

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA SUDU SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS RENDAH

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

M. SOFYAN KURNIA PUTRA
1307230024



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M SOFYAN KURNIA PUTRA
NPM : 1307230024
Program Studi: Teknik Mesin
Judul Skripsi : PEMBUATAN TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA
SUDU SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS
RENDAH
Bidang ilmu : Kontruksi Dan Teknik Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Khairul Umurani S.T., M.T.

Dosen Penguji II



H. Muharnif, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji III



Munawar Alfansuri Siregar, S.T., M.T.

Dosen Penguji IV



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin



SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M SOFYAN KURNIA PUTRA
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/14 September 1994
NPM : 1307230024
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“PEMBUATAN TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA SUDU SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS RENDAH”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 1 September 2019

Saya yang menyatakan,



M SOFYAN KURNIA PUTRA

ABSTRAK

Turbin angin pertama kali digunakan untuk membangkitkan listrik dibangun oleh P. La Cour dari Denmark di akhir abad ke-19. Setelah perang dunia 1, dengan penampang melintang menyerupai sudut propeler pesawat sekarang disebut kincir angin tipe propeler atau turbin. Turbin angin sumbu horizontal, dimana poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara, Turbin angin di arahkan oleh sebuah baling-baling angin. Turbin angin memiliki berbagai macam tipe sudu dan jenis material yang berbeda-beda. Salah satunya material yang sering digunakan untuk sudu turbin angin adalah material komposit. Adapun tujuan penelitian ini untuk membuat turbin angin horizontal axis 5 sudu sebagai pembangkit listrik kapasitas rendah. Dimana sudu turbin angin dibuat dengan menggunakan bahan komposit serat kaca yang dipadukan dengan bahan resin dan katalis lalu dimasukkan pada cetakan sudu, ukuran sudu turbin angin dengan panjang 500 mm, lebar pangkal 120 mm serta lebar ujung 3 mm. Dan pada proses desain dilakukan dengan menggunakan software AutoCAD. Penelitian turbin ini menunjukkan bahwa dengan kecepatan angin 7 m/s didapatkan daya input dari turbin 161,7 watt dan output sebesar 30,82 watt.

Kata kunci: Pembuatan Sudu Turbin Angin. Listrik Yang Dihasilkan, Perhitungan Daya Turbin

ABSTRACT

Wind turbines were first used to build electricity built by P. La Cour from Denmark in the late 19th century. After World War I, the cross section with aircraft propeller angles is now called propeller or turbine type windmills. Horizontal axis wind turbines, where the main rotor shaft and electricity generator are at the top of the tower, wind turbines are driven by wind turbines. Wind Turbines have different types of blades and different types of materials. One material that is often used for wind turbine blades is composite material. When conducting this research to make a 5 axis horizontal axis wind turbine as a low capacity power plant. Where the wind turbine blade is made using glass fiber composite material which is combined with resin material and catalyst then put on the blade mold, the size of the wind turbine blade with a length of 500 mm, 120 mm base width and 3 mm tip width. And the design process is done using AutoCAD software. This turbine research shows that wind speed of 7 m / s is obtained by input power of 161.7 watt turbine and output of 30.82 watt.

Keywords: Manufacture of Wind Turbine Blade. Making Turbine Tower, Turbine Power Calculation

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa ta'ala yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "PEMBUATAN TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA SUDU SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS RENDAH" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

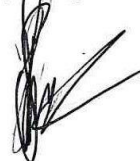
Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani,S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak H Muharnif,S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin dan motivasi kepada penulis.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin dan motivasi kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Bapak Agus Subandi ST dan Ibu sunani, yang telah memberikan semangat dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan selalu berdoa kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-Sahabat penulis: Riki Andrean, S.T. Febry Ramadhan, S.T, serta pasukan bodrex, Kurniawan Eko Putra, Wanda Tirta, Yuda Satria, Husfizar Ramadhani, Bayu Yang Pratama, Yudo Bhaskoro, Jon Hansen, sandi yoga sahaf, riki juliansyah dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia kontruksi teknik mesin.

Medan, 16 Agustus 2019



M SOFYAN KURNIA PUTRA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Turbin Angin	4
2.1.1 Definisi Energi Angin	4
2.1.2 Definisi Turbin Angin	4
2.1.3 Jenis Turbin Angin	6
2.1.3.1. Turbin angin sumbu horizontal (TASH)	6
2.1.3.2. Kelebihan Turbin Angin Horisontal	7
2.1.3.3. Kekurangan Turbin Angin Horisontal	7
2.1.3.4 Turbin Angin Sumbu Vertikal	8
2.1.3.5 Kelebihan Turbin Angin Vertikal	9
2.1.3.6. Kekurangan Turbin Angin Vertikal	9
2.2. Karakteristik Kerja Turbin Angin	10
2.2.1. Sistem Elektrik PLTB	10
2.3. Komponen Utama Turbin Angin Horizontal	13
2.4. Sudu Turbin Angin Horizontal	15
2.4.1. Perhitungan Daya Kincir	15
2.5 Konstruksi Menara Turbin Angin	16
2.6. Pondasi Turbin Angin	

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1 Bahan Yang Digunakan Selama pembuatan	22
3.2.2. Alat Alat yang di gunakan dalam pembuatan	26
3.3 Diagram Alir	32
3.4. Prosedur Pembuatan	33
3.4.1. sudu	33
3.4.2. Tower	33

3.4.3. Perakitan dan pemasangan	34
3.4.4. Pengambilan Data	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan Sudu Turbin Angin	35
4.1.1 Perencanaan Bahan Yang Akan Di Buat	35
4.1.2 Pembuatan cetakan sudu turbin angin	36
4.1.3. Pembuatan Sudu Turbin Angin	37
4.2. Pembuatan Tower Turbin Angin	39
4.2.2 Tahapan Pembuatan Tower	39
4.3 Pengujian Benda Kerja	41
4.4. Data Hasil Penelitian	43
4.5 Pengolahan Data Dan Perhitungan	44
4.5.1. Perhitungan Daya Angin	44
4.5.2. Perhitungan Daya Kincir	45
4.5.3. Perhitungan C_p	46
4.5.4 Perhitungan Tip Speed Ratio	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.2 Waktu Penelitian	21
Tabel 4.1 Data percobaan kincir dengan kecepatan angin 7 m/s	43
Tabel 4.2 tabel perhitungan daya kincir	45
Tabel 4.4 grafik data TSR dengan kecepatan angin 7 m/s	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Angin	5
Gambar2.2Jenis Turbin Angin Horizontal Berdasarkan Jumlah Sudu	6
Gambar2.3 Varian turbin angin sumbu vertical	8
Gambar 2.4 Karakteristik kerja turbin angin	9
Gambar 2.5 Penentuan kecepatan angin rata-rata suatu daerah	10
Gambar 2.6 Sistem PLTB kecepatan konstan (<i>fixed-speed</i>)	11
Gambar (2.7) Sistem PLTB kecepatan berubah (<i>variable-speed</i>) (rotor belitan)	12
Gambar 2.8 Sistem PLTB kecepatan berubah (<i>variable-speed back to back converter</i>)	12
Gambar 2.9 Sistem PLTB kecepatan berubah (<i>variable-speed</i> (rotor sangkar)	12
Gambar2.10 Sistem PLTB kecepatan berubah (<i>variable-speed</i>) (rotor permanen magnet)	13
Gambar 2.11 turbin angin single sudu	15
Gambar 2.12 Turbin angin double sudu	15
Gambar 2.13 turbin angin triple sudu	16
Gambar 2.13 menara pole	17
Gambar2.14 SkemaMomenTurbin Angin	19
Gambar 3.1. Tepung Adeka	22
Gambar 3.2 Resin	22
Gambar 3.3 Cairan Katalis	22
Gambar 3.4. lem perekat	23
Gambar 3.5. kertas karton	23
Gambar 3.6. mall sudu	23
Gambar 3.7. tepung talco	24
Gambar 3.8 Serat kaca	24
Gambar 3.9. pipa besi	25
Gambar 3.10 seling baja	25
Gambar 3.11. besi siku	25
Gambar 3.12 baut dan mur	26
Gambar 3.13. generator	26
Gambar 3.14. Baterai dc	27
Gambar 3.15. Inverter	27
Gambar 3.16 Lampu LED	27
Gambar 3.17 Mesin gerinda potong	28
Gambar 3.18 Mesin gerinda tangan	28
Gambar3.19. Mesin Las	29
Gambar 3.20 mesin bor	29
Gambar 3.21 sigmat	29
Gambar 3.22 kunci pas	30
Gambar 3.23 Solder listrik	30
Gambar 3.24 tacho meter	31
Gambar 3.25 Anemometer	31

Gambar 3.26 Multi tester	31
Gambar 4.1 Gambar teknik pembuatan sudu turbin angin	35
Gambar 4.2 proses awal pembuatan cetakan	36
Gambar 4.3 proses penjemuran cetakan	36
Gambar 4.4 cetakan yang akan digunakan untuk pembuatan sudu	37
Gambar 4.4 proses pembuatan cairan fiberglass	37
Gambar 4.6 pemasukan dan pengolesan cairan fiberglass Ke dalam cetakan	38
Gambar 4.7 pembukaan cairan fibreglass dari cetakan	38
Gambar 4.8 sudu turbin angin yang sudah di finishing	38
Gambar 4.9 desain tower turbin angin	39
Gambar 4.10 proses pemotongan pipa besi	40
Gambar 4.11 proses pengelasan tower	40
Gambar 4.12 tower turbin yang sudah di finishing	41
Gambar 4.13 lokasi pengujian turbin angin	41
Gambar 4.14 menghitung kecepatan angin	42
Gambar 4.15 kecepatan putaran sudu	42
Gambar 4.16 arus yang di hasilkan dari generator	42
Gambar 4.18 grafik hubungan antara daya dan torsi kincir angin	45
Gambar 4.19 grafik hubungan antara torsi dan TSR pada kincir angin	47

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
P	Massa jenis	kg/m ³
R	Jari-jari kincir	m
A	Luas penampang	<i>m</i> ²
<i>v</i>	Kecepatan angin	m/s
ω	Kecepatan sudut	rad/s
N	Kecepatan putar rotor	rpm
F	Gaya pengimbang	N
T	Torsi	Nm
Pin	Daya angin	watt
Po	Daya listrik	watt
Pout	Daya kincir	watt
TSR	Tip Speed Ratio	-
Cp	Koefisien daya	%
<i>m</i>	massa udara	kg
V	Tegangan	Volt
I	Arus Ampere	
<i>t</i>	Waktu	s
<i>vt</i>	Kecepatan di ujung sudu kincir	m/s

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin angin adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk mengubah energi gerak angin menjadi energi mekanik pada poros turbin tersebut. Martosaputro, S. (2013) Energi angin dikonversi sebagian menjadi energi putar oleh rotor. Dengan atau tanpa roda gigi, putaran rotor tersebut biasanya digunakan untuk memutar generator yang akan menghasilkan energi listrik. Turbin angin savonius adalah jenis turbin angin tipe drag, dimana turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan dari tiap tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu Grogg, Kira. (2005). Turbin angin savonius bisa berputar pada kecepatan angin rendah, proses manufaktur turbin savonius mudah dan memiliki koefisien daya rendah. Sudu turbin merupakan salah satu bagian dari turbin yang berguna menangkap angin dan memutar poros sehingga turbin dapat berputar sesuai dengan kekuatan angin yang menimpa sudu.

Di dalam penelitian yang dilakukan oleh (B. Mahendra, dkk, 2009), yaitu pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin horizontal didapat kesimpulan bahwa jumlah sudu berpengaruh pada unjuk kerja turbin angin horizontal. Secara konstruksi pembuatan pada turbin dengan jumlah 3 sudu dapat memberikan unjuk kerja yang maksimal. Ditinjau dari segi kecepatan Pada kecepatan angin 7 m/s diperoleh BHP 0.267 watt, torsi 0.00398 Nm, dan efisiensi 10.20 %. Pada kecepatan 5 m/s. Hal ini dikarenakan pada turbin horizontal sudu 3 mempunyai jarak antara sudu yang satu dengan lainnya terhadap poros sudu turbin mempunyai kerenggangan yang menjadikan aliran dapat mengalir dan menerpa sudu dibelakang poros dan ini akan meningkatkan gaya momen serta mengurangi gaya hambat negatif pada sudu sehingga aliran turbulensi yang terdapat pada turbin tersebut relatif kecil. Sedangkan untuk konstruksi jumlah sudu 5 juga merupakan pengaruh kecepatan angin sehingga mendapatkan Unjuk kerja yang rendah bila kecepatan angin 7 m/s diperoleh BHP 0.191 watt, torsi 0.00320 Nm, dan efisiensi 4.95 %.demikian juga halnya untuk turbin savonius

type L sudu 4 memberikan daya poros terendah dibandingkan dengan jumlah sudu yang lebih dari 4 karena akan memberi pengaruh berat dan juga membutuhkan gaya dorong yang lebih besar. hal ini secara konstruksi dikeranakan dengan bertambahnya jumlah sudu berat dari turbin juga akan bertambah sehingga membutuhkan gaya dorong yang lebih besar

Ditinjau dari segi tata letak dari turbin khususnya turbin angin horizontal yang memiliki shaft rotor dan generator yang di tempatkan pada puncak tower diharapkan memberikan arah terfokus kepada tiupan angin namun demikian jika untuk mendapatkan daya yang lebih besar maka turbin harus dilengkapi dengan pengarah angin seperti menggunakan winde plane yang diletakkan di rotor. Dan ada juga turbin tersebut dilengkapi dengan sensor gerak angin dengan motor servo yang mengarahkan blade sesuai arah angin

Sudu turbin dibuat kaku untuk mencegah terdorong ke tower oleh angin yang kencang. Di samping itu, sudu di tempatkan pada jarak yang mencukupi didepan tower dan kadang melengkung kedepan. Dalam keadaan angin kencang tata letak blade dibolehkan untuk melengkung agar berfungsi untuk menurunkan area sapuan dan resistansi angin.

Dalam tugas ini, akan melakukan pembuatan mengenai turbin angin sumbu horizontal 5 sudu, yang nantinya akan menghasilkan daya listrik, kemudian dari data daya keluaran tersebut akan didapat nilai energi yang dihasilkan turbin angin.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat dirumuskan masalah yang akan dihadapi dalam tugas ini adalah bagaimana membuat turbin angin horizontal axis 5 sudu sebagai pembangkit listrik kapasitas rendah.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam pembuatan alat ini yaitu:

1. Pembuatan turbin angin dengan konfigurasi 5 sudu sesuai rancangan.
2. Pemilihan konstruksi turbin angin yang akan dipasang pada gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Pembuatan sudu turbin dengan bahan dan ukuran yang sudah direncanakan

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk membuat alat turbin angin type horizontal dan mendapatkan energi listrik dari hasil konstruksi turbin angin tipe horizontal.

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk membuat turbin angin horizontal sebagai pembangkit listrik kapasitas rendah.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk membuat sudu turbin
2. Untuk membuat tower turbin
3. Untuk menganalisis daya hasil turbin

1.5. Manfaat

Pengembangan Turbin Angin berskala kecil ini diharapkan akan memberikan manfaat di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait potensi energi angin kepada masyarakat
2. Membantu pemerintah dalam mewujudkan pengembangan energi baru dan terbarukan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Angin

2.1.1 Definisi Energi Angin

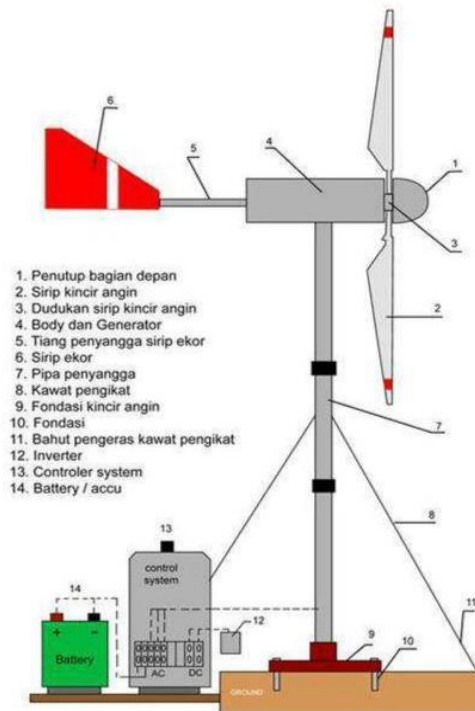
Angin merupakan udara yang bergerak disebabkan adanya perbedaan tekanan udara. Udara akan mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Daerah yang banyak terkena paparan sinar matahari akan memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada daerah yang sedikit terkena paparan sinar matahari. Menurut hukum gas ideal, temperatur berbanding terbalik dengan tekanan, dimana temperatur yang tinggi akan memiliki tekanan yang rendah, sedangkan temperatur yang rendah akan memiliki tekanan yang tinggi. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkitan listrik, pengeringan atau pencacah hasil panen, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut.

2.1.2 Definisi Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk menggerakkan generator sebagai pembangkit tenaga listrik. Turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan adanya prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat dipengaruhi oleh angin. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. walaupun sampai saat ini penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional, turbin angin masih lebih

dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui (Co: batubara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan diameter kipas R seperti pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Turbin Angin

2.1.3 Jenis Turbin Angin

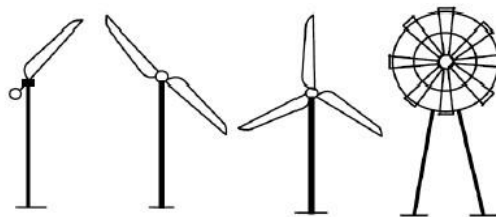
2.1.3.1. Turbin angin sumbu horizontal (TASH)

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 resi tensi angin dari bilah-bilah itu. Dilihat dari jumlah sudu, seperti gambar 2.2 turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi:

1. Turbin angin satu sudu (single blade)
2. Turbin angin dua sudu (double blade)
3. Turbin angin tiga sudu (three blade)
4. Turbin angin banyak sudu (multi blade)



Gambar 2.2. Jenis Turbin Angin Horizontal Berdasarkan Jumlah Sudu

2.1.3.2. Kelebihan Turbin Angin Horizontal

1. Tower-nya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar. Pada beberapa area, setiap 10 meter ada kenaikan tambahan kekuatan angin 20% dan peningkatan daya 34%.
2. Efisiensi lebih tinggi, karena sudu selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin, menerima daya sepanjang putaran. Sebaliknya pada turbin vertikal, melibatkan gaya timbal balik yang membutuhkan permukaan airfoil untuk mundur melawan angin sebagian bagian dari siklus. Backtracking melawan angin menyebabkan efisiensi lebih rendah.

2.1.3.3. Kekurangan Turbin Angin Horisontal

1. Dibutuhkan konstruksi tower yang besar untuk mensupport beban blade, gear box dan generator.
2. Komponen-komponen dari turbin angin horisontal (blade, gear box dan generator) harus diangkat ke posisinya pada saat pemasangan.
3. Karena tinggi, maka turbin ini bisa terlihat pada jarak yang jauh, banyak penduduk lokal yang menolak adanya pemandangan ini.
4. Membutuhkan kontrol ya sebagai mekanisme untuk mengarahkan blade ke arah angin
5. Pada umumnya membutuhkan sistem pengereman atau peralatan yaw pada angin yang kencang untuk mencegah turbin mengalami kerusakan.

2.1.3.4 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna ditempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta *gearbox* bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak Atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara didekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, di antaranya kebisingan dan *bearingwear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menaraturbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi

energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal seperti gambar 2.3



Gambar 2.3 Varian turbin angin sumbu vertikal

2.1.3.5 Kelebihan Turbin Angin Vertikal

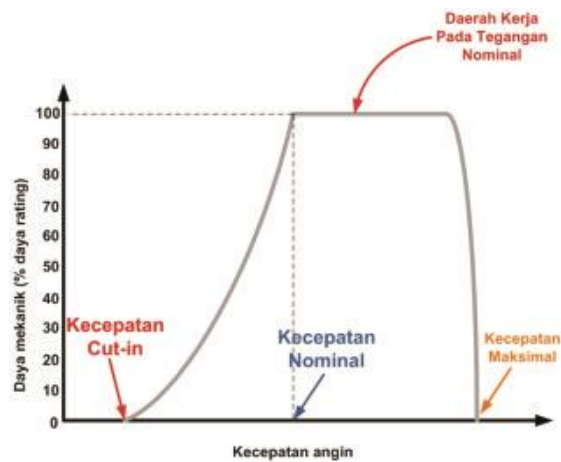
1. Tidak diperlukan mekanisme YAW
2. Sebuah turbin angin bisa terletak dekat tanah, sehingga lebih mudah untuk menjaga bagian yang bergerak.
3. turbin vertikal memiliki kecepatan startup angin rendah dibandingkan turbin horizontal
4. turbin vertikal dapat dibangun di lokasi di mana struktur yang tinggi

2.1.3.6. Kekurangan Turbin Angin Vertikal

1. Kebanyakan turbin vertikal memiliki penurunan efisiensi dibanding turbin horisontal, terutama karena hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau mereka memutar ke angin. Versi yang mengurangi drag menghasilkan lebih banyak energi, terutama yang menyalurkan angin ke daerah kolektor.
2. Memiliki rotor terletak dekat dengan tanah di mana kecepatan angin lebih rendah dan tidak mengambil keuntungan dari kecepatan angin tinggi di atas.
3. Karena tidak umum digunakan terutama karena kerugian serius yang disebutkan di atas, mereka muncul baru untuk mereka yang tidak akrab dengan industri angin. Hal ini sering membuat mereka subjek klaim liar dan penipuan investasi selama 50 tahun terakhir

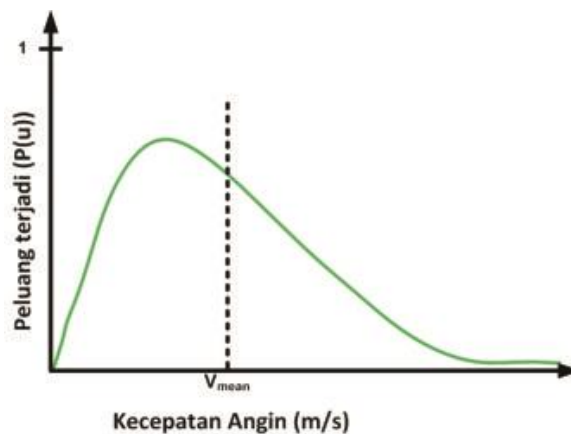
2.2. Karakteristik Kerja Turbin Angin

Secara ideal, turbin angin dirancang dengan kecepatan cut-in yang seminimal mungkin, kecepatan nominal yang sesuai dengan potensi angin lokal, dan kecepatan cut-out yang semaksimal mungkin. Namun secara mekanik kondisi ini sulit diwujudkan karena kompensasi dari perancangan turbin angin dengan nilai kecepatan maksimal (V_{cutoff}) yang besar adalah V_{cut} dan V_{rated} yang relatif akan besar pula seperti gambar 2.4.



Gambar 2.4 Karakteristik kerja turbin angin

Selain dari data yang ditunjukkan gambar 2.4, penentuan kecepatan angin suatu daerah dapat juga dilakukan dengan menggunakan metode probalistik distribusi Weibull dalam mengolah kumpulan data hasil survey seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.5.

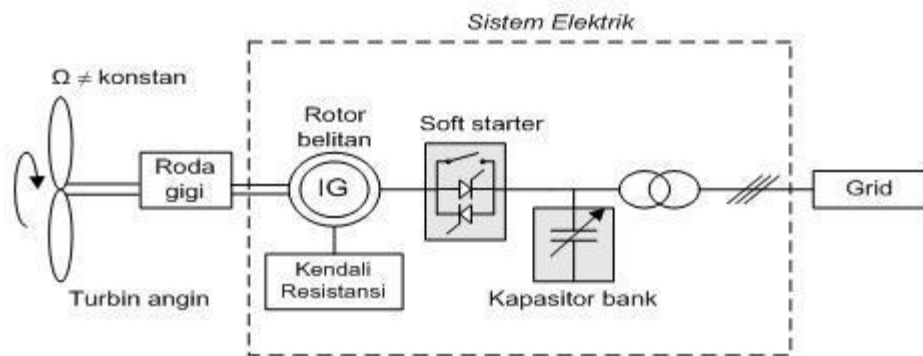


Gambar 2.5 Penentuan kecepatan angin rata-rata suatu daerah

2.2.1. Sistem Elektrik PLTB

Secara umum sistem kelistrikan dari PLTB dapat dibagi menjadi 2 yaitu (i) kecepatan konstan (ii) kecepatan berubah. Keuntungan dari sistem kecepatan

konstan (*fixed-speed*) adalah murah, sistemnya sederhana dan kokoh (*robust*). Sistem ini beroperasi pada kecepatan putar turbin yang konstan dan menghasilkan daya maksimum pada satu nilai kecepatan angin. Sistem ini biasanya menggunakan generator tak-serempak (*unsynchronous generator*), dan cocok diterapkan pada daerah yang memiliki potensi kecepatan angin yang besar. Kelemahan dari sistem ini adalah generator memerlukan daya reaktif untuk bisa menghasilkan listrik sehingga harus dipasang kapasitor bank atau dihubungkan dengan *grid*. Sistem ini rentan terhadap pulsating power menuju grid dan rentan terhadap perubahan mekanis secara tiba-tiba. Seperti gambar 2.6 menunjukkan diagram skematik dari sistem ini.



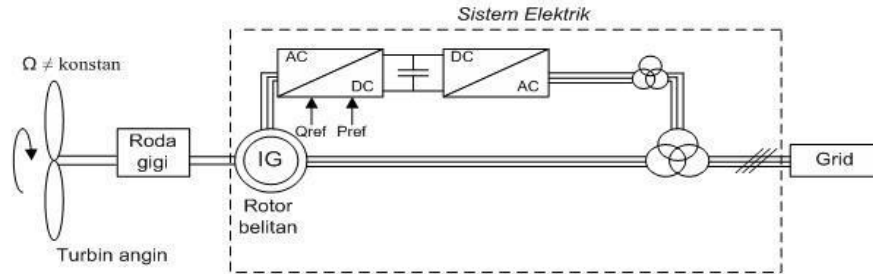
Gambar 2.6 Sistem PLTB kecepatan konstan (*fixed-speed*)

Selain kecepatan konstan, ada juga sistem turbin angin yang menggunakan sistem kecepatan berubah (*variable speed*), artinya sistem didesain agar dapat mengekstrak daya maksimum pada berbagai macam kecepatan. Sistem *variable speed* dapat menghilangkan *pulsating torque* yang umumnya timbul pada sistem *fixed speed*.

Secara umum sistem *variable speed* mengaplikasikan elektronika daya untuk mengkondisikan daya, seperti penyearah (*rectifier*), Konverter DC-DC, ataupun *Inverter*. Gambar 2.7 sampai dengan 2.10 adalah jenis-jenis sistem PLTB kecepatan berubah.

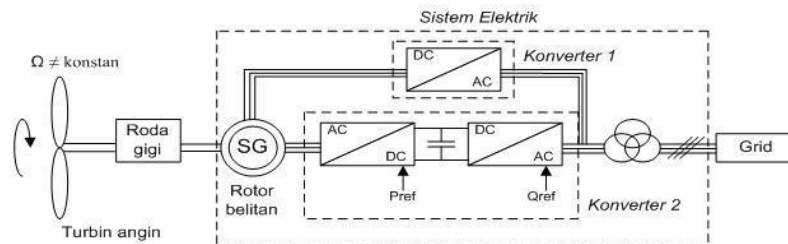
Pada sistem *variable speed* (2.7) menggunakan generator induksi rotor belitan. Karakteristik kerja generator induksi diatur dengan mengubah-ubah nilai resistansi rotor, sehingga torsi maksimum selalu didapatkan pada kecepatan putar turbin berapa pun. Sistem ini lebih aman terhadap perubahan beban mekanis secara tiba-tiba, terjadi reduksi pulsating power menuju grid dan memungkinkan

memperoleh daya maksimum pada beberapa kecepatan angin yang berbeda. Sayangnya jangkauan kecepatan yang bisa dikendalikan masih terbatas, seperti gambar 2.7.



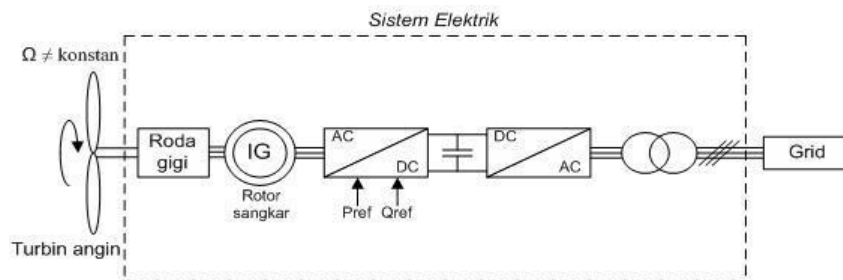
Gambar (2.7) Sistem PLTB kecepatan berubah (*variable-speed*) (rotor belitan)

Pada sistem *variable speed* (2.8) menggunakan rangkaian elektronika daya untuk mengatur nilai resistansi rotor. Sistem ini memungkinkan memperbaiki jangkauan kecepatan yang bisa dikendalikan sistem pertama, seperti gambar 2.8.

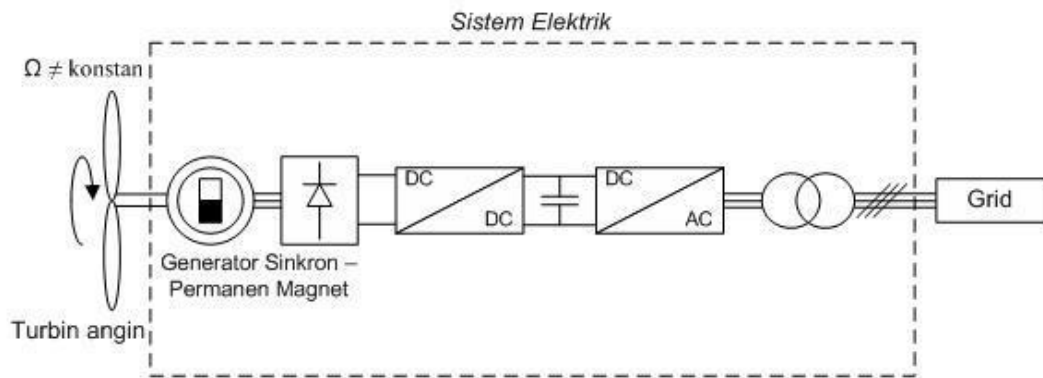


Gambar (2.8) Sistem PLTB kecepatan berubah (*variable-speed back to back converter*)

Sistem *variable speed* (2.9) dan (2.10) adalah sistem PLTB yang dibedakan berdasarkan jenis generator yang digunakan.



Gambar (2.9) Sistem PLTB kecepatan berubah (*variable-speed*) (rotor sangkar)



Gambar (2.10) Sistem PLTB kecepatan berubah (*variable-speed*)
(rotor permanen magnet)

2.3. Komponen Utama Turbin Angin Horizontal

Komponen komponen utama dari turbin angin type horizontal ini terdiri dari

2.3.1. Baling-baling

Berfungsi mengubah hembusan angin menjadi energi kinetik untuk memutar generator listrik. Semakin panjang baling-baling akan semakin luas area yang di sapu, akan semakin banyak menerima terpaan angin sehingga akan semakin besar energi putaran (mekanik) yang dihasilkan untuk memutar generator. Adakalanya sebelum poros baling-baling disambung ke generator listrik, ditambahkan gear-box, untuk menambah / mengurangi kecepatan putar generator listrik sesuai kebutuhan.

2.3.2 Generator listrik

Sebuah Generator AC 3 fasa disebut juga "Alternator". Seperti generator DC, generator AC juga terdiri dari dua gulungan yaitu, Field Winding dan Armature Winding. Namun, tidak seperti di DC Generator, kutubnya berada pada rotor dan armature windingnya berada di stator. Field Winding pada kutub membutuhkan arus DC yang disuplai dengan menggunakan sepasang cincin slip pada poros dan sepasang sikat karbon stasioner. Semua kutub yang identik dan simetris dipasang pada rotor dengan polaritas alternatif yaitu, Kutub "Utara" diikuti oleh Kutub "Selatan" yang pada gilirannya diikuti oleh kutub "Utara" lainnya dan demikian seterusnya. Generator digerakkan oleh mesin dalam arah yang

benar dengan kecepatan ratenya (*rated speed*) (RPM). Arus DC kemudian diumpankan ke field winding melalui pengaturan brush dan slipring. Kutub menghasilkan fluks magnetik yang cukup kuat. Karena kutub berputar, medan magnet juga berputar. Gulungan angker di gulungan stator memotong fluks dari kutub yang berputar.

Oleh karena itu tenaga listrik diproduksi di stator. Perhatikan bahwa frekuensi listrik dijaga konstan pada 50 Hz (atau 60 Hz) dengan menjaga kecepatan generator yang konstan

Untuk skala kecil umumnya menggunakan generator listrik DC. Jika menggunakan aki 12V sebagai penyimpan arusnya, maka generatornya harus mampu mengeluarkan tegangan minimal 12 V agar dapat mengisi aki.

2.3.3 Ekor Turbin Angin

Berfungsi mengarahkan unit turbin angin agar selalu berhadapan dengan arah angin

2.3.4 Controller

Pengontrol mesin mulai dengan kecepatan angin sekitar 8-16 mil per jam (mph) dan menutup mesin turbin sekitar 55 mph. tidak beroperasi pada kecepatan angin sekitar 55 mph di atas, karena dapat rusak karena angin yang kencang

2.3.5 Rotor

Rotor biasanya berfungsi sebagai penghubung antara blade dengan turbin angin

2.3.6. Tower

Menara yang terbuat dari baja, beton atau kisi baja. Karena kecepatan angin meningkat dengan tinggi, menara tinggi memungkinkan turbin untuk menangkap lebih banyak energi dan menghasilkan listrik lebih banyak.

2.4. Sudu Turbin Angin Horizontal

Sudu adalah bagian dari turbin angin yang bertugas menerima energi kinetik angin dan merubahnya menjadi energi gerak putar (mekanik) pada poros

penggerak. Pada sebuah turbin angin jumlah sudu dapat berjumlah 1, 2, 3 atau lebih.

Kelebihan dan kekurangan dari jumlah masing-masing sudu adalah sebagai berikut:

1. Jumlah sudu 1

- Mengurangi ratio gearbox
- Speed lebih tinggi yang berarti lebih berisik dan lebih beresiko mengenai hewan khususnya burung
- Sudu lebih mudah dipasang
- Menangkap 10% energi lebih sedikit ketimbang desain dengan 2 sudu, seperti gambar 2.11.



Gambar 2.11 Turbin Angin Single Blade

2. Jumlah Sudu 2

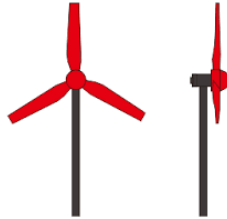
- Membutuhkan peredam beban karena ketidakseimbangan giroskopis
- Menangkap 5% energi lebih sedikit ketimbang desain dengan 3 sudu
- Kekurangan dan kelebihan lainnya kurang lebih hampir mirip dengan desain 1, seperti gambar 2.12.



Gambar 2.12 Turbin angin double blade

3. Jumlah sudu 3

- Lebih seimbang
- Speed yang lebih rendah
- Meningkatkan rasio gearbox
- Bentuk lebih umum dan lebih aman untuk hewan khususnya burung, seperti gambar 2.13.



Gambar 2.13 turbin angin triple blade

2.4.1. Perhitungan Daya Kincir

Pada penelitian ini penulis menggunakan generator sebagai alat untuk mengetahui prestasi dari kincir angin yang dibuat. Dengan menggunakan generator dapat ditentukan daya output kincir secara mekanis dan secara elektrik.

Perhitungan daya kekuatan angin dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.2)$$

dengan keterangan P_{in} sebagai daya yang tersedia dari energi angin per satuan waktu, ρ sebagai massa jenis udara, A sebagai luas sapuan kincir angin dan v sebagai kecepatan angin.

Perhitungan daya kincir umumnya perhitungan daya mekanis dapat dituliskan dengan persamaan:

$$T = F \times r \quad (2.3)$$

$$T = m \cdot g \times r$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \text{ rad/s} \quad (2.4)$$

$$P_{out} = T \times \omega \quad (2.5)$$

Dengan demikian P_{out} sebagai daya yang dihasilkan kincir angin (watt), n sebagai putaran poros (rpm).

Untuk menentukan daya output mekanis digunakan persamaan:

$$C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\% \text{ (MEKANIS)} \quad (2.6)$$

Sedangkan untuk menentukan daya output listrik digunakan persamaan:

$$P_0 = V \cdot I \quad (2.7)$$

$$C_p = \frac{P_0}{P_{in}} 100\% \text{ (ELEKTRIS)} \quad (2.8)$$

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe lift akan memiliki tip speed ratio yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe drag. Tipe speed ratio dihitung dengan persamaan:

$$TSR = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30v} \quad (2.9)$$

2.5 Konstruksi Menara Turbin Angin

Konstruksi pada menara turbin angin harus terbuat dari bahan yang kokoh. Dalam hal ini pembuatan menara ini menggunakan besi baja ST 60 agar menara lebih kuat. Dan proses pengerjaannya menggunakan pengelasan profil menara sendiri berbentuk persegi yang disusun oleh baja silinder pejal dengan diameter 200 mm dan panjang sisi tiap profil yaitu 500 mm.

Dalam hal ini tower atau menara yang digunakan adalah tower jenis pole. Tower berupa tiang pancang dengan satu kaki. Tower ini dibagi menjadi 2 macam, Pertama tower yang terbuat dari pipa atau plat baja tanpa spanner, diameter antara 40 cm s/d 50 cm, tinggi mencapai 42 meter, yang dikenal dengan nama monopole. Tower Kedua lebih cenderung untuk dipakai secara personal. Tinggi tower pipa ini sangat disarankan tidak melebihi 20 meter (lebih dari itu akan melengkung). Teknis penguatannya dengan menggunakan seling baja sebagai penahan untuk tiang pada tower seperti gambar 2.3



Gambar 2.13 Menara Pole

2.6. Pondasi Turbin Angin

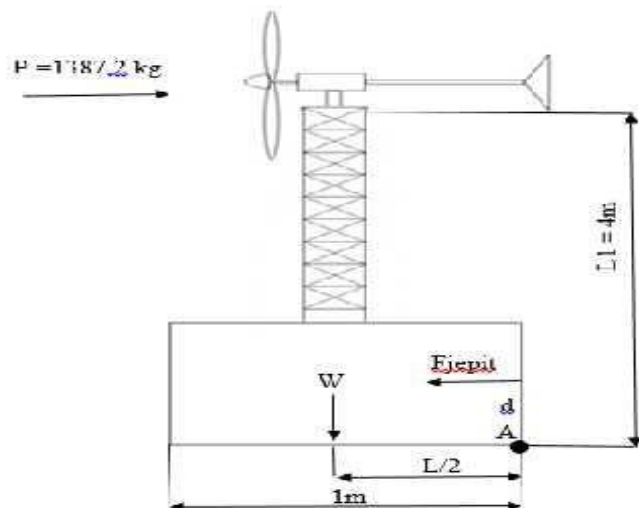
Dalam pondasi turbin angin ada beberapa hal yang perlu diperhitungkan di antaranya yaitu:

2.6.1. Perhitungan Gaya Horizontal

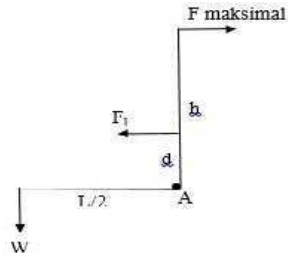
Akibat kecepatan yang ditimbulkan angin Menurut Skala Beaufort, dimana dengan kecepatan 18 m/s dapat merobohkan pohon-pohon atau rumah rumah pinggir pantai, maka dari itu kita ambil angka aman untuk kecepatan angin yaitu 18 m/s agar turbin angin tetap berdiri.

2.6.2. Pemeriksaan Gaya Guling

Pemeriksaan gaya guling ini bertujuan untuk mengetahui apakah turbin angin akan roboh atau tidak. Untuk menghitung pemeriksaan gaya guling yaitu seperti gambar 2.14 dan 2.15.



Gambar 2.14. Skema Momen Turbin Angin



Gambar 2.15. Moment Titik A

a. Mencari Daya Jepit Total

$$\text{Daya jepit total} = \text{Daya jepit} \times \text{daya dukung} \times \text{Luas pondasi} \times 4 \quad (2.10)$$

b. Mencari $\sum MA = 0$

$$\sum MA = 0$$

$$F_{maks} \times h - F_{jepit} \times d - W_{tot} \times \frac{L}{2} = 0 \quad (2.11)$$

$$W_{tot} = 2(F_{maks} \times h - F_{jepit} \times d) \quad (2.12)$$

c. Mencari $W_{pondasi}$

$$W_{pondasi} = W_{total} - W_{peralatan}$$

d. Mencari Volume Pondasi

$$V = \frac{W_{pondasi}}{B_{jenis}} \quad (2.13)$$

2.6.3. Pemeriksaan Daya Dukung Tanah

Pemeriksaan daya dukung tanah ini bertujuan supaya pondasi tidak tenggelam, pemeriksaan daya dukung tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya dukung tanah total} = \text{Luas pondasi penampang bawah} \times \text{daya dukung tanah} \quad (2.14)$$

Syarat agar pondasi tidak tenggelam adalah daya dukung tanah lebih besar dari W_{total} .

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat

Proses Pembuatan Turbin Angin Horizontal Axis Lima Blade Sebagai Pembangkit Listrik Kapasitas Rendah dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhamaddiyah Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Adapun waktu pelaksanaan penelitian pengujian data daya yang dilakukan dari pembuatan Turbin Angin Horizontal Axis Lima Blade Sebagai Pembangkit Listrik Kapasitas Rendah di ambil pada waktu

Tabel 3.1 Timeline Kegiatan

No	Kegiatan	Feb	Mar	April	Mei	Juni	Agustus
1	Studi Literatur	■					
2	Studi Lapangan		■				
3	Perancangan dan Pembuatan Spesimen			■			
4	Perakitan dan pemasangan turbin				■		
5	Pelaksanaan pengujian					■	■
6	Penyimpulan hasil pengujian						■

3.2. Bahan Dan Alat

3.2.1 bahan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tepung Adeka

Tepung ini berfungsi untuk melapisi permukaan benda kerja agar tidak menempel pada serat resin



Gambar 3.1. Tepung Adeka

2. Resin

Resin adalah zat kimiawi yang bersifat agak kental, cenderung transparan, tidak larut dalam air, mudah terbakar dan akan mengeras dengan cepat



Gambar 3.2 Resin

3. Katalis

Katalis adalah cairan yang membantu proses pengerasan pada



Gambar 3.3 Cairan Katalis

4. Lem Perekat

Lem perekat yang berfungsi sebagai zat perekat dalam pembuatan mall sudu



Gambar 3.4. lem perekat

5. Kertas karton

Kertas karton yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan mal sudu



Gambar 3.5. kertas karton

6. Mall

Mall adalah tempat cetakan yg dibuat untuk membuat sudu dengan menggunakan material komposit



Gambar 3.6. Mall Sudu

7. Tepung talco

Tepung talco adalah tepung yang digunakan sebagai campuran untuk bahan resin dan katalis



Gambar 3.7. tepung talco

8. Serat kaca

Serat kaca adalah bahan yang digunakan untuk pelapis material komposit



Gambar 3.8 Serat kaca

9. Pipa besi

Besi pipa digunakan untuk membuat tiang pada turbin angin



Gambar 3.9. pipa besi

10. Seling baja

Seling baja ini berfungsi sebagai penahan tiang turbin



Gambar 3.10 seling baja

11. Besi siku

Besi siku yang di gunakan sebagai penyanggah pada tiang turbin



Gambar 3.11. besi siku

12. Baut dan Mur

Baut dan mur berfungsi untuk menggabungkan beberapa komponen sehingga tergabung menjadi satu bagian



Gambar 3.12 baut dan mur

3.2.2. Alat Alat yang digunakan dalam pembuatan ini adalah

1. Generator

Generator yang berfungsi sebagai penghasil listrik



Gambar 3.13. generator

2. Baterai DC

Baterai DC yang berfungsi sebagai penyimpan arus dari generator



Gambar 3.14. Baterai DC

3. Inverter

Alat ini berfungsi sebagai pengganti dari arus dc ke arus ac



Gambar 3.15. Inverter

4. Lampu LED

Lampu yang berfungsi sebagai hasil arus listrik yg dihasilkan dari turbin angin



Gambar 3.16 Lampu LED

5. Mesin gerinda potong

Mesin gerinda potong ini berfungsi untuk memotong pipa dan besi untuk membuat tiang turbin



Gambar 3.17 Mesin gerinda potong

6. Mesin gerinda tangan

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain.



Gambar 3.18 Mesin gerinda tangan

7. Mesin las

Mesin las digunakan sebagai penyambung logam paduan dengan cara mencairkan atau melumerkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tenaga panas sehingga dapat menghasilkan sambungan yang permanen



Gambar 3.19. Mesin Las

8. Mesin bor

Mesin bor digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja dengan ukuran yang telah disesuaikan



Gambar 3.20 mesin bor

9. Sigmat

Sigmat digunakan untuk mengukur specimen benda kerja



Gambar 3.21 sigmat

10. Kunci Pas

Kunci pas disini berfungsi untuk mengetatkan baut dan mur



Gambar 3.22 kunci pas

11. Solder listrik

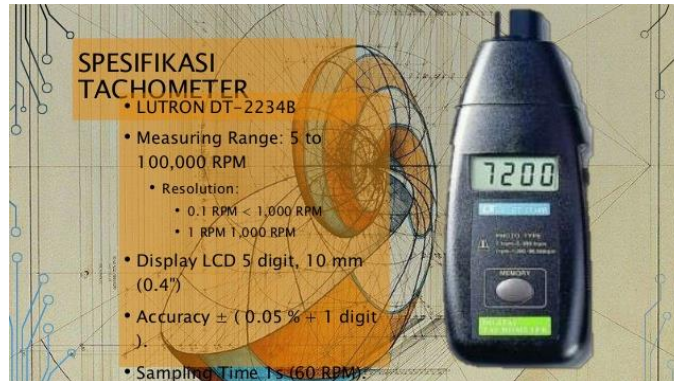
Solder listrik yang digunakan untuk merekatkan specimen yang berbahan plastik .



Gambar 3.23 Solder listrik

12. Tacho Meter

Tacho meter adalah alat yang berfungsi untuk menghitung rpm dari putaran blade seperti gambar 3.24



Gambar 3.24 tacho meter

13. Anemometer

Anemometer digunakan pada pengujian ini berfungsi untuk menghitung kecepatan angin seperti gambar 3.25



Spesifikasi Produk Cem Dt-8894 Thermo Anemometer With Built

CEM DT-8894 Thermo Anemometer
The CEM DT-8894 Thermo Anemometer dengan built in IR Thermometer mengukur suhu permukaan remote untuk 932° F (500° C)

30: 1 Jarak rasio tempat

Laser Pointer

Tampilan simultan Air Flow, Air Velocity ditambah Ambient Temperature

Mudah untuk mengatur dimensi Lokasi (cm3) disimpan dalam memori internal meter

Resolusi 0,01m / sec

20 Tempat-rata Air Flow

Min / Max Hold Fungsi

spesifikasi

Air Velocity Rentang Akurasi

m / s 0,40-30,00 + / - 3% + / - 0,20m / s

ft / min 80-5900 + / - 3% + / - 40ft / menit

km / jam 1,4-108,0 + / - 3% + / - 0,8km / h

MPH 0,9-67,0 + / - 3% + / - 0,4mph

Knots 0,8-58,0 + / - 3% + / - 0,4 knot

Suhu udara 14-140° F (-50 sampai 60° C) + / - 4° F (+ / -2° C)

Suhu Infrared -58 untuk 4° F (-50 -20° C)

-4 Untuk 932° F (-20 sampai 500° C)

+ / - 9F (5,0° C)

+ / -2% Membaca

Airflow Rentang Lokasi

CFM 0,999900 0,999,9 ft2

Gambar 3.25 Anemometer

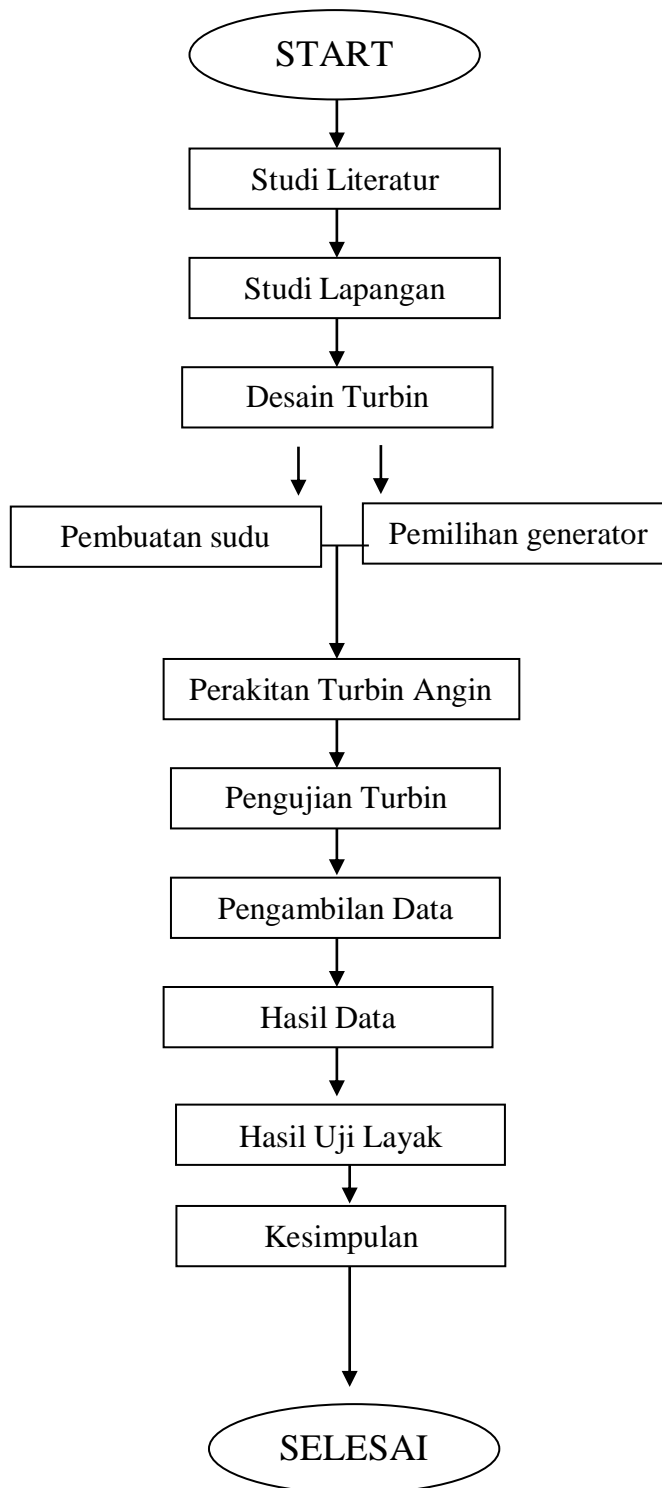
14. Multi tester

Multi tester digunakan pada pengujian ini berfungsi untuk menghitung besar daya watt yang dikeluarkan dari turbin seperti gambar 3.26.



Gambar 3.26 Multi tester

3.3. Diagram Alir Penelitian



3.4. Prosedur Pembuatan

Dalam pembuatan turbin angin ini peneliti hanya membuat alat sebagai media membangun data, oleh sebab itu alat yang dibuat berupa turbin angin saja (meliputi sudu turbin dan tower).

3.4.1. Sudu

1. Tinjauan pustaka
2. Mendesain sudu
3. Melihat gambar rancangan yang di buat dengan menggunakan software AutoCAD
4. Pembuatan cetakan
5. Mempersiapkan material
6. Membuat adonan fiberglass
7. Penuangan adonan dalam cetakan
8. Proses pengeringan
9. Pembukaan cetakan
10. Finishing
11. Pembuatan lubang baut pada dudukan sudu
12. Uji coba di lapangan

3.4.2. Tower

1. Tinjauan pustaka
2. Pemilihan jenis tower
3. Pemilihan material tower
4. Perhitungan statika struktur
5. Pengelasan
6. Uji coba di lapangan

3.4.3. Perakitan dan pemasangan

1. Pemasangan sudu
2. Pemasangan generator
3. Pemasangan tiang tower

4. Pemasangan baterai
5. Pemasangan inverter
6. Pemasangan lampu LED

3.4.4. Pengambilan Data

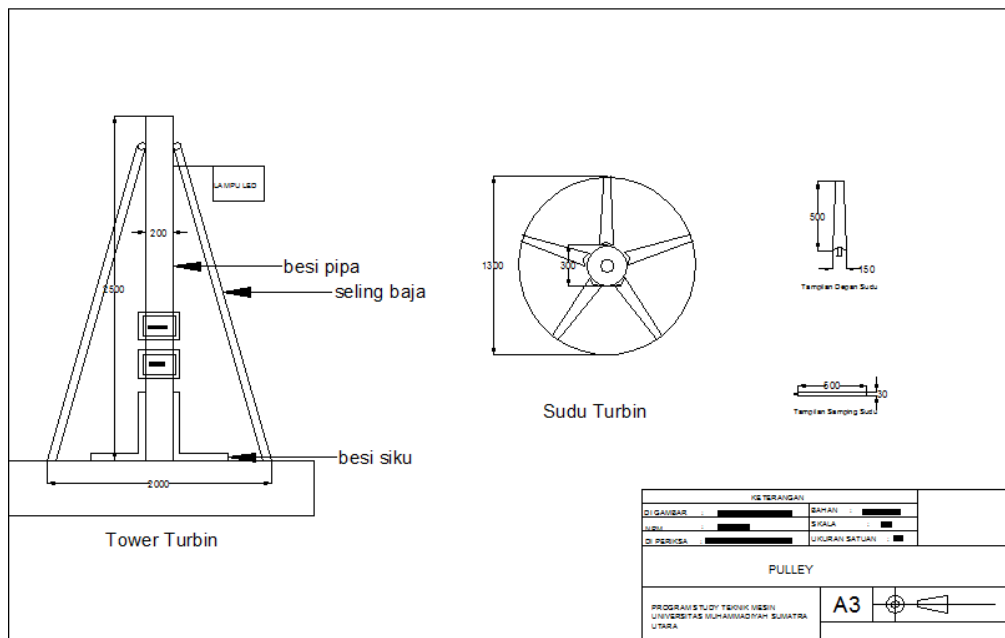
1. Pengambilan data kekuatan angin
2. Pengambilan data putaran sudu
3. Pengambilan data arus yang dihasilkan oleh generator

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Sudu Turbin Angin

Pada pembuatan sudu turbin angin hal pertama yang harus dilakukan adalah melihat gambar rancangan yang sudah dibuat. Dimana dapat dilihat tahap pertama yang harus dilakukan pada pembuatan sudu turbin angin adalah membuat cetakan yang sesuai dengan gambar rancangan atau gambar teknik tersebut yang didesain dengan menggunakan software AutoCAD, ukuran cetakan pada sudu turbin angin dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Gambar teknik pembuatan sudu turbin angin

4.1.1 Perencanaan Bahan Yang Akan Dibuat

Pada gambar 4.1 dapat kita lihat bahwa sudu turbin angin memiliki panjang 500 mm dan lebar 3mm. dari gambar tersebut peneliti akan membuat cetakan dan sudu blade turbin dengan menggunakan bahan fibreglass untuk langkah pertama dari pembuatan sudu turbin angin sesuai ukuran pada gambar 4.1

4.1.2 Pembuatan cetakan sudu turbin angin

Cetakan pada sudu turbin angin terbuat dari bahan fiber glass yang isi dari

bahan tersebut meliputi serat resin dan katalis. Langkah langkah dalam pembuatan cetakan untuk sudu turbin angin ini yaitu

1. Proses pengukuran awal untuk tempat cetakan yaitu 500x3 mm
2. Mempersiapkan alat bantu dan material yang akan di gunakan seperti kertas karton, gunting lem perekat, serat resin dan katalis pensil dan penggaris
3. Membuat gambar contoh blade dari ukuran pada gambar 4.1 dengan pensil dan penggaris pada lapisan kertas karton yang sudah disediakan
4. Potong kertas karton yang sudah digambar dengan menggunakan gunting
5. Lapsi pinggiran kertas karton yang sudah digunting dengan selotip dan oleskan tepung adeka pada bagian tengah kertas karton agar tidak lengket pada saat mengoleskan cairan fibreglass seperti gambar 4.2



Gambar 4.2 proses awal pembuatan cetakan

6. Pembuatan cairan fiber glass dari serat resin dan katalis dengan rasio perbandingan 100 ml resin : 10 cc (0,01 L) katalis untuk cairan pembuatan cetakan
7. Oleskan cairan fiberglas ke karton yg sudah dibentuk dengan rata dan jangan terlalu tebal
8. Jemur dan tunggu selama 2 jam agar cairan mengeras dengan rata, seperti gambar 4.3



Gambar 4.3 Proses Penjemuran Cetakan

9. Buka lapisan kertas karton setelah kering dan benar benar keras, seperti gambar 4.4



Gambar 4.4 Cetakan Yang Akan Digunakan Untuk Pembuatan Sudu

4.1.3. Pembuatan Sudu Turbin Angin

Dalam pembuatan sudu turbin angin setelah peneliti selesai membuat cetakan hal lain yang harus dilakukan peneliti yaitu

1. Membuat adonan fibreglass yaitu dengan mencampur cairan resin dan katalis dengan rasio 100 ml resin : 10 cc (0,01 L) katalis dan tambahkan tepung talco untuk membuat cairan lebih cepat mengeras, seperti gambar 4.4



Gambar 4.4 proses pembuatan cairan fibreglass

2. Tuangkan cairan fibreglass ke dalam cetakan dan olesin hingga merata di permukaan cetakan seperti gambar 4.5



Gambar 4.5 pemasukan dan pengolesan cairan fibreglass ke dalam cetakan

3. Keringkan cairan fibreglass di bawah sinar matahari agar cepat mengering dan merata
4. Buka cairan fibreglass yang sudah dikeringkan dari cetakan seperti gambar 4.6



Gambar 4.6 pembukaan cairan fibreglass dari cetakan

5. Setelah bahan dikeluarkan ratakan bahan dengan menggunakan mesin gerinda tangan hingga permukaan rata dan halus
6. Bor benda kerja dengan menggunakan mesin bor tangan dengan mata bor 12 mm untuk membuat dudukan bautnya
7. dempul benda kerja dan cat benda kerja yang telah di-*finishing* seperti gambar 4.7



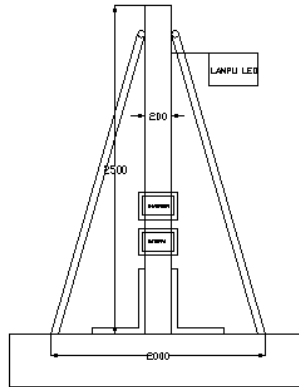
Gambar 4.7 sudu turbin angin yang sudah di finishing

4.2. Pembuatan Tower Turbin Angin

Konstruksi pada menara turbin angin terbuat dari bahan yang kokoh. Dalam hal ini pembuatan menara ini menggunakan besi pipa besi agar menara lebih kuat. Dan proses pengerjaannya menggunakan pengelasan. Profil menara sendiri berbentuk persegi yang dimana pipa besi berdiameter 25 mm dan tinggi profil yaitu 2500 mm dengan ditopang oleh seling baja yang berjarak 1000 mm pada sisi menara.

4.2.1. Desain Tower Turbin Angin

Pada tahap ini peneliti melakukan pemodelan struktur menara terlebih dahulu dibantu dengan program komputer autocad untuk membuat desain perancangan dan pembuatan pada menara turbin angin



Gambar 4.9 desain tower turbin angin

4.2.2 Tahapan Pembuatan Tower

Pada tahap pembuatan tower turbin angin hal hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut

1. Proses pengukuran pada profil pipa besi

Proses pengukuran pada profil pipa besi harus sesuai dengan ukuran gambar yang sudah direncanakan yang dapat kita lihat pada gambar 4.9 dimana pada gambar tersebut ukuran pipa memiliki panjang 2500 mm dan lebar 25 m

2. Proses pemotongan pipa tower

Proses pemotongan yaitu proses pemotongan pipa besi dengan menggunakan mesin gerinda potong dimana pipa besi yang sudah diukur dan ditandai di bagian tertentu akan dipotong dengan mesin gerinda potong seperti gambar 4.10



Gambar 4.10 proses pemotongan pipa besi

3. Proses pengeboran pipa tower

Proses pengeboran ini dilakukan untuk melubangi bagian pipa yang akan dimasukan kabel dari generator turbin angin dan untuk membuat lubang pada bagian kaki tower yang akan dibuat sebagai pondasi tower

4. Pembuatan kaki tower

Pembuatan kaki tower turbin dibuat dari besi siku sama kaki dengan ukuran 400x400 mm di tiap sisinya. Dan akan digunakan sebagai pondasi tower

5. Proses pengelasan

Pada tahap ini bagian tower turbin di pasangkan cincin yang dilas pada bagian atas pipa sebagai tahanan untuk seling penyangga. Dan plat besi yang akan dilas di samping pipa besi sebagai tempat untuk pemasangan lampu LED, seperti gambar 4.11.



Gambar 4.11 Proses Pengelasan Tower

6. Proses finishing

Proses finishing adalah tahap akhir dari pembuatan tower turbin angin dimana dalam proses ini peneliti akan membersihkan dan merapikan sisa sisa dari bagian pemotongan, pengeboran dan pengelasan.

Pada tower turbin dengan cara menggrindanya dengan gerinda tangan dan mengecat permukaan tower turbin, seperti gambar 4.12.



Gambar 4.12 tower turbin yang sudah difinishing

4.3 Pengujian Benda Kerja

Pengujian turbin angin horizontal ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dengan menggunakan kecepatan angin sekitar 4 m/s dan 7 m/s di atas gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, seperti gambar 4.13



Gambar 4.13 lokasi pengujian turbin angin

Adapun tahapan pengujian ini adalah:

1. Mempersiapkan benda kerja yang akan diuji
2. Memakai peralatan pakaian sesuai prosedur yang berlaku.
3. Memulai perakitan benda kerja
4. Memulai percobaan pertama dengan mengukur kecepatan angin pada lokasi pengujian dengan menggunakan anemometer, seperti gambar 4.14.



Gambar 4.14 mengukur kecepatan angin

5. Mengukur jumlah putaran sudu turbin angin dengan menggunakan alat tachometer, seperti gambar 4.15.



Gambar 4.15 kecepatan putaran sudu

6. Mengukur jumlah arus yang dihasilkan dari generator turbin angin dengan menggunakan multi tester, seperti gambar 4.16.



Gambar 4.16 arus yang dihasilkan dari generator

7. Lakukan langkah kerja 4.5.6 dengan kecepatan angin yang berbeda sesuai dengan perencanaan
8. Setelah semuanya selesai dikerjakan. Lakukan pengambilan data sesuai dengan perbandingan pengujian alat yang sudah dikerjakan
9. Setelah selesai rapikan kembali alat dan bahan yang dipakai untuk melakukan pengujian yang sedang berlangsung.

4.4. Data Hasil Penelitian

Data penelitian diambil dalam 2 variasi kecepatan angin. Data yang diperoleh meliputi: kecepatan angin (m/s), gaya pengimbang (N), kecepatan putar rotor (rpm), Tegangan output generator (Volt), Arus output generator (Ampere).

Tabel 4.1 Data percobaan kincir dengan kecepatan angin 7 m/s

No	Putaran rotor (rpm)	Volt (v)	Ampere (I)	Kecepatan Angin (m/s)
1	686	44,7	0,04	7
2	633	41,3	0,07	7
3	617	40,4	0,14	7
4	607	38,2	0,25	7
5	569	32,2	0,33	7
6	551	34,8	0,46	7
7	546	32,9	0,54	7
8	508	33,2	0,55	7
9	505	30,1	0,57	7
10	489	27,1	0,62	7
11	478	29,5	0,68	7
12	402	26,5	0,72	7
13	365	20,9	0,76	7

4.5 Pengolahan Data dan Perhitungan

Langkah-langkah perhitungan dapat dilihat pada sampel data yang diambil dari tabel dan akan dirinci sebagai berikut:

4.5.1. Perhitungan Daya Angin

Sampel data untuk contoh perhitungan diambil dari tabel 4.1 pada baris nomor 9. Dengan menggunakan persamaan $P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3$, maka daya angin yang diperoleh adalah:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 1,2 \times \pi \times 0,5^2 \times 7^3$$

$$P_{in} = 161,7 \text{ watt}$$

4.5.2. Perhitungan Daya Kincir

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \text{ rad/s}$$

$$\omega = \frac{\pi 505}{30} \text{ rad/s}$$

$$\omega = 52,90 \text{ rad/s}$$

$$T = F \times r$$

$$T = m \cdot g \times r$$

$$T = \frac{220}{1000} 9,81 \times 0,27 \text{ Nm}$$

$$T = 0,58 \text{ Nm}$$

$$P_{out} = T \times \omega$$

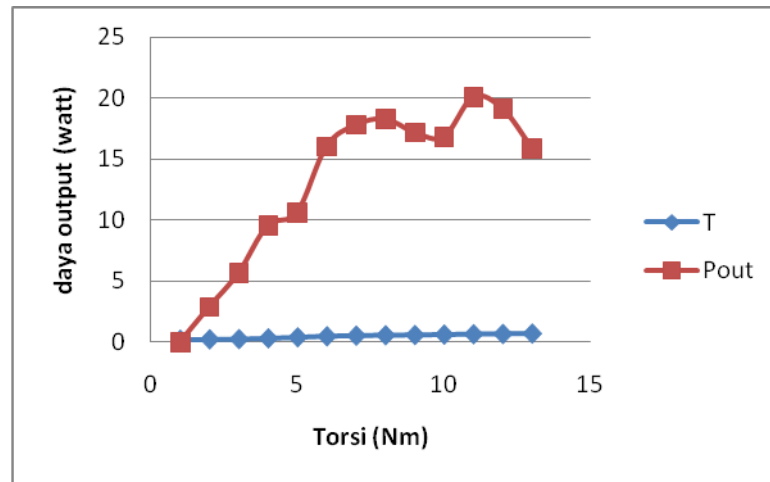
$$P_{out} = 0,58 \times 52,88$$

$$P_{out} = 30,82 \text{ watt}$$

Tabel 4.2. Tabel Perhitungan Daya Kincir

No.	Putaran Rotor (RPM)	V (Volt)	I (Ampere)	V (m/s)	Ω (rad/s)	T (Nm)	P _{in} (Watt)	P _{out} (Watt)
1	686	44.7	0.04	7	71.838	0.21	162.33	1.75
2	633	41.3	0.07	7	66.288	0.24	162.33	2.89
3	614	40.4	0.14	7	64.612	0.26	162.33	5.66
4	607	38.2	0.25	7	63.565	0.32	162.33	9.55
5	569	32.2	0.33	7	59.586	0.40	162.33	10.63
6	551	34.8	0.46	7	57.701	0.48	162.33	16.01
7	546	32.9	0.54	7	57.177	0.53	162.33	17.77
8	508	33.2	0.55	7	53.198	0.56	162.33	18.26
9	505	30.1	0.57	7	52.883	0.58	162.33	17.16
10	489	27.1	0.62	7	51.208	0.61	162.33	16.80
11	478	29.5	0,68	7	50.056	0.64	162.33	20.06
12	402	26.5	0.72	7	42.097	0.66	162.33	19.08
13	365	20.9	0.76	7	38.223	0.69	162.33	15.88

Dari pengujian Tabel 4.2 maka didapat hasil grafik seperti gambar 4.17



Gambar 4.17 grafik daya kincir angin dengan kecepatan 7 m/s

Gambar 4.17 memperlihatkan bahwa semakin besar torsi yang dihasilkan maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh kincir.

4.5.3. Perhitungan Gaya Guling Tower

Pemeriksaan gaya guling ini bertujuan untuk mengetahui apakah turbin angin akan roboh atau tidak. Untuk menghitung pemeriksaan gaya guling yaitu:

Diketahui:

$$P(F_{maks}) = 1387,2 \text{ kg}$$

$$H \text{ (tinggi)} = 4 \text{ m}$$

$$d = 1 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Daya dukung tanah} = 3 \text{ kg/cm}^2 \text{ (untuk pasir 2 - 4)}$$

$$\text{Daya jepit tanah} = 0,105 \text{ (0,1 - 0,11) daya dukung tanah}$$

$$W \text{ peralatan} = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Berat jenis beton} = 2200 \text{ kg/m}^3$$

Jawab:

a. Mencari Daya Jepit Total

$$\text{Daya jepit total} = \text{Daya jepit} \times \text{daya dukung} \times \text{Luas pondasi} \times 4$$

$$\text{Daya jepit total} = 0,105 \times 3 \text{ kg} \times 10000 \times 4$$

$$= 12600 \text{ kg/cm}^2$$

b. Mencari $\sum MA = 0$

$$\sum MA = 0$$

$$F_{maks} \times h - F_{jepit} \times d - W_{tot} \times \frac{L}{2} = 0$$

$$W_{tot} = 2(F_{maks} \times h - F_{jepit} \times d)$$

$$W_{tot} = 2(1378,2 \times 4 - 12600 \times 0,5)$$

$$W_{tot} = 2(7451 - 6300)$$

$$W_{tot} = 2302 \text{ kg}$$

c. Mencari $W_{pondasi}$

$$W_{pondasi} = W_{total} - W_{peralatan}$$

$$W_{pondasi} = 2302 \text{ kg} - 100 W_{pondasi} = 2202 \text{ kg}$$

d. Mencari Volume Pondasi

$$V = \frac{W_{pondasi}}{B_{jenis}}$$

$$V = \frac{2202 \text{ kg}}{2200 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 1,0009 \text{ m}^3 \sim 1 \text{ m}^3$$

4.5.4. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Pemeriksaan daya dukung tanah ini bertujuan supaya pondasi tidak tenggelam, pemeriksaan daya dukung tanah dapat dihitung dengan rumus:

Daya dukung tanah = 3 kg/cm^2 (untuk pasir 2-4)

$L_{pondasi} = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

$W_{total} = 2302 \text{ kg}$

Jawab:

Daya dukung tanah total = Luas pondasi penampang bawah x Daya dukung tanah

Daya dukung tanah total = $10.000 \text{ cm}^2 \times 3 \text{ kg/cm}^2$

Daya dukung tanah total = 30.000 kg

Syarat agar pondasi tidak tenggelam adalah daya dukung tanah W total dari hasil perhitungan didapat daya dukung tanah total = 30000 > $W_{total} = 2300$ kg maka konstruksi aman.

4.5.5. Perhitungan Tip Speed Ratio

TSR pada kincir angin merupakan rasio antara kecepatan tangensial ujung *blade* dan kecepatan aktual angin. Karena ada parameter yang belum diketahui yaitu nilai putaran kincir (μ), maka untuk menentukan nilai TSR dapat ditentukan terlebih dahulu tanpa proses perhitungan (*optional*). Nilai TSR untuk kincir angin dapat dipilih antara 6-8. Untuk perancangan kincir angin dapat dipilih nilai TSR = 7 karena memiliki nilai C_p tertinggi (Piggott, 2003).

$$TSR = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30 \cdot v}$$

$$TSR = \frac{\pi \times 0,5 \times 505}{30 \times 7,1}$$

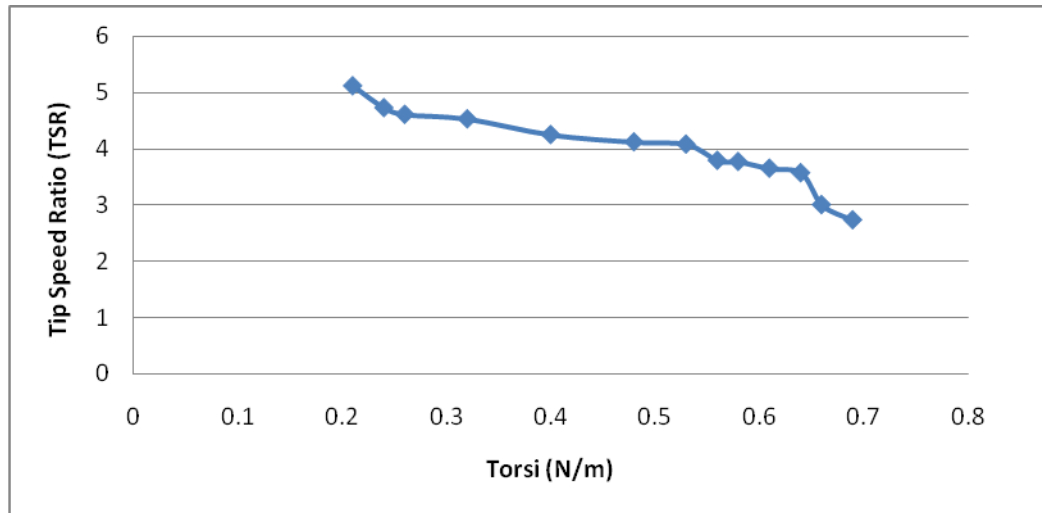
$$TSR = 3,72$$

Tabel 4.1 Grafik data TSR dengan kecepatan angin 7 m/s

No.	Putaran Rotor (RPM)	V (Volt)	I (Ampere)	v (m/s)	ω (rad/s)	T (Nm)	TSR	P_{in} (Watt)	P_{out} (Watt)
1	686	44.7	0.04	7	71.838	0.21	5.12	162.33	1.75
2	633	41.3	0.07	7	66.288	0.24	4.73	162.33	2.89
3	614	40.4	0.14	7	64.612	0.26	4.61	162.33	5.66
4	607	38.2	0.25	7	63.565	0.32	4.53	162.33	9.55
5	569	32.2	0.33	7	59.586	0.40	4.25	162.33	10.63
6	551	34.8	0.46	7	57.701	0.48	4.12	162.33	16.01
7	546	32.9	0.54	7	57.177	0.53	4.08	162.33	17.77
8	508	33.2	0.55	7	53.198	0.56	3.79	162.33	18.26
9	505	30.1	0.57	7	52.883	0.58	3.77	162.33	17.16
10	489	27.1	0.62	7	51.208	0.61	3.65	162.33	16.80
11	478	29.5	0,68	7	50.056	0.64	3.57	162.33	20.06
12	402	26.5	0.72	7	42.097	0.66	3.00	162.33	19.08

13	365	20.9	0.76	7	38.223	0.69	2.73	162.33	15.88
----	-----	------	------	---	--------	------	------	--------	-------

Dari pengujian tabel atas maka didapat hasil grafik seperti gambar 4.19



Gambar 4.17 grafik daya kincir angin dengan kecepatan 7 m/s

Gambar 4.17 memperlihatkan bahwa semakin besar nilai tip speed ratio maka akan semakin kecil nilai torsi yang dihasilkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengambilan data, pengolahan dan analisis maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat turbin angin poros horizontal dengan 5 sudu dengan desain seperti menara puli dengan tambahan seling penampang sebagai penahan beban turbin dan menggunakan bahan komposit fiber glass sebagai sudu pada turbin angin.
2. Daya yang dihasilkan pada kecepatan angin 7 m/s ($P_{in} = 161,7$ watt) daya yang dihasilkan dari turbin $P_{out} = 30,82$ watt dan Tip Speed Ratio (TSR : 3,72 Nm)

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat direncanakan dan dikembangkan dengan perbandingan antara type turbin angin horizontal dan turbin angin savonius.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, Mike. (2006). Permanent Magnet Machine. (Patent), International Publication Number WO 2006/045333.
- Derwanto Yusuf, H. (2013). Kaji Eksperimental Turbin Angin Multiblade Tipe Sudu Flate Plate Sebagai Penggerak Mula Pompa Air, Tugas Akhir Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- Grogg, Kira. (2005), *The Physics Of Wind Turbin*, Carleton Collage.
- Hugh Piggot. (2003). How to build A Wind Generator – The Axial Flux Alternator Windmill Plans. University Salgado de Oliveira.
- Mahendra B, dkk. (2009). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Horizontal. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Martosaputro, S. (2013). Wind Energy Potential and Development in Indonesia, Seminar Wind Hybrid Power Generation Market Development Initiatives yang dilaksanakan di Ayodya Resort Bali Hotel, 30 September-02 Oktober 2013.
- Matveev and S.Shcheklein, (2015). Life Cycle Analysis of Low-Speed Multi-Blade Wind Turbine. International Journal of Renewable Energy. Vol.5, No.4
- Surdia, T. (2005). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita.

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PEMBUATAN TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA BLADE
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS RENDAH

Nama : M Sofyan Kurnia Putra
NPM : 1307230024

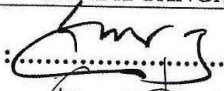
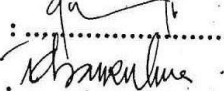
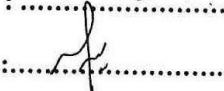
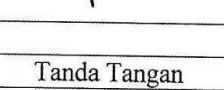
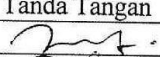
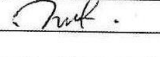
Dosen Pembimbing 1 : Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	RABU/24/10/2018	Revisi bab I	
2.	RABU/21/10/2018	Revisi bab I - Rumusan masalah	
3.	JUMAI/7/12/2018	- Balasan masalah Rubah bentuk konstruksi	
4.	ROBU/19/12/2018	Lanjutkan ke pemb. II	
5.	Selasa/ 29-1/2019	perbaiki bab I dan 2	g
6.	Sabtu/ 13-7/2019	perbaiki format Lanjutan bab IV	g g
7.	Kamis / 25/8-2019	perbaiki bab IV	g
8.	Kamis / 22/8-2019	Tambahkan T. pustaka	f
9.	Jumat / 30-8-2019	Acc. seminar kembali ke Pembimbing I	f

Acc di seminar lun 23/8-2019

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : M.Sofyan Kurnia Putra
 NPM : 1307230024
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Turbin Angin Horizontal Axis Lima Biade
 Sebagai Pembangkit Listrik tenaga Rendah.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T		: 
Pembimbing – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T		: 
Pemanding – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T		: 
Pemanding – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc		: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230010	Fery Hardiansyah	
2	1607230160	Muhammad Arsal	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 11 Muharram 1440 H
11 September 2019 M

Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : M.Sofyan Kurnia Putra
NPM : 1307230024
Judul T.Akhir : Pembuatan Turbin Angin Horizontal Axis Lima Biade Sebagai
Pembangkit Listrik Tenaga Rendah.

Dosen Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :


.....
"Lihat buku Skripsi"
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :


.....
.....
.....
.....

Medan 11 Muharram 1440H
11 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II


H.Muharnif.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : M.Sofyan Kurnia Putra
NPM : 1307230024
Judul T.Akhir : Pembuatan Turbin Angin Horizontal Axis Lima Biade Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Rendah.

Dosen Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

- 1) Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2) Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :


.....
.....
.....
.....

Medan 11 Muharram 1440H
11 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I


Khairul Umurani.S.T.M.T



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
 Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

... dan
 ... ini agar disebutkan
 ... nya

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
 DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1819/ket/AU/11.3/UMSU-07/P/2018

... n Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas
 ... Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 15 Oktober 2018 dengan ini Menetapkan :

... : M.SOFYAN KURNIA PUTRA
 ... 1307230024
 ... am Studi : TEKNIK MESIN
 ... ester : IX (Sembilan)
 ... Tugas Akhir : PEMBUATAN TURBIN ANGIN HORIZONTAL AXIS LIMA BLADE
 ... SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK KAPASITAS RENDAH

... bimbing I : MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR .ST.MT
 ... bimbing II : CANDRA A SIREGAR ,ST.MT

... gan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

- 1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
- 2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

... ikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk
 ... t dilaksanakan sebagaimana mestinya.



... ditetapkan di Medan pada Tanggal.
 ... Medan, 16 Shafar 1440 H
 ... 16 Oktober 2018 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
 NIDN: 0101017202

File

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : M SOFYAN KURNIA PUTRA
NPM : 1307230024
Tempat/Tanggal lahir : SIDOARJO/14,SEPTEMBER,1994
Agama : ISLAM
Alamat : JL.PLATINA III LINK XIII TITIPAPAN
Jenis Kelamin : LAKI – LAKI
Anak Ke : 1 DARI 2 BERSAUDARA
No. HP : 0821-6699-4313
Telp : -
Status Perkawinan : BELUM MENIKAH
Email : kurniawansaputra910@gmail.com
Nama Orang Tua :
Ayah : AGUS SUBANDI,S.pi
Ibu : SUNANI

PENDIDIKAN FORMAL

2000 – 2006 : SD MIS AL-IKHSAN
2006 – 2009 : SMPN 42 MEDAN
2009 – 2012 : SMK SWASTA PAB I HELVETIA
2013 – 2019 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA