudu 15°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	65,3	285,2	0,884	2,15	1,9006
2	63,4	278	0,846	2,08	1,75968
3	65,8	287,6	0,896	2,7	2,4192
4	64,5	279,6	0,861	2,12	1,82532
5	63,3	268,4	0,845	2,01	1,69845
6	65,2	284,3	0,876	2,15	1,8834
7	63,6	278,9	0,86	2,11	1,8146
8	65,7	286,5	0,89	2,2	1,958
9	64,8	280,9	0,875	2,15	1,88125
10	66,6	297,3	0,897	2,89	2,59233
nilai rata-rata	64,820	282,670	0,873	2,256	1,969488

Table 10. Hasil pengujian dengan sudut sudu 30°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	112,3	484,9	1,322	1,38	1,82436
2	123,4	498,8	1,99	1,52	3,0248
3	118,5	485,1	1,389	1,39	1,93071
4	120,4	489,8	1,282	1,45	1,8589
5	119,5	485,5	1,182	1,41	1,66662
6	118,8	485,4	1,135	1,4	1,589
7	119,8	489,7	1,282	1,45	1,8589
8	117,2	485	1,335	1,39	1,85565
9	122,9	498,4	1,99	1,52	3,0248
10	119,7	489,2	1,198	1,42	1,70116
nilai rata-rata	119,250	489,180	1,411	1,433	2,021247

Table 11. Hasil pengujian dengan sudut sudu 45°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	160,4	658,2	2,8	0,6	1,68
2	162,1	660,2	2,82	0,63	1,7766
3	164,9	675,8	3,183	0,87	2,76921
4	162,3	660,9	2,916	0,66	1,92456
5	169,9	683,9	3,246	0,91	2,95386
6	163,7	668,6	3,071	0,83	2,54893
7	164,8	675,1	3,100	0,86	2,666
8	163,3	667,8	3,056	0,73	2,23088
9	166,6	679,4	3,234	0,9	2,9106
10	162,2	660,5	2,9	0,64	1,856
nilai rata-rata	164,020	669,040	3,033	0,763	2,313874

Table 12. Hasil pengujian dengan sudut sudu 60°

No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	272,3	1173	5,22	0,52	2,7144
2	263,9	1125	4,83	0,48	2,3184
3	262,4	1050	4,83	0,45	2,1735
4	269,2	1128	4,88	0,49	2,3912
5	278,5	1189	5,260	0,54	2,404
6	270,7	1157	5,18	0,51	2,6418
7	264,5	1126	4,87	0,49	2,3863
8	275,2	1178	5,23	0,53	2,7719
9	269,5	1155	4,95	0,51	2,5245
10	284,4	1238	5,480	0,55	3,014
nilai rata-rata	271,060	1151,9	5,073	0,507	2,572011

Table 13. Hasil pengujian dengan sudut sudu 75°

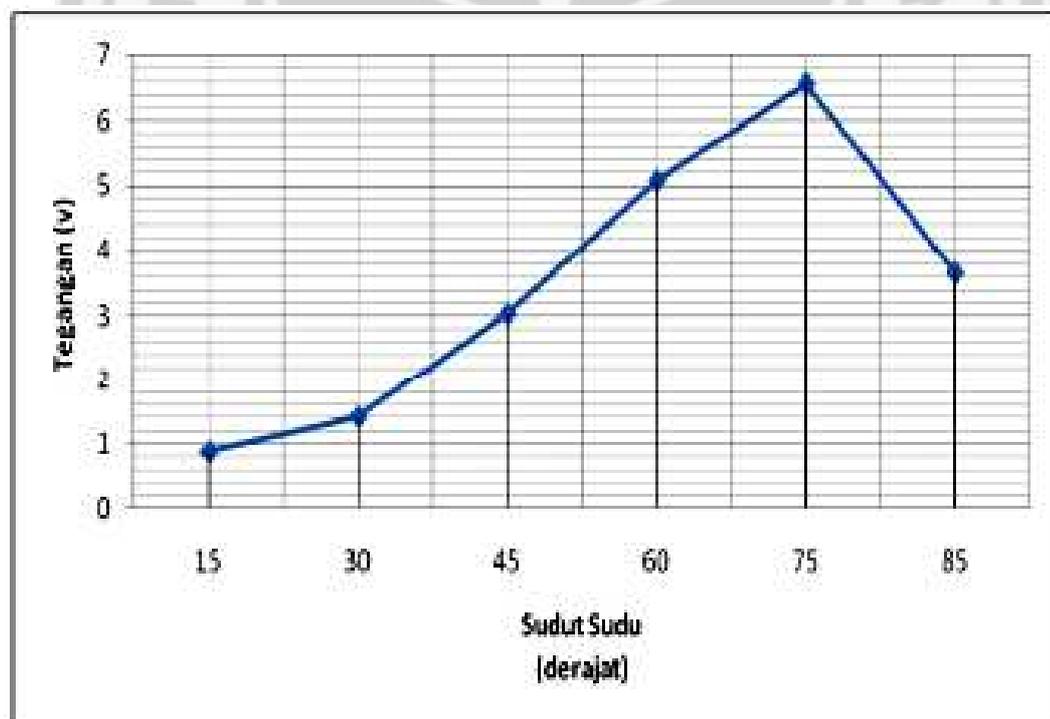
No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	317,5	1060	6,33	0,32	2,0256
2	347,7	1159	6,520	0,36	2,3472
3	346,2	1152	6,51	0,35	2,2785
4	353,4	1192	6,56	0,42	2,7552
5	351,6	1171	6,54	0,42	2,7468
6	361	1347	6,78	0,49	3,3222
7	354,8	1245	6,59	0,44	2,8996
8	358,7	1289	6,65	0,44	2,926
9	359,1	1290	6,760	0,45	3,042
10	341,8	1149	6,49	0,34	2,2066
nilai rata-rata	349,180	1.205,400	6,573	0,403	2,648919

Table 14. Hasil pengujian dengan sudut sudu 85°

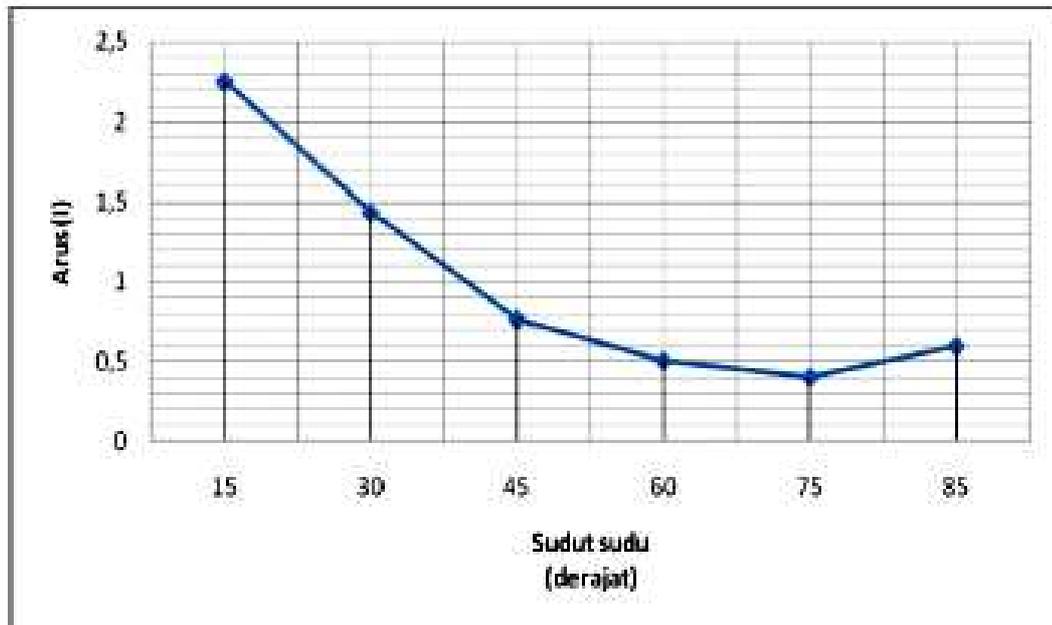
No. percobaan	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	I (ampere)	P (watt)
1	215,1	921,1	4,06	0,71	28,826
2	214,5	928,2	3,676	0,58	213,208
3	207,7	911,8	3,598	0,56	201,488
4	200	845,5	3,859	0,66	254,694
5	202,9	895,2	3,563	0,49	174,587
6	198,8	902,8	3,824	0,61	233,264
7	201,2	901,7	3,830	0,64	24,512
8	204,1	865,8	3,803	0,59	224,377
9	203,1	944,6	3,896	0,7	27,272
10	190,3	861,1	2,503	0,43	107,629
nilai rata-rata	203,77	897,780	3,661	0,597	2,185736

Table 15. Hasil rata – rata pengujian dengan variasi sudut

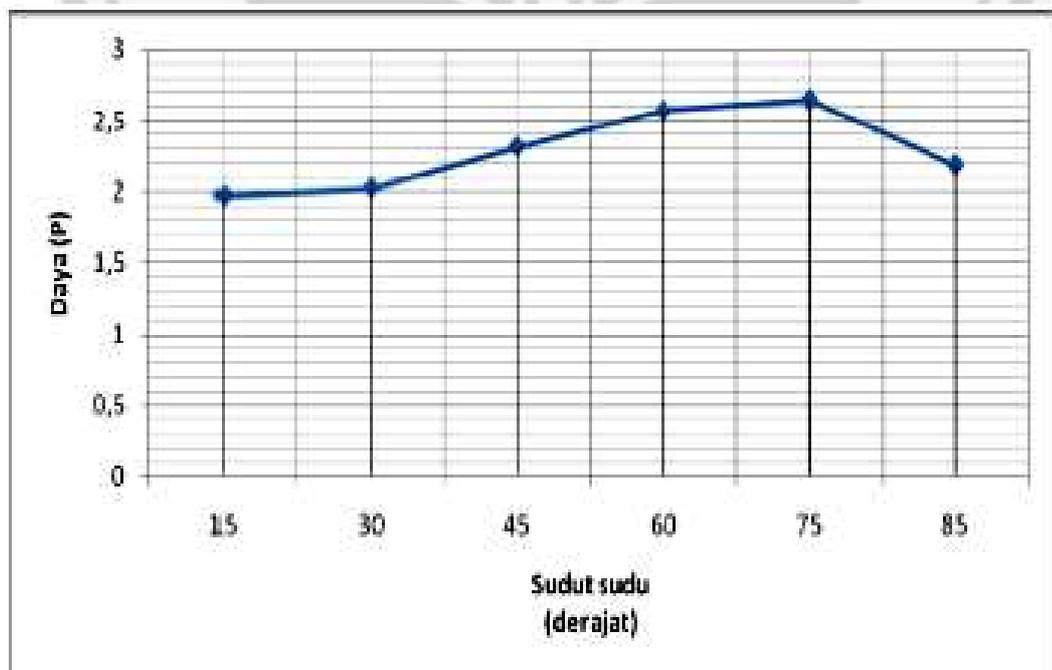
sudut sudu 4 (derajat)	n1 (rpm)	n2 (rpm)	v (volt)	i (ampere)	P (watt)
15	64,82	282,67	0,876	2,256	1,969488
30	119,25	489,18	1,411	1,433	2,021547
45	164,02	669,04	3,033	0,763	2,313874
60	271,06	1151,9	5,073	0,507	2,572011
75	349,18	1205,4	6,573	0,403	2,648919
85	203,77	897,78	3,661	0,597	2,185736



Gambar 15. Grafik hubungan antara sudut sudu dengan tegangan yang dihasilkan.



Gambar 16. Grafik hubungan antara sudut sudu dengan arus yang dihasilkan



Gambar 17. Grafik hubungan antara sudut sudu dengan daya yang dihasilkan

3. Analisis Data

a. Menghitung daya angin

Dari table sebelumnya dapat dilihat besarnya daya yang dihasilkan dari angin tergantung dari berbagai variasi kecepatan angin dan sudut sudu. Bila kecepatan angin yang digunakan dalam perhitungan adalah $v = 7 \text{ m/s}$, maka didapatkan daya angin :

Daya angin (power)

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \times (3,14 \times 0,25\text{m}^2) \times \left(\frac{7\text{m}}{\text{s}}\right)^3 \\ &= 161,553 \text{ watt} \\ &= 0,161553 \text{ kW} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya angin pada kecepatan 7 m/s adalah daya pada angin yang tersedia dan merupakan daya potensial. Daya pada angin ini bukanlah daya yang dibangkitkan oleh kincir angin horizontal delapan sudu. Untuk mendapatkan daya pada kincir angin yang sesungguhnya maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan efisien daya (coefficient of power) atau dengan bilangan betz limits.

b. Daya kinci

Daya kinci adalah daya yang dapat dibangkitkan oleh kincir, dapat ditandai dengan lampu indicator, dan terukur dalam multimeter

akibat adanya daya listrik untuk mendapatkan harga tegangan dan arus listrik.

4. Menghitung Koefisien Daya (Cp) Yang Dihasilkan

Koefisien daya Cp, adalah perbandingan antara daya yang dibangkitkan oleh kincir (dilihat dari harga tegangan dikalikan arus) dengan daya dari angin yang tersedia untuk tiap luasn area.

***Pada kincir dengan delapan sudu :**

a. Sudut 15°

$$C_p = \frac{\text{daya kincir}}{\text{daya angin}}$$

$$= \frac{1,997708}{161,553}$$

$$= 0,012$$

b. Sudut 30°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,062368 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,012$$

c. Sudut 45°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,428588 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,015$$

d. Sudut 60°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,607616 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,016$$

e. Sudut 75°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,482515 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,015$$

f. Sudut 85°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,003621 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,012$$

***Pada kincir dengan empat sudu :**

a. Sudut 15°

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}} \\ &= \frac{1,969488 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}} \\ &= 0,012 \end{aligned}$$

b. Sudut 30°

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}} \\ &= \frac{2,021547 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}} \\ &= 0,012 \end{aligned}$$

c. Sudut 45°

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}} \\ &= \frac{2,313874 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}} \\ &= 0,014 \end{aligned}$$

d. Sudut 60°

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}} \\ &= \frac{2,572011 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}} \\ &= 0,015 \end{aligned}$$

e. Sudut 75°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,648919 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,016$$

f. Sudut 85°

$$C_p = \frac{\text{Daya kincir}}{\text{Daya angin}}$$

$$= \frac{2,185736 \text{ watt}}{161,553 \text{ watt}}$$

$$= 0,013$$

Dari perhitungan C_p dapat diamalisa dalam table berikut:

Tabel 16. Hasil C_p pada pengujian kincir angin dengan 8 sudu

sudut sudu 8 (derajat)	C_p
15	0,012
30	0,012
45	0,015
60	0,016
75	0,015
85	0,012

Tabel 17. Hasil C_p pada pengujian kincir angin dengan 4 sudu

sudut sudu 4 (derajat)	C_p
15	0, 012
30	0,012
45	0, 014
60	0, 015
75	0, 016
85	0, 013

Dari table di atas dapat dilihat bahwa perubahan sudut mempengaruhi besarnya C_p . Pada kincir dengan delapan sudu nilai C_p akan maksimal pada sudut 60° , pada sudu di atas 60° harga C_p akan turun. Sedangkan pada kincir dengan empat sudu harga C_p yang paling tinggi pada sudut 75° . Hal ini menunjukkan adanya pergeseran titik maksimum sebesar 15° . Semakin besarnya C_p menunjukkan sudu berfungsi maksimal sebagai penangkap.

5. Pemeliharaan Periodik

Pengawasan sehari – hari dengan tujuan memeriksa secara menyeluruh kondisi dan kerjanya kincir angin.

Pemeliharaan periodik berupa:

a. Baling – baling

Keadaan mika sudu harus dipastikan selalu dalam keadaan baik.

Bila mika kedapatan retak maka perlu diganti dan diperiksa pula

kekencangannya mur dan baut pengikat mika dan sudu.

b. Poros diusahakan dipilih dari bahan yang kuat dan tahan korosi.

Perawatannya diberi pelumas pada bagian yang terhubung dengan bantalan yang di tempatkan pada rumahan untuk melindungi dari pengaruh luar.

c. Bantalan

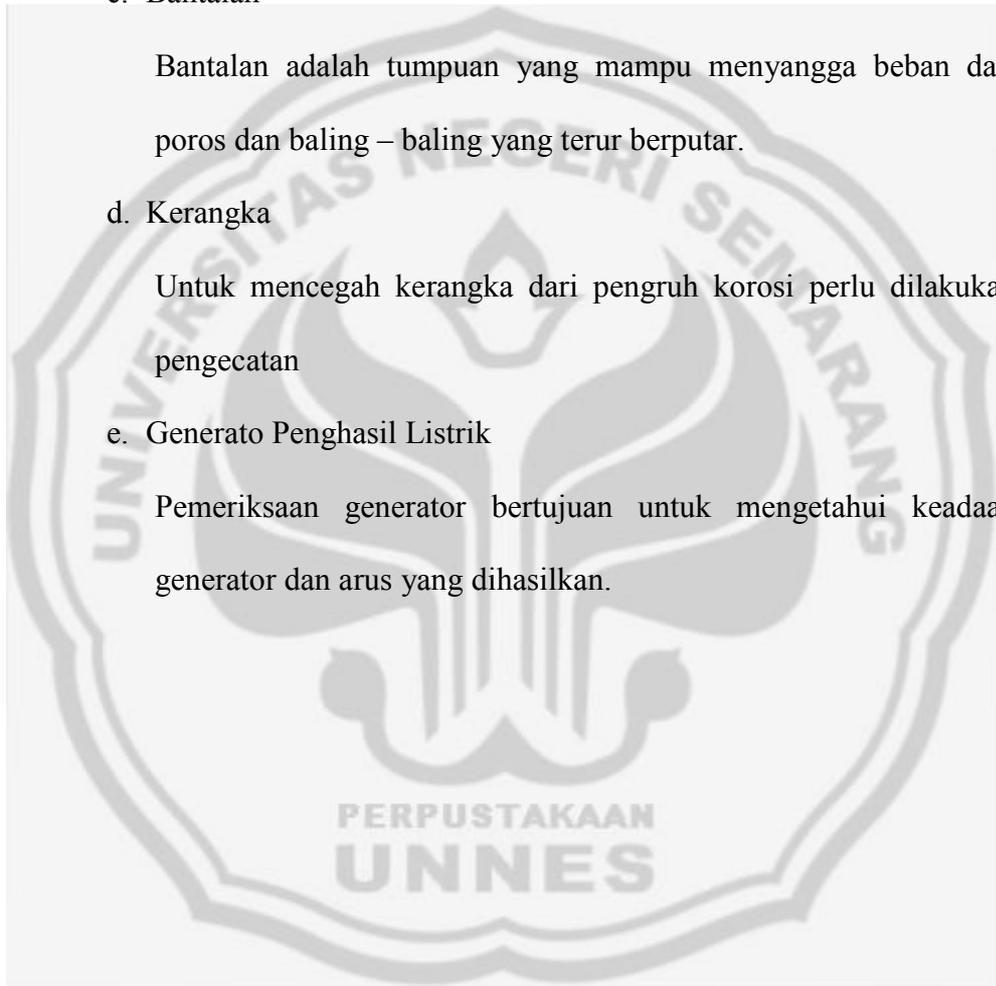
Bantalan adalah tumpuan yang mampu menyangga beban dari poros dan baling – baling yang terur berputar.

d. Kerangka

Untuk mencegah kerangka dari pengaruh korosi perlu dilakukan pengecatan

e. Generato Penghasil Listrik

Pemeriksaan generator bertujuan untuk mengetahui keadaan generator dan arus yang dihasilkan.



BAB III

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Kincir

Kincir merupakan sebagai penerus putaran dari energy angin yang mengalir, sehingga kincir dapat berputar. Kincir tersebut mengubah energy potensial untuk menghasilkan putaran, putaran tersebut diteruskan untuk memutarakan generator. Putaran pada kincir juga tergantung dari kecepatan angin. Semakin cepat energy angin yang didapat maka semakin cepat pula putaran yang dihasilkan kincir tersebut. Maka dari itu bantalan putar pada kincir perlu mendapatkan perawatan ekstra untuk menjaga agar putaran pada kincir dapat terjaga dengan baik dan mencegah terjadinya aus atau korosi.

2. Poros

Pada saat kincir berputar ada suatu poros untuk menahan agar kincir dapat berputar dengan stabil. Dari situ pula poros berperan untuk menahan dari beban punter dan lentur, sehingga kelelahan tumbukan tegangan diameter poros di perkecil. Untuk mendapatkan suatu poros yang dapat menghindari kejadian tersebut dilakukan suatu perhitungan untuk memilih diameter

poros yang cocok untuk menahan dari beban punter dan lengkung tersebut.

3. Bantalan

Dari situ pula dapat dilakukan untuk memilah berbagai macam bantalan untuk menahan beban yang diterima dari suatu poros. Ada berbagai macam bantalan, untuk memilih bantalan tersebut dapat ditentukan melalui diameter poros yang digunakan. Bantalan juga harus mendapatkan perawatan, bahwa bantalan tersebut yang mengakibatkan suatu kincir dapat berputar dengan kecepatan tinggi. Maka bantalan tersebut harus mendapatkan pelumas yang cukup untuk menghindari dari temperature yang tinggi akibat gesekan pada bantalan yang berputar dengan kecepatan tinggi.

4. Roda penggerak

Dalam hal ini roda penggerak berfungsi sebagai penerus putaran dari kincir ke generator.

5. Generator

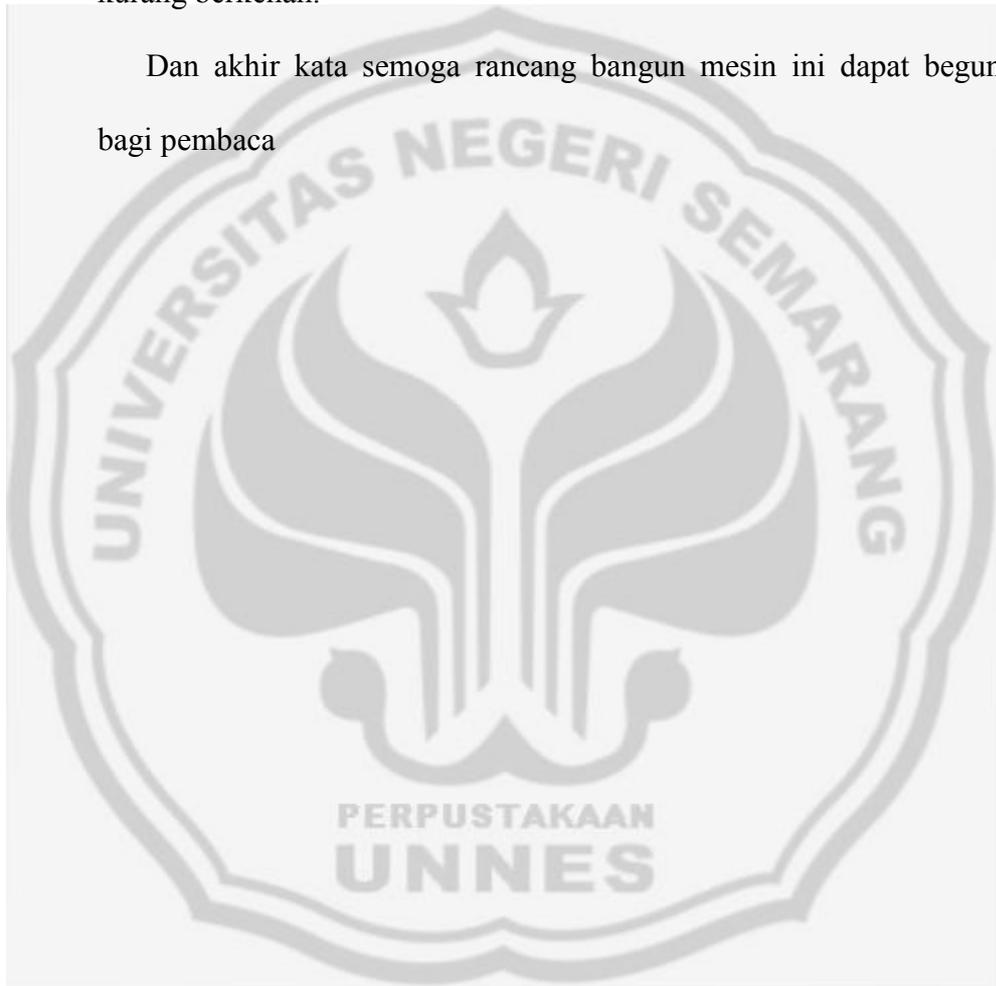
Generator merupakan komponen listrik yang mengubah gerakan atau energy menjadi listrik.

B. Penutup

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmatNya sehingga rancang bangun mesin dapat diselesaikan. Baik dalam rancangan maupun pembuatan alat.

Penulis menyadari bahwa masih banyak dalam perancangan dan pembuatan alat, oleh karenanya kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk kemajuan. Penulis juga mohon maaf apabila dalam menyajikan rancang bangun mesin ini terdapat penulisan yang kurang berkenan.

Dan akhir kata semoga rancang bangun mesin ini dapat berguna bagi pembaca



DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB PRESS

Makalah Hasim Hanafie, PT Bumi Energi Equatorial, 2007,

Nieman, G. 1984. *Elemen Mesin*. Jakarta:Erlangga.

Sudibyoy, *Roda Gigi I*, Surakarta:ATMI

Sularso, 1980. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta:
Pradnya Paramita

www.wikipedia.org





LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

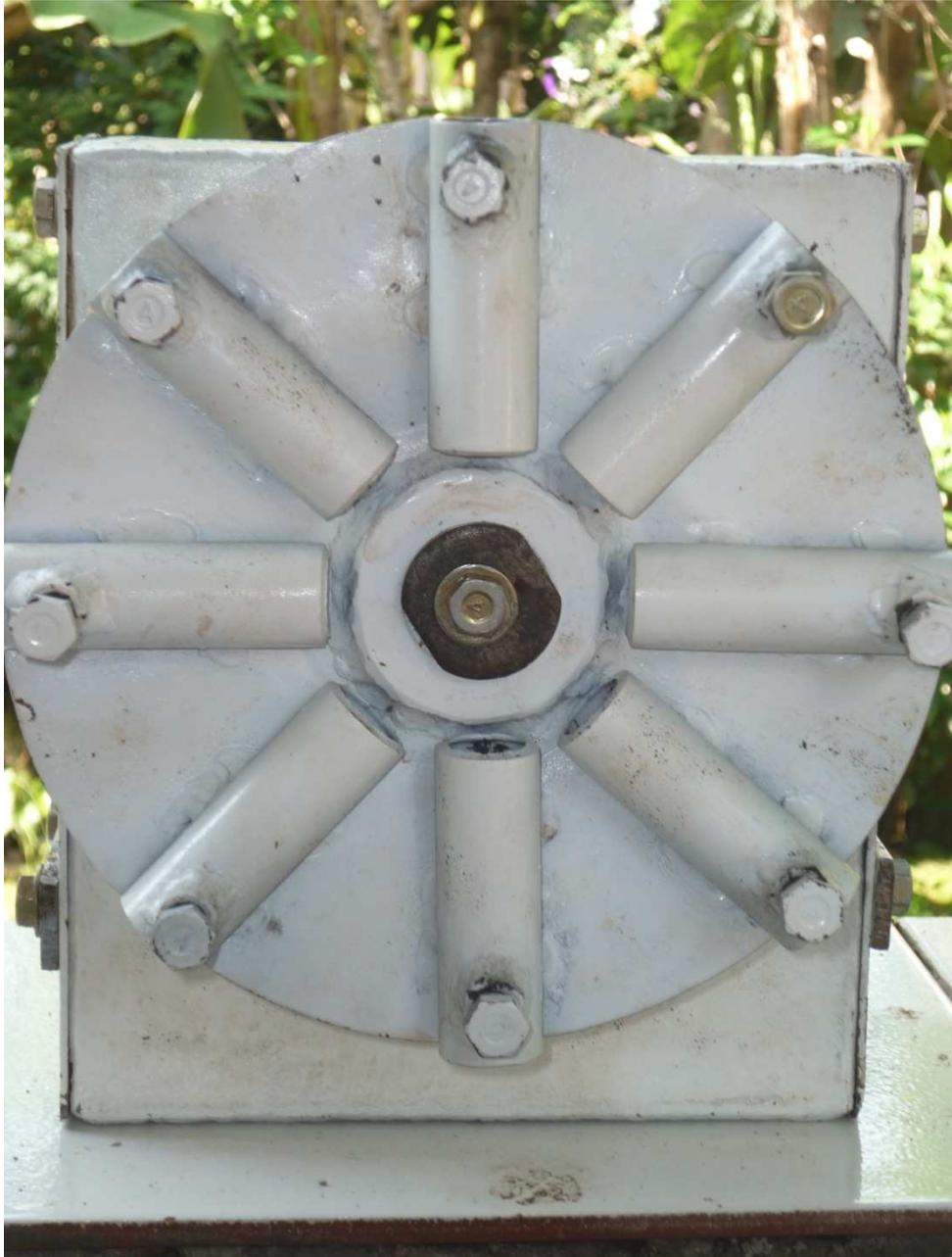
Gambar 1. Kincir Angin



Gambar 2. Kinci Angin tampak belakang



Gambar 3. Baling – Baling

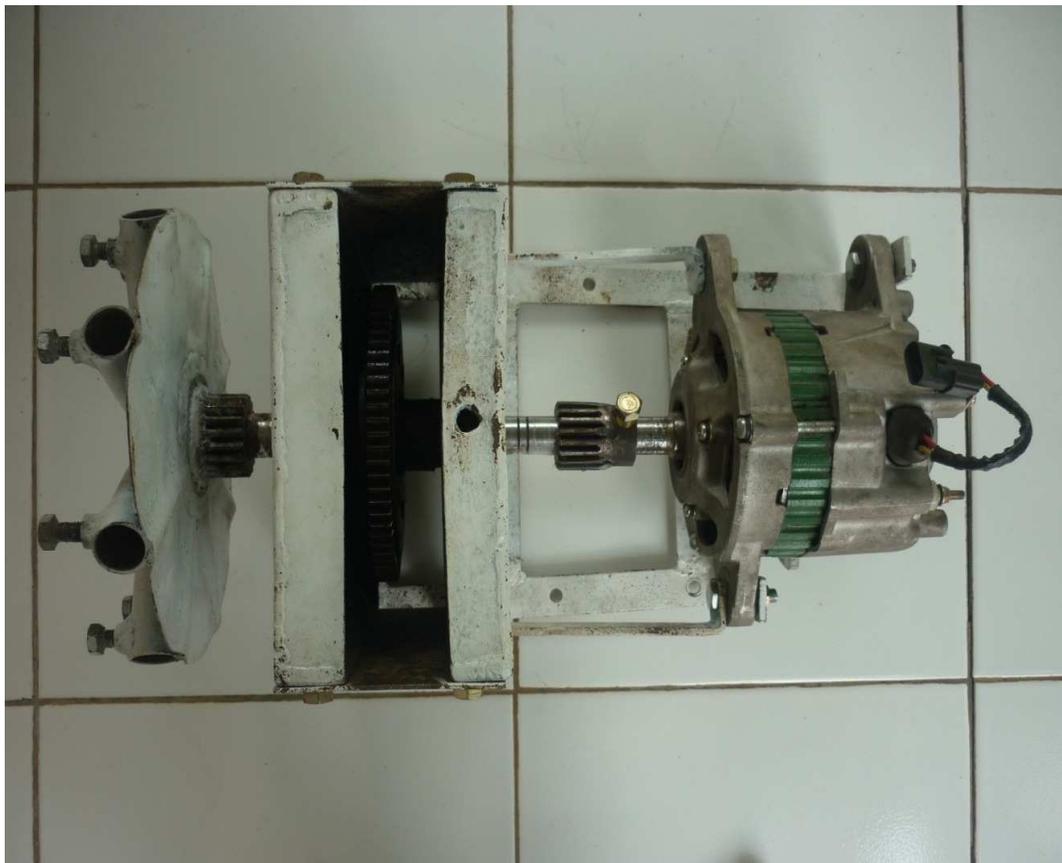


Gambar 4. Gearbox



Gambar 5. Alternator

PERPUSTAKAAN
UNNES



Gambar 6. Rangkaian Gearbox dan Altrnator

PERPUSTAKAAN
UNNES