



**TUGAS AKHIR - 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA  
STRUKTUR MINIPLANT PLTB**

**Muhammad Ilham Ramadhan  
NRP 105 115 00000 028**

**Dosen Pembimbing I  
Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito,M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001**

**Dosen Pembimbing II  
Murry Raditya S.T,M.T.  
NPP. 1988 2017 11055**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**TUGAS AKHIR - 145565**

## **RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA STRUKTUR MINIPLANT PLTB**

**MUHAMMAD ILHAM RAMADHAN**  
NRP : 105 1 15 000 00 028

Dosen Pembimbing 1 :  
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001

Dosen Pembimbing 2 :  
Murry Raditya, ST., M.T.  
NPP. 1988 2017 11055

**PROGRAM STUDI D III TEKNOLOGI INSTRUMENTASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI**  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - 145565**

## **DESIGN OF SYSTEM OF MINIPLANT STRUCTURE OF PLTB**

**MUHAMMAD ILHAM RAMADHAN**  
NRP : 105 1 15 000 00 028

Advisor Lecturer 1 :  
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001

Advisor Lecturer 2 :  
Murry Raditya, ST., M.T.  
NPP. 1988 2017 11055

**STUDY PROGRAM D III INSTRUMENTATION TECHNOLOGY**  
Departement of Instrument Engineering  
Faculty of Vocation  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA**  
**STRUKTUR MINIPLANT PLTB**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**MUHAMMAD ILHAM RAMADHAN**  
**NRP. 105 115 00000 028**

Surabaya, 27 Juli 2018  
Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**  
**NIP. 19628022 198803 1 001**

**Murry Raditya S.T, MT.**  
**NPP. 1988 2017 11055**

**Kepala Departemen Teknik**  
**Instrumentasi,**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LEMBAR PERSETUJUAN

### RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA STRUKTUR MINIPLANT PLTB

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya  
Pada Program Studi D-III Teknologi Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Muhammad Ilham Ramadhan**  
**NRP. 105 115 00000 028**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. .... (Dosen Pembimbing I)
2. Murry Raditya, S.T, M.T. .... (Dosen Pembimbing II)
3. Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho. S.T, M.T. .... (Dosen Penguji)

SURABAYA  
JULI 2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA STRUKTUR MINIPLANT PLTB**

**Nama Mahasiswa** : Muhammad Ilham Ramadhan  
**NRP** : 1051 15 00000 028  
**Jurusan** : D III Teknologi Instrumentasi,  
Departemen Teknik Instrumentasi  
FV-ITS  
**Dosen Pembimbing 1** : Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
**Dosen Pembimbing 2** : Murry Raditya, S.T, M.T

### **ABSTRAK**

Telah dilakukan perancangan miniplant PLTB yaitu Turbin angin tipe Darrieus 3 Bilah pada smart class room dengan menggunakan Motor Servo AC yang telah dikonversikan menjadi DC. yang didesain dengan menggunakan aplikasi SolidWorks dengan ukuran total 140 x 35 x 35 cm yang bergerak menggunakan energi angin. Turbin angin tipe darrieus memerlukan kerangka yang kuat untuk menahan beban ketika diterpa angin, sehingga perlu dilakukan perhitungan gaya pada kerangka agar menghindari kerangka turbin patah atau bengkok. Pada kerangka ini didapatkan nilai minimal lebar kerangka adalah  $9,57 \cdot 10^{-6}$  m dan luas as drat kerangka adalah  $0,021 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ . Turbin darrieus memiliki 1 kerangka atas dan 1 kerangka bawah dengan dimensi kerangka atas 13,5x1,5x40 cm dan kerangka bawah 35x35x100 cm, Perancangan ini menggunakan sprocket rasio perbandingan 1 : 2 untuk motor dan as turbin untuk menaikkan kecepatan putar (RPM) Turbin. Perancangan ini menghasilkan turbin darrieus yang dapat bergerak sesuai arah terpa angin.

**Kata kunci:** Turbin Darrieus, sprocket, RPM.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DESIGN OF SYSTEM ON MINIPLANT STRUCTURE OF PLTB

**Name of Student** : Muhammad Ilham Ramadhan  
**NRP** : 1051 15 00000 028  
**Departement** : D III Instrumentation of Technology  
Department of Instrumentation of  
Technology FV-ITS  
**Supervisor I** : Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
**Supervisor II** : Murry Raditya S.T,M.T.

### ABSTRACT

*Have done the design of mechanical system on miniplant structure of PLTB that is the type of wind turbine Darrieus 3 Blades on smart class room using AC Servo Motor which has been converted into DC. Which is design using SolidWorks Application with a total Size of 140 x 35 x 35 cm that travels using wind energy. The darrieus type wind turbine requires a strong frame to withstand loads when it its in the wind,so it is necessary to calculate the force on the frame in order to avoid the fracture of the turbine will break and arch. This frame have a minimum width is  $9,57 \cdot 10^{-6}$  m and the axle width the as drat is  $0,021 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>. The Darrieus turbine have 1 upper frame and 1 down frame which has dimensional upper frame is 13.5x1.5x40 cm,and dimensional down frame is 35x35x100 cm. This design uses a 1 : 2 ratio sprocket for the motor and turbine axle to raise turbine speed (RPM). This design produces a darrieus turbine that can move in direction of the wind.*

**Keywords** : Darrieus Wind Turbine,RPM,Sprocket.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA STRUKTUR MINIPLANT PLTB”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran serta dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia nya kepada kita semua.
2. Bapak Dr .Ir. Purwadi Agus D, M.Sc. selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi FV-ITS dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Bapak Murry Raditya, ST, MT selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
4. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. selaku Dosen Wali penulis.
5. Bapak Herry Sufyan Hadi S.T,M.T selaku dosen Departemen Teknik Instrumentasi yang telah membina dengan baik dan sabar
6. Kedua orang tua yang tidak henti-hentinya memberi semangat dan doa untuk menyelesaikan Tugas akhir ini
7. PLTB *Team* yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai.
8. Teman-teman D3 Teknologi Instrumentasi FV-ITS dan Teknik Fisika FTI-ITS Angkatan 2015.
9. Teman-Teman Keluarga ITS EXPO 2016-2017
10. Teman-teman keluarga PSM ITS.
11. Teman-Teman HIMATEKINS ITS 2016-2017
12. Teman-teman Seluruh Jurusan dan angkatan di ITS yang akrab dan kenal dengan penulis.
13. Seluruh Orang disekitar yang telah membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 20 Juni 2018

Penulis.

## DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xxiii</b>

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3

### **BAB II. DASAR TEORI**

2.1 Angin .....	5
2.2 Turbin Angin .....	6
2.3 Mekanisme Turbin Angin .....	8
2.4 Komponen Turbin Angin .....	10
2.5 Tipe Tipe Turbin Angin .....	11
2.6 Solid Works .....	12
2.7 Torque Wrench.....	14
2.8 Anemometer .....	15
2.9 Tachometer .....	15
2.10 Torsi .....	16
2.11 Gaya Berat.....	17
2.12 Patahan .....	18
2.13 Sproket .....	19

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

2.14 Bearing .....	20
2.15 Generator.....	20
2.16 Water Displacement 40 .....	21
2.17 Akrilik .....	22
2.18 Pipa Aluminium .....	23

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Alat dan Bahan .....	25
3.2 Perancangan alat.....	25
3.3 Implementasi Desain .....	28

### **BAB IV. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Data .....	33
4.2 Implementasi alat .....	44
4.3 Pengujian alat .....	46
4.4 Pembahasan .....	54

### **BAB V. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
<b>Gambar 2.1</b> Tipe Turbin Angin .....	10
<b>Gambar 2.2</b> SolidWorks .....	14
<b>Gambar 2.3</b> Torque Wrench .....	14
<b>Gambar 2.4</b> Anemometer.....	15
<b>Gambar 2.5</b> Tachometer .....	15
<b>Gambar 2.6</b> Gaya berat .....	18
<b>Gambar 2.7</b> Sproket.....	19
<b>Gambar 2.8</b> Deep Grove Ball Bearing.....	20
<b>Gambar 2.9</b> Generator .....	21
<b>Gambar 2.10</b> Water Displacement 40.....	22
<b>Gambar 2.11</b> Akrilik.....	22
<b>Gambar 2.12</b> Pipa Aluminium .....	23
<b>Gambar 3.1</b> Blok Diagram Keseluruhan.....	26
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alir Perancangan alat .....	27
<b>Gambar 3.3</b> Tampilan Awal SolidWorks.....	28
<b>Gambar 3.4</b> Desain Turbin Darrieus.....	29
<b>Gambar 3.5</b> Bilah Turbin Darrieus .....	30
<b>Gambar 3.6</b> Lengan Turbin Darrieus .....	30
<b>Gambar 3.7</b> Poros dan putaran Turbin Darrieus .....	31
<b>Gambar 3.8</b> Sproket Turbin Darrieus.....	31
<b>Gambar 3.9</b> Kotak Bearing Turbin Darrieus.....	32
<b>Gambar 4.1</b> Bahan kerangka bawah stainless steel .....	33
<b>Gambar 4.2</b> Detil nilai dan hasil kerangka bawah .....	34
<b>Gambar 4.3</b> Bahan kerangka bawah as drat Besi.....	39
<b>Gambar 4.4</b> Detil nilai kerangka atas As Drat besi.....	40
<b>Gambar 4.5</b> Turbin Darrieus tampak depan.....	45
<b>Gambar 4.6</b> Turbin Darrieus tampak samping.....	45
<b>Gambar 4.7</b> Data Speed Blower 1 .....	46
<b>Gambar 4.8</b> Data Speed Blower 2 .....	47
<b>Gambar 4.9</b> Data Speed Blower 3 .....	47
<b>Gambar 4.10</b> Data RPM 1 yang dihasilkan .....	48
<b>Gambar 4.11</b> Data RPM 2 yang dihasilkan .....	48

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

<b>Gambar 4.12</b>	Data RPM 3 yang dihasilkan .....	49
<b>Gambar 4.13</b>	Data Vibartion Acceleration angin 4,93 m/s.....	51
<b>Gambar 4.14</b>	Data Vibration Acceleration angin 6,13 m/s.....	51
<b>Gambar 4.15</b>	Data Vibration Acceleration angin 6,9 m/s.....	52
<b>Gambar 4.16</b>	Data Vibration Acceleration beban 2Kg.....	52
<b>Gambar 4.17</b>	Pemasangan Accelerometer pada struktur .....	53
<b>Gambar 4.18</b>	Pengambilan data Getaran struktur .....	51

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

	Hal
<b>Tabel 2.1</b> Potensi energy angin dan lokasi potensi .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Nilai Standard Tensile Strength .....	19
<b>Tabel 4.1</b> Nilai berat dan panjang rangka bawah.....	35
<b>Tabel 4.2</b> Nilai Gaya Rangka Bawah .....	35
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Gaya F2 Rangka Bawah .....	36
<b>Tabel 4.4</b> Nilai F1 Rangka Bawah(Gaya) .....	37
<b>Tabel 4.5</b> Nilai F1 Rangka Bawah (Torsi).....	38
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Keseluruhan Gaya Kerangka Bawah .....	38
<b>Tabel 4.7</b> Hasil perbandingan lebar standard dan desain.....	39
<b>Tabel 4.8</b> Nilai berat dan panjang kerangka atas .....	41
<b>Tabel 4.9</b> Nilai F2 Rangka Atas .....	42
<b>Tabel 4.10</b> Nilai F1 Rangka Atas(Gaya) .....	42
<b>Tabel 4.11</b> Nilai F1 dan F2 Rangka Atas.....	43
<b>Tabel 4.12</b> Perbandingan A Standard dan A desain .....	44
<b>Tabel 4.13</b> Data pengujian Turbin Darrieus .....	46
<b>Tabel 4.14</b> Gaya Maksimum Struktur Turbin Darrieus.....	50
<b>Tabel 4.15</b> Data kecepatan angin.....	50

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR SIMBOL

	Hal
<b>Simbol 2.1</b> Rumus Torsi 1 .....	16
<b>Simbol 2.2</b> Rumus Torsi 2 .....	17
<b>Simbol 2.3</b> Rumus Torsi 3 .....	18
<b>Simbol 2.4</b> Rumus Gaya 1 .....	18
<b>Simbol 2.5</b> Rumus Menghitung nilai Standard.....	19

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun. Sementara tingginya kebutuhan migas tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya menyebabkan kelangkaan sehingga di hampir semua negara berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan<sup>[1]</sup>.

Salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang dikenal adalah Turbin angin. Turbin angin dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori sesuai dengan arah sumbu rotasi: turbin angin sumbu vertikal (VAWT) dan turbin angin sumbu horizontal (HAWT). Keuntungan utama VAWT adalah bagian yang bergerak tunggal (rotor) di mana tidak ada mekanisme ya diperlukan, sehingga menyederhanakan konfigurasi desain secara signifikan<sup>[2]</sup>.

VAWT menggunakan rotor berbilah lurus atau melengkung dengan sumbu yang berputar tegak lurus dengan aliran angin. Sudah diterima secara luas bahwa VAWT merupakan alternatif yang cocok untuk ekstraksi tenaga angin di banyak negara berkembang. Hal ini terutama disebabkan oleh kelebihan mesin jenis ini di atas tipe sumbu horizontal, seperti konstruksi sederhana mereka, kurangnya kontrol kecepatan berlebih, penerimaan angin dari arah mana pun tanpa orientasi, dan pengurangan keterbatasan desain mekanis. karena fakta bahwa sistem kontrol dan generator listrik diatur secara statis di tanah<sup>[3]</sup>.

Tetapi jika dilihat dari energi yang dapat dihasilkan sangat terbatas dan juga masih sangat mahal untuk mendapatkannya. Hal ini mengakibatkan krisis energi yang melanda dunia dewasa ini telah menarik perhatian para ahli untuk menemukan sumber-sumber energi baru yang lebih murah, yang tersedia dalam jumlah yang besar. Hal ini berkaitan dengan semakin banyak dan meningkatnya pemakaian penggunaan energi (Yogi dan Pitojo, 2013). Dari kondisi ini, Departemen Teknik Instrumentasi ITS memiliki peluang untuk berpartisipasi dalam pembentukan sumber daya manusia agar mempunyai skill yang komponen pada sistem pembangkit listrik melalui program Tempat Uji Kompetensi (TUK) yang mana nantinya akan diajarkan pada mahasiswa untuk memahami sistem pembangkit listrik.

PLTB memanfaatkan energi angin untuk memutar bilah rotor dalam turbin / generator sehingga menghasilkan listrik. Kapasitas turbin angin yang ada di dunia mulai 100W hingga 250kW. Umumnya Wind turbin buatan lokal baru memiliki kapasitas kecil yaitu 10W-250kW. Lapan sendiri telah membuat beberapa tipe wind turbin skala 1kW-10kW.

Seiring berkembangnya teknologi penghasil listrik dari tenaga Bayu (Angin). Teknologi terbaru menggunakan Turbin Angin Vertikal dengan tipe yang bermacam-macam yang sama-sama menghasilkan energi listrik dengan kapasitas daya yang berbeda-beda. berdasarkan uraian diatas Penulis merancang dan membuat alat yaitu: **“RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PADA STRUKTUR MINIPLANT PLTB.”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Pada pelaksanaan Tugas Akhir ini terdapat permasalahan yaitu bagaimana merancang bangun sistem mekanik pada struktur mini plant PLTB.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan utama dari pembuatan alat ini adalah untuk merancang sistem mekanik pada merancang bangun sistem mekanik pada struktur mini plant PLTB sesuai standart rumus gaya dan patahan.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batas ruang lingkup dari tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Desain berupa BFD Rancang Bangun Sistem Mekanik pada struktur miniplant PLTB
2. Pembuatan Desain 3D menggunakan aplikasi SolidWorks
3. Output Alat Berupa Voltase Direct Current (DC).

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang didapatkan dalam mengerjakan tugas akhir ini mahasiswa atau penulis paham dan mengerti dalam merancang sistem mekanik pada struktur miniplant PLTB.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Angin**

Angin adalah udara yang bergerak (berpindah) dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan lebih rendah<sup>[4]</sup> atau dari daerah yang memiliki suhu/temperatur rendah ke wilayah bersuhu tinggi. Perbedaan suhu di atmosfer menyebabkan perbedaan tekanan udara, dan mengakibatkan udara terus-menerus mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Bila terjadi perbedaan di antara pusat tekanan yaitu suhu atmosfer terlalu tinggi, arus udara (yakni angin) menjadi sangat kuat.<sup>[5]</sup>

Faktor yang mempengaruhi kecepatan angin yaitu bermacam-macam, diantaranya adalah Letak tempat dikarenakan Kecepatan angin di dekat khatulistiwa atau lepas pantai lebih cepat daripada di daerah lainnya. Selain itu semakin tinggi tempat, semakin kencang pula angin bertiup, hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya gesekan menghambat laju udara. Di permukaan bumi, gunung, pohon, dan topografi yang tidak rata lainnya memberikan gaya gesekan yang besar. Semakin tinggi suatu tempat, gaya gesekan ini semakin kecil. Faktor lain yang mempengaruhi kecepatan angin yaitu waktu. Di siang hari angin bergerak lebih cepat dari pada di malam hari.<sup>[6]</sup>

Secara umum Jenis angin dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu angin lokal dan angin musim.<sup>[7]</sup> Angin lokal terdiri 3 macam, salah satunya Angin Darat dan angin laut. Angin laut adalah salah satu bentuk sirkulasi thermal. Pemanasan yang tidak sama antara tanah dan air adalah penyebab dari angin dengan skala meso yang terjadi di daerah pantai. Sepanjang siang hari daerah daratan lebih cepat panas dibanding dengan lautan dan pemanasan yang intensif menyebabkan tekanan rendah di atas

daratan. Udara diatas perairan masih tetap lebih dingin dibanding udara diatas daratan,karena tekanan udara tinggi terjadi diatas lautan. Efek dari distribusi tekanan ini secara umum adalah terjadi angin laut yang bertiup dari laut ke darat.

Pada waktu malam,daratan lebih cepat menjadi dingin dibanding lautan. Udara diatas daratan lebih dingin dibanding lautan dan kembali menciptakan distribusi tekanan dengan tekanan tinggi sekarang berada diatas daratan. Sekarang angin bertiup dalam arah berlawanan dari darat ke laut dan menjadi angin darat. Perbedaan suhu antara darat-laut biasanya lebih kecil pada waktu malam dari pada waktu siang. Sehingga angin darat lebih lemah dibanding angin laut. <sup>[8]</sup>

**Tabel 2. 1 Potensi Energi Angin dan Lokasi Potensi**

Kelas	Kec. Angin (m/s)	Daya Spesifik (W/m <sup>2</sup> )	Kapasitas (kW)	Lokasi (Wilayah)
Skala Kecil	2,5-4,0	<75	s/d 10	Jawa,NTT,NTB,Maluku,Sulawesi
Skala Menengah	4,0-5,0	75-100	10-100	NTT,NTB,Sultra
Skala Besar	>5,0	>150	>100	Sulsel,NTB,NTT dan Pantai Selatan Jawa

## 2.2 Turbin Angin

James Manwell menyatakan pada tahun 209 bahwa pada awalnya turbin angin merupakan alat bantu yang digunakan

dalam bidang pertanian. Teknologi tenaga angin, sumber daya energi yang paling cepat di dunia, sepiantas terlihat sederhana. Selain untuk pembangkitan listrik, turbin angin sangat cocok untuk mendukung kegiatan pertanian dan perikanan, seperti untuk keperluan irigasi, dan sebagainya. Tenaga ditransfer melalui baling-baling, lalu ke generator/motor dan menghasilkan energi listrik untuk digunakan. (Syamsul Bahari, 2015)

Menurut James Manwell tahun 2009 pengetahuan tentang energi angin telah lama dipelajari dan digunakan, sehingga teknologi energi angin bukanlah teknologi yang baru ditemukan. Pada tahun 200 tahun lalu sebelum masehi bangsa persia telah menggunakan teknologi kincir angin.

Kincir angin sumbu vertikal merupakan kincir angin pertama yang tercatat dalam sejarah abad ke-7, kincir angin ini dibangun pada perbatasan Iran-Afganistan-Pakistan. Bangsa persia dulunya menggunakan teknologi energi angin atau turbin angin untuk menggiling/menumbuk gandum dan biji-bijian lainnya, dan juga mereka memanfaatkannya untuk memompa air.

Perkembangan yang paling maju terjadi di Belanda dimana banyak dikembangkannya bentuk dari kincir angin. Pada tahun 1920 di Amerika. Teknologi tersebut mulai digunakan untuk membangkitkan listrik, yang dimana kincir angin membangkitkan listrik dikenal dengan nama turbin angin. Kini turbin angin mulai banyak digunakan untuk mengakomodasikan kebutuhan listrik, dengan menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. Walaupun untuk saat ini pembangunan turbin angin belum mampu untuk menyaingi pembangkit energi konvensional. Turbin angin dikembangkan oleh ilmuwan karena dalam waktu dekat akan terjadi kekurangan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui seperti batu bara dan minyak bumi sebagai bahan utama

pembangkit listrik saat ini. Umumnya daya efektif yang dapat diterima turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Oleh karenanya, pengembangan efisiensi turbin angin dengan menyempurnakan beberapa aspek dibawah ini (Ary T,2013):

a. Baling Baling

Baling – baling berukuran panjang bias menangkap atau mengumpulkan lebih banyak energi dibandingkan dengan yang berukuran pendek. Kelemahannya adalah baling-baling panjang cenderung lebih berat dan lebih mudah rusak. Fokus penelitian adalah untuk tetap mempertahankan panjang, kekuatan, ketebalan, namun dengan berat yang ringan.

b. Kontrol

Jika angin semakin kencang, semakin besar pula energi yang dihasilkan. Memang benar tapi tidak semudah itu. Karena baling-baling direncanakan akan berbobot ringan, angin kencang dapat dengan mudah menghancurkannya. Jika tidak ada mekanisme rem atau penurunan kecepatan baling-baling, angin dapat merusak konstruksi baling-baling, bahkan menerbangkannya dengan mudah. Rem merupakan faktor penting dalam pengendalian kecepatan putaran baling-baling itu yang masih terus dipelajari.

### **2.3 Mekanisme Turbin Angin**

Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angina sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel

transmisi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah dan sebagainya. Turbin angin dapat memiliki tiga buah bilah turbin. Jenis lain yang umum adalah jenis turbin dua bilah.

Turbin angin dulunya digunakan untuk membantu usaha pertanian dan perikanan, digunakan para petani untuk irigasi, penggilingan gandum, aerasi tambak ikan dan sebagainya. Kini turbin angin digunakan untuk membangkitkan listrik dengan mengonversikan energi mekanis angin menjadi energi putar pada turbin, lalu putaran turbin digunakan untuk memutar generator, kemudian dapat menghasilkan listrik.

Terdapat jenis-jenis turbin angin, turbin angin yang digunakan untuk pemakaian umum biasanya berukuran 50-750kW. Turbin angin skala kecil biasanya berkapasitas 50kW yang digunakan untuk perumahan atau pompa air. Sedangkan kapasitas skala industry adalah antara 1-4mW. Berikut adalah jenis-jenis dari turbin angin:

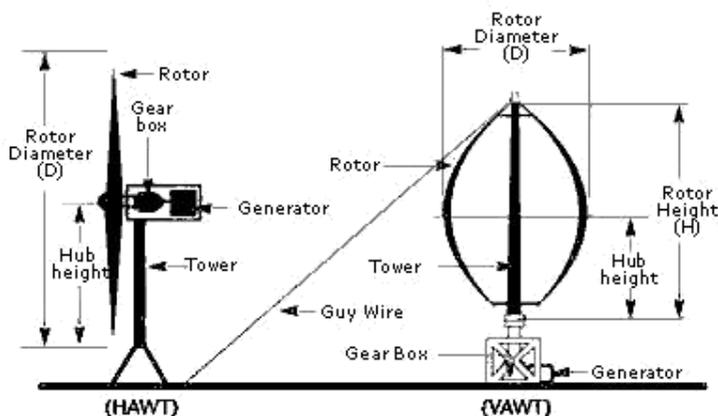
a. Turbin angin propeler adalah jenis turbin angin dengan poros horizontal seperti baling-baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

b. Turbin angin darrieus merupakan suatu sistem konversi energi angin yang digolongkan dalam jenis turbin angin berporos tegak. Keuntungan dari turbin angin jenis darrieus adalah tidak

memerlukannya mekanisme orientasi pada arah angin seperti turbin angin propeller.

## 2.4 Komponen Turbin Angin

Turbin angin didesain untuk menangkap energi kinetik angin dan mengeksploitasi energi angin yang mengalir pada bilah turbin tersebut. Untuk membuat turbin angin digunakan yang aerodinamis dengan menentukan tinggi menara atau tower yang optimal, menentukan berapa jumlah dan bentuk bilah dari turbin, serta menentukan bentuk atau desain secara keseluruhan.



Gambar 2. 1 Tipe Turbin Angin

**Rotor** adalah hub turbin dan bilah turbin. **Gear box** merupakan penghubung shaft antara kecepatan rendah, dengan yang berkecepatan tinggi yang berfungsi sebagai peningkat kecepatan hingga generator dapat menghasilkan daya listrik. **Blades** atau bilah pada turbin angin berfungsi untuk memberikan

gerak rotasi dari angin yang bertiup melalui turbin ke generator. **Generator** berfungsi untuk mengonversi kecepatan putar menjadi energi listrik. **Tower** adalah bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi sebagai penopang utama, tower terbuat dari baja atau beton untuk menopang keseluruhan komponen turbin angin.

### **2.5 Tipe-Tipe Turbin Angin**

Turbin angin memiliki tipe yang berbeda-beda, ada dua jenis turbin angin yaitu turbin angin dengan sumbu horizontal dan turbin angin dengan sumbu vertikal. Turbin angin horizontal memiliki shaft rotor utama dan generator pada puncak dari menara, dan diarahkan pada arah angin. Sedangkan turbin angin vertikal memiliki shaft rotor yang dipasang secara vertikal. Untuk perbedaan lebih jelas lihat pada gambar berikut:

Secara umum turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi upwind dan downwind. Sementara turbin angin sumbu vertikal terbagi menjadi menjadi Darrieus dan Savonius. Turbin angin jenis upwind memiliki rotor yang menghadap ke arah angin. Keuntungan dari desain ini adalah rotor tidak terkena wind shade dari bagian belakang menara. Kerugian dari desain ini adalah rotor menjadi lebih tidak fleksibel, dan diletakkan dengan jarak tertentu dari puncak menara. Turbin angin jenis *downwind* memiliki rotor yang tidak menghadap arah angin. Keuntungannya adalah desain tidak memerlukan mekanisme

mekanisme *yaw*. Rotor juga dapat dibuat lebih fleksibel, dan beratnya menjadi lebih ringan secara keseluruhan. Kerugiannya adalah fluktuasi dari energi angin yang terjadi dapat memberikan lebih pada menara. Turbin angin jenis *Darrieus* ditemukan oleh George Darrieus dari Prancis, yang banyak mendapat hak paten dari desain tersebut pada tahun 1931. Karakteristik desainnya adalah berbentuk C pada bilah rotor, hingga bentuk seperti telur. Biasanya dibuat pada konsep dua-tiga bilah rotor. Turbin angin jenis *Savonius* ditemukan oleh Sigurd Savonius dari Finlandia, dan dipatenkan pada tahun 1922. Karakteristik desainnya berbentuk S pada bilah rotornya, dan memiliki 2-3 atau lebih cekungan untuk menangkap angin. Desain turbin ini tidak dapat berputar lebih cepat dari kecepatan angin. Keuntungannya adalah desain ini memiliki sumbu vertikal dan dapat bekerja secara efektif bahkan ketika arah angin berubah. Desainnya juga dapat bekerja dengan baik pada kecepatan angin rendah, dan tidak diperlukan lokasi tinggi untuk meletakkannya. Kerugiannya adalah sistem cekungan pada bilah rotor tidak se-efisien dengan penggunaan bilah rotor konvensional, sehingga menghasilkan energi yang lebih sedikit.

## **2.6 Solid Works**

SolidWorks adalah apa yang kita sebut “parametrik” modelling yang solid yang diperuntukan untuk pemodelan desain

3-D. Parametrik sendiri itu berarti bahwa dimensi dapat memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses desain dan secara otomatis mengubah part solid dan dokumentasi terkait (blueprint). *SolidWorks* sendiri adalah software program mekanikal 3D CAD (computer aided design) yang berjalan pada Microsoft Windows. file SolidWorks menggunakan penyimpanan file format Microsoft yang terstruktur. Ini berarti bahwa ada berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (file gambar), SLDPRT (part file), SLDASM (file assembly), dengan bitmap preview dan metadata sub-file. Berbagai macam tools dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun sub-file dalam banyak kasus menggunakan format file biner. SolidWorks adalah parasolid yang berbasis solid modelling, dan menggunakan pendekatan berbasis fitur-parametrik untuk membuat model dan assembly atau perakitan. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau geometri dari model. Parameter dapat berupa numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal. parameter numerik dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud dari desain



**Gambar 2. 2 Software SolidWorks**

### **2.7 Torque wrench**

Torque wrench adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur torsi dari turbin angin. Cara menggunakan dengan cara mengunci bagian atas turbin dengan kunci Torque wrench tersebut lalu memutar turbin tersebut hingga sensor Torque wrench berbunyi menandakan bahwa sensor tersebut telah mendeteksi besar torsi dari turbin angin tersebut



**Gambar 2. 3 Torque wrench**

## 2.8 Anemometer



**Gambar 2.4** Anemometer

Anemometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Cara menggunakannya dengan cara meletakkan anemometer tersebut ke tempat yang ingin diukur kecepatan angin nya. Lalu input nilai kecepatan angin akan terdeteksi ketika anemometer tersebut berputar sesuai arah angin dan juga kecepatannya

## 2.9 Tachometer



**Gambar 2.5** Tachometer

Tachometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan di mana perangkat mekanik berputar, yang

biasanya ditunjukkan dalam RPM. Tachometer digunakan untuk memantau RPM dalam mobil atau bisa juga dalam turbin. Alat kerjanya dengan cara diukur bagian poros turbin yang berputar sehingga akan terdeteksi berapa RPM dari turbin tersebut berputar dari sensor Tachometer membaca putaran poros.

Ada dua jenis Tachometer, yaitu tachometer menggunakan laser dan juga tachometer menggunakan putaran. Perbedaannya terletak pada cara mengukurnya. Jika menggunakan tachometer model Laser, maka cara kerjanya adalah menetapkan laser dari tachometer tersebut pada putaran poros yang akan diukur nilai RPM nya. Sedangkan jika menggunakan model putaran langsung, maka cara kerjanya adalah dengan meletakkan putaran tachometer tersebut pada poros yang berputar, maka secara otomatis akan mengukur berapa nilai RPM dari suatu objek yang berputar.

## 2.10 Torsi

d Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar  $F$ , benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar  $b$ , dengan data tersebut torsinya adalah:

$$T = F \times d \text{ (N.m)} \quad (2.1)$$

dimana:

$T$  = Torsi benda berputar (N.m)

$F$  = adalah gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

$d$  = adalah jarak benda ke pusat rotasi (m)

Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan

Dari definisi disebutkan bahwa perkalian antara gaya dengan jaraknya adalah sebuah torsi, dengan definisi tersebut Torsi pada poros dapat diketahui dengan rumus:

$$T = w \times d \text{ (Nm)} \quad (2.2)$$

Dimana:

T = adalah torsi mesin (Nm)

w = Gaya Berat (N)

d= adalah jarak pembebanan dengan pusat perputaran (m)

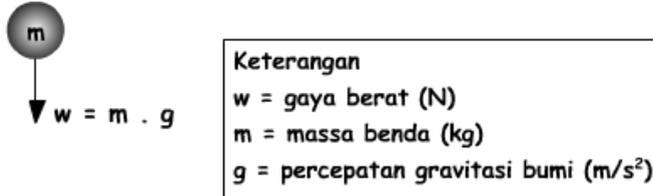
Dari perhitungan torsi diatas dapat diketahui jumlah energi yang dihasilkan mesin pada poros. Jumlah energi yang dihasilkan mesin setiap waktunya adalah yang disebut dengan daya mesin. Kalau energi yang diukur pada poros mesin dayanya disebut daya poros.

### **2.11 Gaya Berat**

Saat anda mengangkat beban, misalnya saja sebuah buku, dapatkan anda merasakan suatu gaya yang menarik buku ke bawah? Jika buku dilepaskan, gaya inilah yang akan menyebabkan buku jatuh menuju bumi. Gaya ini disebut dengan gaya tarik bumi pada buku, yang disebut juga dengan gaya berat benda. Benda ditarik bumi, sedemikian bumi juga mendapat gaya tarik dari benda. Oleh karena massa bumi jauh lebih besar daripada massa benda, maka benda akan cenderung bergerak menuju bumi. Adanya gaya berat ini akan lebih jelas jika dikaji dengan konsep Hukum Gravitasi Universal.

Menurut Hukum II Newton, dikatakan bahwa percepatan yang terjadi pada suatu benda berbanding lurus dengan gaya yang diberikan pada benda tersebut dengan persamaan  $F = m \cdot a$ , sedangkan pada gaya berat, percepatan benda merupakan

percepatan gravitasi bumi, sehingga gaya berat suatu benda dapat dinyatakan dengan persamaan



**Gambar 2.6** Gaya Berat

### 2.12 Patahan

Sebuah benda apabila memiliki sebuah tegangan yang terlalu besar maka akan mengakibatkan patahan, sehingga perlu adanya perhitungan gaya pada kerangka dan menyesuaikan dengan bahan baku kerangka seperti besi, baja, aluminium dan banyak lagi bahan yang digunakan untuk kerangka

Nilai – nilai yang menyatakan gaya maksimum per satuan luas yang bisa ditahan benda yang mengalami salah satu dari ketiga jenis tegangan. Bagaimanapun, nilai – nilai tersebut hanya bersifat representative, dan nilai sebenarnya untuk menentukan material tertentu bisa sangat berbeda. Dengan demikian penting juga untuk mempertahankan “faktor aman” sebesar 3 – 10 atau lebih yaitu melebihi sepersepuluh atau sepertiga dari nilai tegangan

Secara umum perhitungan gaya yang diberikan kepada kerangka menggunakan diagram benda bebas menggunakan rumus

$$\sum \tau = 0 \quad (2.3)$$

$$\sum F = 0 \quad (2.4)$$

Setelah diketahui gaya yang dihasilkan oleh beban dengan cara mencari  $F_1$  dengan persamaan 2.1 lalu mencari  $F_2$  menggunakan persamaan 2.2 setelah itu akan ditemukan  $F_{maks}$  dan masukkan kedalam rumus

$$\frac{\sigma}{2} \geq \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.5)$$

diketahui bahwa :

$\sum \tau$  = Jumlah Torsi

$\sum F$  = Jumlah Gaya

$\sigma$  = Tegangan Tarik

F = Gaya Benda

$F_{maks}$  = Gaya terbesar yang dihasilkan oleh beban

A = Luas Penampang

**Tabel 2.2** Nilai Standard Tensile Strength

Bahan	Tegangan Tarik (N/m <sup>2</sup> )	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> )
Besi (Medium Carbon Steel)	410 x 10 <sup>6</sup>	205 x 10 <sup>6</sup>
Stainless Steel	480 x 10 <sup>6</sup>	240 10 <sup>6</sup>

### 2.13 Sproket

Sproket adalah roda bergigi yang berpasangan dengan rantai, track atau benda panjang yang bergerigi lainnya. Sproket berbeda dengan gigi; sproket tidak pernah bersinggungan dengan sproket lainnya dan tidak pernah cocok. Sproket juga berbeda dengan pull dimana sproket memiliki gigi sedangkan pull pada umumnya tidak memiliki gigi. Sproket yang digunakan pada sepeda, sepeda motor mobil dll digunakan untuk mentransmisikan gaya putar antara dua poros dimana roda gigi tidak mampu menjangkaunya.



**Gambar 2.7** Sproket

## 2.14 Bearing

adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros (shaft) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya. Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Bearing atau laher adalah komponen sebagai bantalan untuk membantu mengurangi gesekan peralatan berputar pada poros/as. Bearing atau laher ini biasanya berbentuk bulat. Bearing di mobil dipasang pada as roda dan ditempat-tempat yang berputar lainnya. Tujuan dari bantalan balock untuk mengurangi gesekan rotasi dan mendukung radial dan aksial beban.



**Gambar 2.8** Deep groove Ball Bearing

## 2.15 Generator

Generator adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah energi kinetik (gerak) menjadi energi listrik. Sama halnya dengan motor induksi, generator juga memanfaatkan medan magnet. Berbeda dengan motor induksi, karena motor induksi mengubah energi listrik

menjadi energi kinetik (gerak). Rotor generator berbeda dengan motor induksi, rotor pada generator memiliki kumparan (coil) yang kedua ujungnya terhubung pada slip ring yang nantinya akan dihubungkan pada rangkaian eksitasi (exciter) untuk membangkitkan medan magnet pada rotor generator. Sehingga rotor generator menjadi medan magnet yang berputar.



**Gambar 2.9** Generator

### **2.16 Water Displacement 40**

Water Displacement atau biasa disebut WD adalah spray yang berfungsi untuk melonggarkan baut ataupun memuluskan kinerja dari benda yang macet. Selain itu WD (Water Displacement 40) dapat digunakan untuk menghilangkan kelembaban, melindungi busi, melumasi bagian penting dari suatu alat semisal rantai, gear, dll. WD ampuh untuk membersihkan kotoran aspal dan debu yang menempel pada benda semisal badan motor. WD juga dapat melindungi suatu bahan agar tidak mudah berkarat. Kegunaan WD begitu banyak, tak khayal WD hampir disetiap bengkel ataupun tempat pembelian bahan bangunan, barang ini tersedia untuk meringankan pekerjaan

manusia dibidang pelumasan maupun pengawetan suatu alat atau benda agar tidak berkarat.



**Gambar 2.10** Water Displacement 40

### **2.17Akrilik**

Akrilik merupakan plastik yang bentuknya menyerupai kaca. Merupakan bahan yang tidak mudah pecah, ringan dan mudah dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan atau dicat. Akrilik dapat dibentuk secara thermal menjadi berbagai macam bentuk yang rumit. Sifatnya yang tahan pecah juga menjadikan akrilik sebagai material ideal untuk dipergunakan pada aplikasi tempat dimana pecahnya material berakibat fatal seperti jendela kapal selam. Selain anti pecah dan tahan terhadap cuaca, akrilik juga tidak akan mengkerut atau berubah warna meskipun terkena paparan sinar matahari dalam jangka waktu yang lama.



**Gambar 2.11** Akrilik

### **2.18 Pipa Aluminium**

Pipa aluminium adalah suatu bahan yang sering digunakan untuk membangun suatu alat atau menyusun suatu kerangka alat. Dengan memiliki kelebihan bahan tersebut yang ringan, kuat dan tidak mudah bengkok, bahan ini banyak digunakan manusia untuk sebagai bahan membuat sepeda, membuat sepeda motor, bahkan mobil. Bahan tersebut juga dapat berfungsi sebagai poros suatu alat yang berputar, seperti poros turbin ataupun poros yang lainnya. Ada berbagai macam ukuran dan jenis aluminium yang digunakan dalam pipa tersebut.



**Gambar 2.12** Pipa Aluminium

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Alat dan Bahan**

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan pada perancangan adalah sebagai berikut :

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. Sproket       | 7. Generator        |
| 2. Poros turbin  | 8. WD               |
| 3. Lengan turbin | 9. Akrilik          |
| 4. Lengan Turbin | 10. Stainless Steel |
| 5. Bantalan      | 11. Besi            |
| 6. Bilah         |                     |

### **3.2 Perancangan Alat**

Perancangan ini dilakukan sebagai salah satu cara untuk merancang sistem mekanik pada struktur miniplant PLTB yaitu Turbin Darrieus skala Laboratorium untuk wawasan mahasiswa di dunia teknologi energi terbarukan. Pada perancangan tugas akhir ini memiliki keterkaitan sistem yang dijelaskan blok diagram sistem keseluruhan sebagai berikut :

#### **A. Angin**

Tahap pertama perancangan yaitu mengetahui besar nilai input dari Angin. Angin adalah aliran udara dalam jumlah besar yang bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke bertekanan udara rendah.

#### **B. Turbin Darrieus**

Tahap perancangan berikutnya setelah input Angin yaitu Turbin Darrieus. Turbin Darrieus adalah Turbin angin dengan tipe Vertikal yang memanfaatkan energi angin sebagai input putaran turbin tersebut.

#### **C. AC Servo Motor**

Perancangan berikutnya setelah Turbin Darrieus berputar yaitu AC Servo Motor. AC Servo Motor berfungsi untuk

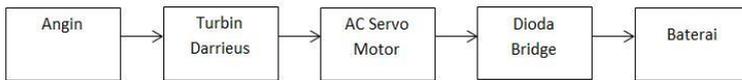
mengubah energi mekanik Turbin Darrieus menjadi energi listrik AC (Alternating Current).

#### D. Dioda Bridge

Tahap perancangan selanjutnya adalah Dioda Bridge. Dioda Bridge adalah Penyearah Voltase dari Servo Motor AC (Alternating Current) menjadi DC (Direct Current).

#### E. Baterai

Perancangan berikutnya adalah Baterai. Keluaran Voltase DC (Direct Current) dari Motor Servo akan masuk ke Baterai DC untuk selanjutnya energi listrik yang masuk dalam baterai akan dimanfaatkan untuk beberapa keperluan rumah tangga. Seperti untuk menerangi lampu rumah atau lampu cadangan apabila listrik dari PLN mati.



**Gambar 3. 1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem**

Dari blok diagram keseluruhan alat pada **Gambar 3.1** terdapat sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yaitu Turbin Darrieus sebagai sumber untuk memenuhi kebutuhan energi dalam *Smart Classroom*. Adapun pengerjaan alat yang nantinya disederhanakan dalam bentuk diagram alir seperti **Gambar 3.2** dijelaskan dalam tahapan-tahapan sebagai berikut :

#### 3.2.1 Studi Literatur

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur. Literatur yang digunakan berupa buku teks,paper,prosiding,dan laman internet dengan topik seputar *wind turbine*.

#### 3.2.2 Perancangan Turbin Darrieus

Tahap penelitian dilanjutkan dengan menghitung gaya maks dan torsi yang diberikan kerangka (Patahan) serta menghitung luas kerangka minimum (A Minimum).

#### 3.2.3 Desain Turbin Darrieus

Penelitian dilanjutkan dengan mendesain Turbin Darrieus sesuai perancangan Turbin Darrieus dengan memperhatikan nilai Luas penampang Real dan Luas penampang Minimum dari struktur Turbin Darrieus

### 3.2.4 Pengujian Alat

Tahap penelitian berikutnya yaitu pengujian data untuk mengambil data voltase DC dari Turbin Darrieus tersebut berdasarkan kecepatan angin. Selanjutnya hasil pengujian alat disusun dan dilaporkan dalam bentuk buku laporan Tugas Akhir.



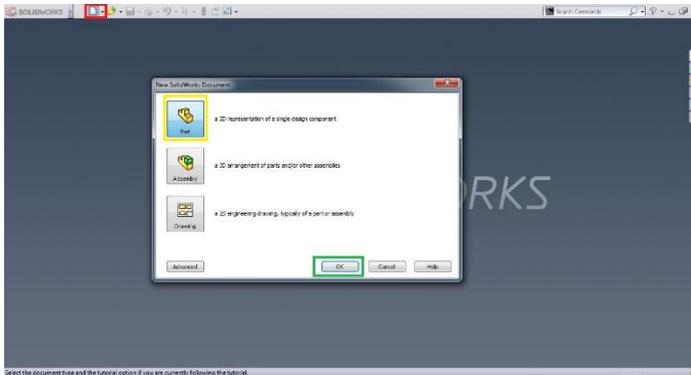
**Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Alat**

### 3.3 Implementasi Desain

Implementasi desain adalah kegiatan perealisasiian dari model desain yang telah kita buat dalam bidang gambar bisa berupa kertas, dokumen dan lain sebagainya dirubah menjadi model fisik. Membutuhkan beberapa spsialisasi tambahan untuk mengubah desain menjadi sebuah produk hardware maupun software. Berikut langkah pembuatan dari Desain Turbin menggunakan software/aplikasi SolidWorks.

#### 3.3.1 Pembuatan Desain 3D menggunakan Solid Works

Setelah memahami perintah dasar, BFD maka bukalah aplikasi SolidWorks untuk memulai proses desain

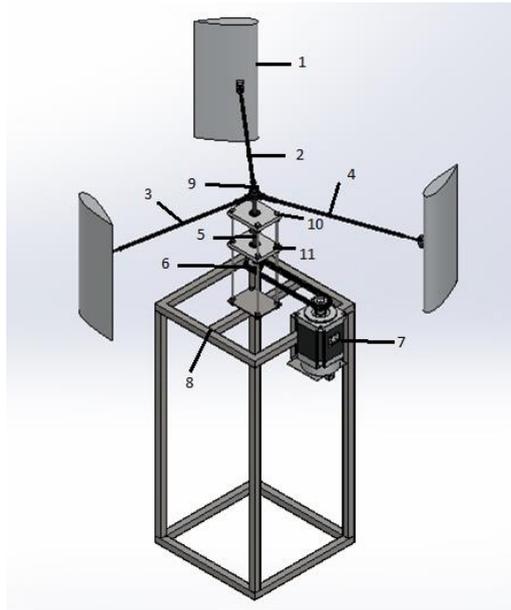


**Gambar 3. 3 Tampilan Awal SolidWorks**

Buka 3D Part Design Component dan klik OK,download komponen-komponen yang ada pada Turbin Darrieus miniplant PLTB. Seperti Turbin,Kerangka Bawah Turbin,Bilah Turbin,dan sebagainya.

Setelah komponen-komponen sudah tersedia semua maka gabungkan satu persatu komponen tersebut berdasarkan BFD yang sudah ada pada **Gambar 3.1.** Dengan cara Buka 3D Assembly Part assembles lalu klik OK. Selanjutnya masing-masing komponen tersebut digabung membentuk sebuah sistem. Sistem berdasarkan flowchart yang telah direncanakan seperti

pada **Gambar 3.2**, Berikut desain 3D dari Sistem mekanik pada struktur Miniplant PLTB yaitu Turbin Darrieus :



**Gambar 3. 4 Desain Turbin Darrieus**

**Gambar 3.4** adalah gambar Desain Turbin Darrieus yang sudah di assembly. Berikut keterangan dari masing-masing Bagian Desain Turbin Darrieus Dibawah ini :

**Tabel 3.1 Keterangan Desain Turbin Darrieus**

No	Nama	No	Nama
1	Bilah Darrieus	7	Motor Servo AC
2	Lengan Turbin Darrieus	8	Kerangka Bawah
3	Lengan Turbin Darrieus	9	Putaran Turbin Darrieus
4	Lengan Turbin Darrieus	10	Kotak Bearing
5	Poros Turbin Darrieus	11	Kotak Bearing
6	Sproket		

Dari keterangan tabel tersebut diketahui tiap-tiap komponen yang terpasang dalam turbin darrieus. Diantaranya untuk hasil per komponen yang sudah disiapkan adalah sebagai berikut :



**Gambar 3. 5 Bilah Turbin Darrieus**



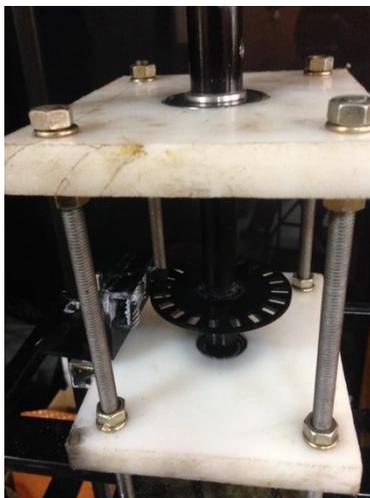
**Gambar 3. 6 Lengan Turbin Darrieus**



**Gambar 3. 6 Poros dan Putaran Turbin Darrieus**



**Gambar 3. 7 Sproket Turbin Darrieus**



**Gambar 3. 8 Kotak Bearing Turbin Darrieus**

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Data

Pada **Gambar 3.4** merupakan desain kerangka yang akan digunakan untuk struktur Turbin Darrieus. Pada analisis data ini membahas tentang dua jenis perhitungan struktur turbin darrieus, yaitu struktur pada kerangka bawah turbin darrieus dan kerangka atas turbin darrieus. Pada pembuatan ini terdapat beberapa perhitungan yang dibutuhkan untuk mendapatkan kerangka yang sesuai standar. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

- a. Menghitung torsi dan gaya yang dibutuhkan dalam Desain rangka bawah dan atas turbin darrieus.
- b. Menghitung nilai standard dari kerangka tersebut.



**Gambar 4. 1 Bahan Kerangka Bawah Stainless Steel**

**Gambar 4.1** adalah Bahan kerangka bawah Stainless Steel yang digunakan sebagai desain rangka bawah. Tujuan dari digunakan bahan tersebut adalah bahan tersebut kuat dan

terhindar dari resiko patah yang tinggi karena memiliki nilai Tensile Strength yang tinggi.

**Gambar 4.2** dibawah ini adalah detail nilai berat dan panjang alat setelah dipasang agar mudah dipahami beserta hasil dari pemasangan bahan menjadi rangka bawah yang kokoh dan aman sesuai standard perhitungan gaya,torsi dan nilai Lebar standar



**Gambar 4. 2** Detil nilai dan ukuran Kerangka Bawah

**Tabel 4. 1 Nilai Berat dan Panjang Rangka Bawah**

NAMA	BERAT(Kg)	Panjang (m)
Motor Servo AC	3	0,052
Turbin	1	0,144
Rangka Bawah	0,6	0,35

Pada **Tabel 4.1** merupakan nilai berat dan panjang rangka bawah yang diukur untuk menghitung nilai torsi dan gaya berdasarkan persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5** dibawah ini.

Perhitungan Gaya kerangka bawah :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F_{kerangka}} &= \mathbf{m \text{ kerangka} \cdot g} \\
 &= \mathbf{0,6 \text{ kg} \times 10} \\
 &= \mathbf{6 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F \text{ Turbin}} &= \mathbf{m \text{ turbin} \cdot g} \\
 &= \mathbf{1 \text{ kg} \times 10} \\
 &= \mathbf{10 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F \text{ Motor}} &= \mathbf{m \text{ Motor} \cdot g} \\
 &= \mathbf{3 \text{ kg} \times 10} \\
 &= \mathbf{30 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 2 Nilai Gaya Rangka Bawah**

Nama	Gaya (N)
Kerangka Bawah	6
Turbin	10

Motor	30
-------	----

Dari hasil Perhitungan Gaya kerangka bawah,selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai torsi kerangka bawah menggunakan persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5.** berikut Perhitungan untuk mencari nilai F2 berdasarkan torsi :

$$\sum \tau = 0$$

$$\begin{aligned} \sum \tau &= -\tau_{Kerangka} - \tau_{Turbin} - \tau_{Motor} + F2 \cdot p_{Kerangka} \\ 0 &= -(F_{Kerangka} \cdot l_{Kerangka}) - (F_{Turbin} \cdot l_{Turbin}) \\ &\quad - (F_{Motor} \cdot l_{Motor}) + F2 \cdot p_{Kerangka} \\ 0 &= -((6) \cdot (0,175)) - ((10) \cdot (0,175)) - ((30) \cdot (0,309)) \\ &\quad + 0,35F2 \\ 0 &= -1,05 - 1,75 - 9,27 + 0,35F2 \\ 0 &= -12,07 + 0,35F2 \\ F2 &= \frac{12,07}{0,35} \\ F2 &= 34,38 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan F2 atau gaya yang diterima F2 Rangka bawah,dihasilkan nilai F2 dari perhitungan tersebut.

**Tabel 4. 3 Nilai Gaya F2 Rangka Bawah**

Jenis Gaya	Gaya (N)
Gaya F2 Rangka Bawah	34,38

Dari hasil perhitungan F2 yang sudah dilakukan. Tahap selanjutnya dalah menghitung F1 atau Gaya F1 Rangka bawah.

Menggunakan persamaan symbol 2.1 hingga 2.5. berikut Perhitungan nilai F1 berdasarkan Gaya :

$$\sum Fy = 0$$

$$\begin{aligned}\sum Fy &= F1 - FKerangka - FTurbin - FMotor + F2 \\ 0 &= F1 - 6 - 10 - 30 + 34,38 \\ 0 &= F1 - 6 - 10 - 30 + 34,38 \\ F1 &= 11,52 N\end{aligned}$$

**Tabel 4. 4 Nilai F1 Rangka Bawah (Gaya)**

Jenis Gaya	Gaya (N)
Gaya F1 Rangka Bawah	11,52 N

Dari hasil perhitungan F1 yang sudah dilakukan. Tahap selanjutnya dalah menghitung F1 atau Gaya F1 Rangka bawah menggunakan Menggunakan persamaan torsi untuk membuktikan nilai F1 sama. Menggunakan persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5.** berikut Perhitungan nilai F1 berdasarkan torsi :

$$\sum \tau = 0$$

$$\begin{aligned}\sum \tau &= \tau_{Kerangka} + \tau_{Turbin} + \tau_{Motor} - F1 \cdot p_{Kerangka} \\ 0 &= (FKerangka \cdot l_{Kerangka}) + (FTurbin \cdot l_{Turbin}) \\ &\quad + (FMotor \cdot l_{Motor}) - F1 \cdot p_{Kerangka} \\ 0 &= ((6) \cdot (0,175)) + ((10) \cdot (0,175)) + ((30) \cdot (0,041)) \\ &\quad - 0,35F1 \\ 0 &= 1,05 + 1,75 + 1,23 - 0,35F1 \\ 0 &= 4,03 - 0,35F1\end{aligned}$$

$$F1 = \frac{4,03}{0,35}$$

$$F1 = 11,51 \text{ N}$$

**Tabel 4. 5 Nilai F1 Rangka Bawah (Torsi)**

Jenis Gaya	Gaya (N)
Gaya F1	11,51 N

**Tabel 4. 6 Hasil keseluruhan Gaya Kerangka Bawah**

Jenis Gaya	Gaya (N)
Gaya F1	11,51
Gaya F2 (F Maksimum)	34,38

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai F1 Berdasarkan perhitungan torsi dan gaya bernilai sama yaitu 11,5N dan nilai F2 adalah 34,38N. Maka Nilai F2 disebut sebagai nilai F Maksimum atau nilai Gaya Maksimum pada kerangka Bawah.

Untuk selanjutnya menghitung nilai Lebar Standard dari kerangka bawah sebagai berikut :

$$\frac{\sigma_{Tarik}}{2} \geq \frac{F_{maks}}{A}$$

$$\frac{480 \cdot 10^6}{2} \geq \frac{34,48}{0,015 \cdot l}$$

$$\frac{240 \cdot 10^6}{1} \geq \frac{2298,6}{l}$$

$$l \geq \frac{2298,6}{240 \cdot 10^6}$$

$$l_{\text{standard}} \geq 9,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Untuk nilai  $l$  desain kerangka bawah

$$l_{\text{desain}} = 1,5 \text{ cm} = 1,05 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$l_{\text{desain}} > l_{\text{standard}}$

$$1,05 \cdot 10^{-2} > 9,57 \cdot 10^{-6}$$

**Tabel 4. 7 Hasil Perbandingan Lebar standard dan Desain**

Jenis lebar Struktur Rangka Bawah	Lebar (m)
Lebar Standard	$9,57 \cdot 10^{-6}$
Lebar Desain	$1,05 \cdot 10^{-2}$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai lebar standard dari stainless steel kerangka bawah yang digunakan dalam turbin darrieus adalah  $9,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ . Dari acuan perhitungan tersebut maka stainless steel yang di desain memenuhi standard perhitungan mencegah terjadinya kerangka yang patah atau bengkok (Aman) yaitu dengan nilai yang lebih besar dari standard bernilai  $1,05 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ .



**Gambar 4. 3 Bahan Kerangka Bawah As Drat Besi**

**Gambar 4.3** adalah Bahan kerangka atas Besi Asdrat yang digunakan sebagai desain rangka atas. Menggunakan as drat karena dibutuhkan bahan yang kuat dan selain itu juga bisa dilepas sehingga memudahkan untuk dirangkai kembali pada kerangka atas turbin Darrieus.

**Gambar 4.4** dibawah ini adalah detail nilai berat dan panjang alat setelah dipasang agar mudah dipahami beserta hasil dari pemasangan bahan menjadi rangka atas yang kokoh dan aman sesuai standard perhitungan gaya,torsi dan nilai Lebar standard.



**Gambar 4. 4** Detil nilai dan ukuran Kerangka Bawah

Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai dari Kerangka atas agar Kerangka atas Aman terkena gaya putar dari angin (poros). Menggunakan persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5** dapat ditentukan nilai Luasan As drat (Besi) yang sesuai dengan standard perhitungan minimal agar kontruksi turbin rangka atas aman.

**Tabel 4. 8 Nilai berat dan panjang Kerangka Atas**

Nama	Berat (kg)	Panjang (m)
Putaran (Poros Turbin)	0,3	0,05
Gear/Sprocket	0,25	0,01
Bearing 1	0,125	0,015
Bearing 2	0,125	0,015
Kerangka	0,2	0,3

Pada **Tabel 4.8** merupakan nilai berat dan panjang rangka bawah yang diukur untuk menghitung nilai torsi dan gaya berdasarkan persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5**. Dari data tersebut kita dapat menghitung Nilai F2 berdasarkan torsi :

$$\sum \tau = 0$$

$$\begin{aligned} \sum \tau &= -\tau_{Kerangka} - \tau_{Putaran} - \tau_{Bearing1} - \tau_{Bearing2} \\ &\quad - \tau_{Gear} + F2 \cdot p_{Kerangka\ Atas} \\ 0 &= -(F_{Kerangka} \cdot l_{Kerangka}) - (F_{Putaran} \cdot l_{Putaran}) \\ &\quad - (F_{Bearing1} \cdot l_{Bearing1}) \\ &\quad - (F_{Bearing2} \cdot l_{Bearing2}) - (F_{Gear} \cdot l_{Gear}) \\ &\quad + F2 \cdot p_{KerangkaAtas} \end{aligned}$$

$$0 = -((0,2) \cdot (0,15)) - ((3) \cdot (0,037)) - ((1,25) \cdot (0,127)) \\ - ((1,25) \cdot (0,247)) - ((2,5) \cdot (0,299)) + 0,3F2$$

$$0 = -0,03 - 0,111 - 0,158 - 0,3 - 0,747 + 0,30F2$$

$$0 = -1,346 + 0,3F2$$

$$F2 = \frac{1,346}{0,30}$$

$$F2 = 4,48 \text{ N}$$

**Tabel 4. 9 Nilai F2 Rangka Atas**

Jenis Gaya	Gaya (N)
F2 Rangka atas	4,48

Dari hasil yang didapat **Tabel 4.9** didapat nilai F2 Rangka atas berdasarkan rumus persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5**. untuk selanjutnya adalah perhitungan nilai F1 berdasarkan Gaya :

$$\sum Fy = 0$$

$$\sum Fy = F1 - FKerangka - FPutaran - FBearing1 \\ - FBearing2 - FGear + F2$$

$$0 = F1 - 0,2 - 3 - 1,25 - 1,25 - 2,5 + 4,48$$

$$0 = F1 - 3,74$$

$$F1 = 3,72 \text{ N}$$

**Tabel 4. 10 Nilai F1 Rangka Atas (Gaya)**

Jenis Gaya	Gaya (N)
F1	3,72 N

Dari hasil yang didapat **Tabel 4.10** didapat nilai F1 Rangka atas berdasarkan rumus persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5**. untuk selanjutnya adalah perhitungan nilai F1 Berdasarkan Torsi :

$$\sum \tau = 0$$

$$\begin{aligned}
\sum \tau &= \tau_{Kerangka} + \tau_{Gear} + \tau_{Bearing2} + \tau_{Bearing1} \\
&\quad + \tau_{Putaran} - F1 \cdot p_{Kerangka\ Atas} \\
0 &= (FKerangka \cdot lKerangka) + (FGear \cdot lGear) \\
&\quad + (FBearing2 \cdot lBearing2) \\
&\quad + (FBearing1 \cdot lBearing1) \\
&\quad + (FPutaran \cdot lPutaran) - (F1 \cdot pKerangka) \\
0 &= ((0,2) \cdot (0,15)) + ((2,5) \cdot (0,005)) + ((1,25) \cdot (0,0575)) \\
&\quad + ((1,25) \cdot (0,177)) + ((3) \cdot (0,2625)) - 0,30F1 \\
0 &= 0,03 + 0,0125 + 0,0718 + 0,2212 + 0,787 - 0,30F1 \\
0 &= 1,121 - 0,30F1 \\
F1 &= \frac{1,121}{0,30} \\
F1 &= 3,73 \text{ N}
\end{aligned}$$

**Tabel 4. 11 Nilai F1 dan F2 Rangka atas**

Jenis Gaya	Gaya (N)
<b>F1</b>	<b>3,73</b>
<b>F2 (F Maksimum)</b>	<b>4,48</b>

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai F1 Berdasarkan perhitungan torsi dan gaya bernilai sama yaitu 3,7 N dan nilai F2 adalah 4,48 N. Maka Nilai F2 disebut sebagai nilai F Maksimum atau nilai Gaya Maksimum pada kerangka atas. Untuk selanjutnya menghitung nilai Luas As drat Standard dari kerangka atas sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\frac{\sigma_{Tarik}}{2} &\geq \frac{F_{maks}}{A} \\
\frac{410 \cdot 10^6}{2} &\geq \frac{4,46}{A} \\
\frac{205 \cdot 10^6}{1} &\geq \frac{4,46}{A} \\
A &\geq \frac{4,46}{205 \cdot 10^6} \\
A_{standard} &\geq 0,021 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Untuk nilai desain Luas lingkaran Kerangka Atas

$$\text{jari-jari } (r) = 0,55 \text{ cm} = 0,55 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Maka Luas Lingkaran } A = \pi r^2 =$$

$$(0,55 \cdot 10^{-2})(0,55 \cdot 10^{-2})(3,14) = 1,7 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{desain}} > A_{\text{standard}}$$

$$1,7 \text{ m}^2 > 0,021 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

**Tabel 4. 12 Perbandingan A Standard dan A Desain**

Jenis Luas Penampang (A)	Luas ( $m^2$ )
A Standard	$0,021 \cdot 10^{-6}$
A Desain	1,7

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai luas as drat standard dari stainless besi kerangka atas yang digunakan dalam turbin darrieus adalah  $0,021 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ . Dari acuan perhitungan tersebut maka besi as drat yang di desain memenuhi standard perhitungan mencegah terjadinya kerangka yang patah atau bengkok (Aman) yaitu dengan nilai yang lebih besar dari standard bernilai  $1,7 \text{ m}^2$

#### 4.2 Implementasi Alat

Tahap selanjutnya setelah desain,perhitungan,penentuan standard dan pemilihan ukuran kerangka,maka tahap selanjutnya adalah menggabungkan setiap komponen-komponen dari alat tersebut hingga menjadi turbin darrieus yang memenuhi spesifikasi standard agar struktur turbin kuat,tidak patah atau bengkok. Hal ini diperlukan agar ketika turbin darrieus setelah diterpa angin secepat apapun,struktur turbin darrieus tetap aman dan dalam kondisi diam tidak terpengaruh oleh angin. Selain itu juga turbin darrieus yang aman serta kondisi tidak goyang ataupun bengkok tersebut dapat menjadi *safety* ketika pengambilan data dengan kecepatan yang tinggi,kerangka struktur turbin darrieus telah menggunakan ukuran melebihi standard yang

cukup tinggi, oleh sebab itu mengapa tinggi dikarenakan antisipasi dan *safety* ketika turbin berputar dengan kecepatan tinggi.

Berikut hasil dari Implementasi Alat sesuai dengan desain dan perhitungan sebelumnya :



**Gambar 4. 5 Turbin Darrieus tampak depan**



**Gambar 4. 6 Turbin Darrieus tampak samping**

### 4.3 Pengujian Alat

Setelah melakukan implementasi alat, tahap selanjutnya adalah pengujian alat. Dalam pengujian alat ini digunakan blower sebagai pengganti kecepatan angin. Diperoleh data sebagai berikut

**Tabel 4. 13 Data Pengujian Turbin Darrieus**

Speed (m/s)	RPM (r/min)
4,93	13,6
6,13	20,0
6,9	27,2

Data yang didapatkan dari alat ukur anemometer, dan tachometer dibawah ini :



**Gambar 4.7 Data Speed Blower 1**



**Gambar 4.8 Data Speed Blower 2**



**Gambar 4.9 Data Speed Blower 3**



**Gambar 4.10 Data RPM 1 yang dihasilkan**



**Gambar 4.11 Data RPM 2 yang dihasilkan**



**Gambar 4.12 Data RPM 3 yang dihasilkan**

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur turbin darrieus penelitian kami setelah diuji, nilainya adalah kondisi Aman terhadap kecepatan angin 6,9 m/s. kondisi aman ini adalah struktur turbin darrieus tidak goyang, bengkok ataupun patah. Langkah selanjutnya untuk menguji adalah menggunakan rumus Tensile strength terhadap nilai Desain yang sudah didapatkan dengan rumus persamaan **simbol 2.1 hingga 2.5**, maka akan dapat kita ketahui  $F$  maksimum yang ditahan oleh Struktur turbin Darrieus. Nilainya sebagai berikut :

$$\frac{\sigma_{Tarik}}{2} \geq \frac{F_{maks}}{p.l}$$

$$\frac{480.10^6}{2} \geq \frac{F_{maks}}{0,015.0,015}$$

$$\frac{240.10^6}{1} \geq \frac{F_{maks}}{0,00025}$$

$$F_{maks} \geq 54000 \text{ N}$$

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai gaya yang mampu ditahan oleh struktur kerangka bawah turbin darrieus adalah 54000N

Untuk selanjutnya adalah menghitung Gaya maksimum yang dapat ditahan oleh struktur turbin Darrieus. Nilainya sebagai berikut :

$$\frac{\sigma_{Tarik}}{2} \geq \frac{F_{maks}}{A}$$

$$\frac{410 \cdot 10^6}{2} \geq \frac{F_{maks}}{1,7}$$

$$\frac{205 \cdot 10^6}{1} \geq \frac{F_{maks}}{1,7}$$

$$F_{maks} \geq 349 \cdot 10^6 \text{ N}$$

**Tabel 4. 14 Gaya Maksimum Struktur Turbin Darrieus**

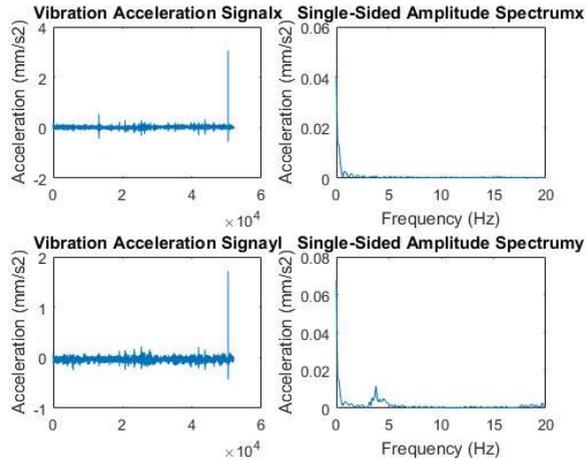
Gaya Maksimum	Nilai Gaya (N)
<b>Gaya Maksimum Rangka Atas</b>	349.10 <sup>6</sup>
<b>Gaya Maksimum Rangka Bawah</b>	54000

Selanjutnya adalah pengujian alat menggunakan alat ukur Accelerometer. Dengan nilai kecepatan angin yang sama dengan data sebelumnya, didapat nilai *Vibraton Acceleration* atau getaran pada struktur turbin darrieus tersebut yang dibagi menjadi 3 kecepatan angin yang berbeda sebagai berikut:

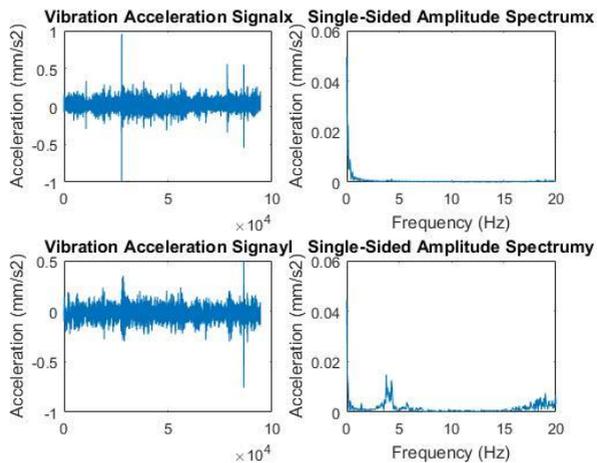
**Tabel 4.15 Data Kecepatan angin**

Speed (m/s)
4,93
6,13
6,9

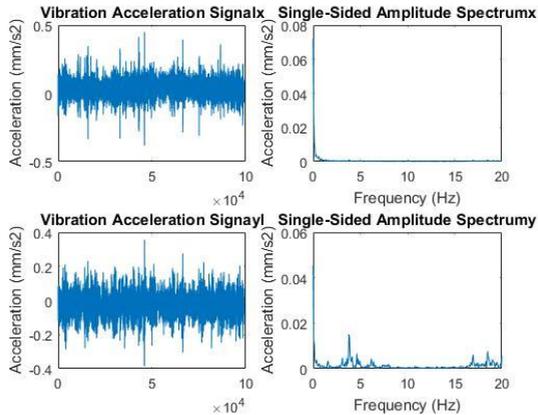
Dari data ketiga kecepatan angin tersebut didapatkan nilai *Vibration Acceleration* atau nilai getaran sebagai berikut :



**Gambar 4.13 Data Vibration Acceleration angin 4.93 m/s**

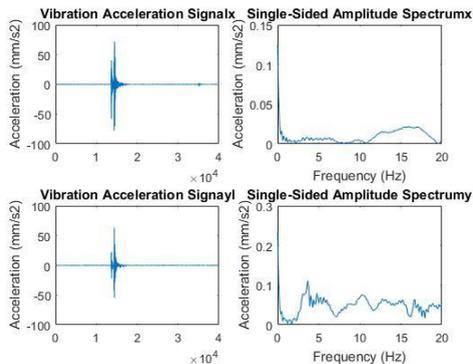


**Gambar 4.14 Data Vibration Acceleration angin 6,13 m/s**



**Gambar 4.15 Data Vibration Acceleration angin 6.9 m/s**

Dari data tersebut diketahui nilai rata-rata dari *Vibration Acceleration* atau nilai getaran yang dihasilkan dari struktur turbin darrieus adalah berkisar 0-1 mm/s<sup>2</sup>. atau bisa disimpulkan bahwa nilai getaran dari struktur turbin darrieus ketika terkena angin hingga 6,9 m/s bernilai kecil atau struktur turbin darrieus tersebut kokoh minim terjadi kegoyangan struktur. Berikut ini adalah data yang didapatkan ketika struktur diberi beban Batu seberat 2 Kg :



**Gambar 4.16 Data Vibration Acceleration beban 2 Kg**

Dari data uji beban 2Kg terhadap struktur turbin darrieus didapatkan nilai Vibartion Acceleration atau nilai getaran dari struktur dengan rata-rata bernilai 0-50 mm/s<sup>2</sup>. Berikut ini adalah proses pengambilan data getaran struktur menggunakan alat accelerometer :



**Gambar 4.17 Pemasangan Accelerometer pada struktur**



**Gambar 4.18 pengambilan data Getaran Strktur**

#### 4.4 Pembahasan

Pada awalnya Turbin Darrieus ini dibuat melalui beberapa tahapan, yaitu yang pertama adalah memahami studi literatur dari jurnal, selanjutnya sesuai Block Flow Diagram dan flowchart yang telah dibuat. Berikutnya adalah proses pemilihan bahan, proses pemilihan bahan dan komponen yang digunakan dalam turbin darrieus ini diantaranya ada besi, stainless steel, aluminium, dan komponen kecil lainnya berasal dari plastik dan akrilik. Adapun komponen yang dibuat adalah diantaranya bilah turbin, lengan turbin, poros turbin, kotak bearing turbin, kerangka atas turbin, kerangka bawah turbin, generator, sproket, termasuk juga lem perekat komponen tersebut. Pemilihan bahan tersebut berfungsi untuk tingkat keringanan struktur dan juga kekuatan struktur. Pemilihan komponen sesuai apa yang diperlukan oleh turbin darrieus berdasarkan jurnal. Setelah pemilihan bahan dan komponen struktur turbin darrieus yaitu desain dari per bagian komponen atau setelah di assembly atau digabung dari beberapa komponen menjadi suatu sistem atau alat yaitu turbin darrieus miniplant PLTB. Untuk langkah berikutnya yaitu pengukuran ukuran komponen turbin dan berat turbin yang akan digunakan untuk perhitungan nilai standard dari kerangka atas dan bawah, melalui rumus gaya berat, torsi, dan perhitungan standard tegangan geser, diperoleh nilai standard kerangka agar tidak patah atau bengkok, lebih pastinya agar struktur kokoh tidak goyang, patah, dan bengkok apabila diterpa angin.

Setelah itu adalah proses implementasi alat, yaitu proses merangkai tiap komponen alat dengan cara di las, disolder, di lem, dan beberapa tahap lainnya dalam pembentukan struktur turbin darrieus. Setelah implementasi alat jadi, maka proses berikutnya adalah pengujian alat. Pengujian alat ini adalah untuk menentukan bagaimana hasil dari capaian bilah yang tertabrak angin dan membuat turbin darrieus berputar. Hasil tersebut diantaranya nilai RPM yang dihasilkan turbin ketika diterpa angin, getaran struktur turbin darrieus, gaya yang diakibatkan struktur turbin darrieus, dan gaya maksimal yang mampu ditahan oleh struktur turbin darrieus.

Besarnya nilai tegangan maupun arus dari turbin darrieus dapat dipengaruhi oleh nilai kecepatan angin, jenis bilah yang digunakan beserta ukurannya, motor servo yang kita gunakan juga dapat berpengaruh besarnya nilai tegangan, karena jenis motor servo yang dipakai ada nilai torsi maupun tegangan yang keluar dari setiap putaran turbin. Nilai kecepatan angin dapat mempengaruhi tingkat RPM putaran poros turbin, sehingga semakin cepat angin yang menyapu tubuh turbin darrieus, semakin cepat pula putaran poros turbin yang diterimanya. Jenis bilah dan ukuran dapat mempengaruhi poros turbin apabila tersapu oleh angin. Kesesuaian ukuran struktur dan bilah serta ringan ukuran bilah dapat mempengaruhi turbin darrieus dalam berputar. Bila ukuran struktur besar maka seharusnya bilah juga disesuaikan ukurannya sehingga dapat menghasilkan tegangan output dari motor servo yang besar berdasarkan putaran RPM poros turbin tersebut.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari rancang bangun sistem mekanik pada struktur miniplant PLTB diperoleh data-data sebagai berikut :

Dari beberapa percobaan atau pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perbandingan rasio 1:2 dipilih untuk meingkatkan kecepatan motor sebagai peningkatan tegangan, arus, dan daya. Kekuatan patahan dalam pemilihan bahan telah sesuai dengan standar yang ditentukan yaitu *luas as drat*  $0,021 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$  dan *lebar besi*  $9,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

#### **5.2 Saran**

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini dari awal sampai akhir, adapun saran yang diperlukan untuk keberlangsungan Tugas Akhir ini apabila ada orang lain yang ingin mengembangkan Tugas Akhir ini di kemudian hari:

1. Perlu ditetapkannya *timeline* dari awal pengerjaan sampai akhir dan kesepakatan dari masing-masing anggota kelompok mengenai *timeline* tersebut sehingga pengerjaan simulasi alat penukar panas bisa berjalan sesuai dengan *timeline*.
2. Perencanaan dan perancangan yang lebih matang dengan mengacu pada referensi – referensi nasional maupun internasional

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2005.
- [2] Mazharul Islam, David S.-K.Ting, Amir Fartaj. (2007), Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [3] DAVID A. SPERA, PH.D.(1998) *Wind Turbine Technology*. ASME PRESS.
- [4] Ahsin Sakho Muhammad, *Ensiklopedi Kemukjizatan dalam Al-Qur'an dan Sunnah*(Jakarta:PT. Kharisma Ilmu,2009),h. 56
- [5] Lajnah Pentasihan,*Tematik: Pelestarian Lingkungan Hidup*,2009,h.157
- [6] Samir Abdul Halim dkk,*Ensiklopedia Sanis Islami Geografi* (Tangerang: PT. Kamil Pustaka, 2015), h.132-133
- [7] Tumiar Katarina Manik, *Klimatologi Dasar Unsur Iklim dan Proses Pembentukan Iklim*(Yogyakarta: Graha Ilmu,2014),h. 87

LAMPIRAN  
DATA SHEET TENSILE STRENGTH STANDARD

		$\sigma_y$ (MPa)	$\sigma_{ts}$ (MPa)	
<b>Metals</b>	Ferrous	Cast Irons	215 - 790	350 - 1000
		High Carbon Steels	400 - 1155	550 - 1640
		Medium Carbon Steels	305 - 900	410 - 1200
		Low Carbon Steels	250 - 395	345 - 580
		Low Alloy Steels	400 - 1100	460 - 1200
		Stainless Steels	170 - 1000	480 - 2240
	Non-ferrous	Aluminium Alloys	30 - 500	58 - 550
		Copper Alloys	30 - 500	100 - 550
		Lead Alloys	8 - 14	12 - 20
		Magnesium Alloys	70 - 400	185 - 475
		Nickel Alloys	70 - 1100	345 - 1200
		Titanium Alloys	250 - 1245	300 - 1625
		Zinc Alloys	80 - 450	135 - 520
		<b>Ceramics</b>	Glasses	Borosilicate Glass (*)
Glass Ceramic (*)	750 - 2129			62 - 177
Silica Glass (*)	1100 - 1600			45 - 155
Soda-Lime Glass (*)	360 - 420			31 - 35
Porous	Brick (*)		50 - 140	7 - 14
	Concrete, typical (*)		32 - 60	2 - 6
	Stone (*)		34 - 248	5 - 17
Technical	Alumina (*)		690 - 5500	350 - 665
	Aluminium Nitride (*)		1970 - 2700	197 - 270
	Boron Carbide (*)		2583 - 5687	350 - 560
	Silicon (*)		3200 - 3460	160 - 180
	Silicon Carbide (*)		1000 - 5250	370 - 680
	Silicon Nitride (*)		524 - 5500	690 - 800
	Tungsten Carbide (*)		3347 - 6833	370 - 550
<b>Composites</b>	Metal Polymer	Aluminium/Silicon Carbide	280 - 324	290 - 365
		CFRP	550 - 1050	550 - 1050
		GFRP	110 - 192	138 - 241
<b>Natural</b>	Bamboo	35 - 44	36 - 45	
	Cork	0.3 - 1.5	0.5 - 2.5	
	Leather	5 - 10	20 - 26	
	Wood, typical (Longitudinal)	30 - 70	60 - 100	
	Wood, typical (Transverse)	2 - 6	4 - 9	

(Data courtesy of Granta Design Ltd)

# DATA SERVO MOTOR



## KODINGAN ACCELEROMETER

```
close all
clear
clc
x=load('POgy2.lvm');
y=x(:,2);
z=x(:,3)

Fs = 8000; % Sampling
frequency
T = 1/Fs; % Sample time
L = length(y); % Length of signal

NFFT = 2^nextpow2(L);
Y = fft(y,NFFT)/L;
Z = fft(z,NFFT)/L;
f = Fs/2*linspace(0,1,NFFT/2+1);
% Plot single-sided amplitude spectrum.
subplot(2,2,1)
plot(y)
title('Vibration Acceleration Signalx')
ylabel('Acceleration (mm/s2)')
subplot(2,2,2)
plot(f,2*abs(Y(1:NFFT/2+1)))
title('Single-Sided Amplitude Spectrumx')
xlabel('Frequency (Hz)')
ylabel('Acceleration (mm/s2)')
xlim([0 20])
subplot(2,2,3)
plot(z)
title('Vibration Acceleration Signayl')
ylabel('Acceleration (mm/s2)')
subplot(2,2,4)
plot(f,2*abs(Z(1:NFFT/2+1)))
title('Single-Sided Amplitude Spectrumy')
xlabel('Frequency (Hz)')
ylabel('Acceleration (mm/s2)')
xlim([0 20])
```

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 03 Februari 1997 dari ayah yang bernama Sumarno (Alm) dan Ibu bernama Erny Mardiana. Penulis merupakan anak Kedua dari tiga bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Asemrowo 3/1 Kecamatan Asemrowo, Kota Surabaya.. Pada tahun 2009, penulis menyelesaikan

pendidikannya di SDN Tembok Dukuh Surabaya. Kemudian pada tahun 2012, telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 2 Surabaya. Tahun 2015 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 6 Surabaya dan melanjutkan studi di Departemen Teknik Instrumentasi FV-ITS. Pada bulan Juli 2018 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Rancang Bangun Sistem Mekanik pada Struktur Miniplant PLTB**”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email : [ilhamermail@gmail.com](mailto:ilhamermail@gmail.com).