TUGAS AKHIR

PERANCANGAN BATANG PENGGERAK PADA KINCIR ANGIN MB 12-7 SUMBU HORIZONTAL

DISUSUN OLEH :

NAMA : DEDE IMAN GUSTAMAN

NIM : 41305110041

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSTAS MERCUBUANA

JAKARTA

2009

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN BATANG PENGGERAK PADA KINCIR ANGIN MB 12-7 SUMBU HORIZONTAL

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Meraih Gelar Sarjana Strata Satu (S-1)

Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri

Universitas Mercu Buana

DISUSUN OLEH :

NAMA : DEDE IMAN GUSTAMAN

NIM : 41305110041

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSTAS MERCUBUANA

JAKARTA

2009

LEMBAR PERNYATAAN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama	: Dede Iman Gustaman
NIM	: 41305110041
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa Tugas Akhir yang saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan salinan atau duplikat dari karya orang lain, kecuali kutipan-kutipan referensi atau bagian-bagian yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Agustus 2009

(Dede Iman Gustaman)

LEMBAR PENGESAHAN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA

Nama : Dede Iman Gustaman

NIM : 41305110041

Judul Skripsi : Proses Perancangan Bantang Penggerak Kincir Angin MB. 12-7 ,Sumbu Horizontal

SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI

JAKARTA, AGUSTUS 2009

Ir. Yuriadi Kusuma. M.Sc.

Pembimbing

Nanang Ruhyat ST. MT

Koord. Tugas Akhir Teknik Mesin

Dr. Ir. Abdul Hamid M.Eng

Kaprodi Teknik Mesin

ABSTRAK

Energi fosil merupakan penyuplai energi terbesar untuk pembangkit listrik yang ada di Indonesia. Padahal, cadangan sumber energi fosil sangat terbatas. Sehingga diperlukan sumber energi lain yang dapat dijadikan sebagai energi alternatif pengganti energi fosil. Salah satu contoh adalah energi angin. Angin merupakan pergerakan udara yang diakibatkan perbedaan tekanan di bumi. Perbedaan tekanan tersebut terjadi karena adanya perbedaan temperatur di bumi. Pergerakan udara mengandung sejumlah energi yang bisa dimanfaatkan. Oleh karena itu diperlukan teknologi untuk memanfaatkan energi tersebut.

Salah satu contoh teknologi pemanfaatan angin adalah Horizontal Axis Windmill (HAW) atau lebih dikenal dengan sebutan Kincir Angin. Dalam tugas akhir ini, kincir angin yang dirancang untuk pemompaan air, memiliki diameter sebesar 5 m dengan menggunakan 12 sudu, dimana kecepatan angin rata-rata sebesar 2 m/s dan daya keluaran kincir yang dihasilkan sebesar 255,19 Watt dengan total gaya yang bekerja pada batang sebesar 452,4 N. Berdasarkan hasil perhitungan rancangan maka luas penampang batang penggerak dihasilkan sebesar 77,09 mm^2 dengan panjang batang 600 mm.

Dengan bahan batang yang digunakan besi carbon S30C maka batang cukup aman untuk menahan beban dan gaya seperti tersebut diatas.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Karena itu, kritik dan saran akan senantiasa penulis terima dengan senang hati.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari pula bahwa laporan tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kepada Orang tua dan semua keluarga saya yang tercinta atas segala limpahan kasih sayang dan kepercayaan serta dukungan berupa moril maupun materil dan do'a yang tulus yang tiada hentinya.
2. Bapak Ir Yuriadi Kusuma. M.Sc, selaku pembimbing Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Ir. Abdul Hamid M.Eng selaku Kaprodi Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Nanang Ruhyat ST. MT, selaku pembimbing dan koordinator Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Kekasihku Tati, yang selalu memberi support dan semangat dalam menyelsaikan tugas akhir ini.
6. Teman seperjuanganku Aris Kurniawan yang sudah banyak membantu dari waktu pendaftaran sampai tugas akhir.
7. Bapak Tomi Wijaya ST, yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kawan-kawan Divisi Marketing PT. Arista Pratama Jaya yang sudah banyak membantu dalam berbagai hal.

9. Kawan-kawan Angkatan 7 PKK Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dukungan untuk terus meyelesaikan tugas akhir ini.
10. Dan semua pihak yang turut membantu secara langsung dan tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu tanpa mengurangi besar rasa terima kasih dan hormat saya.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan selalu mencurahkan hidayah serta taufikNya, Amin.

Jakarta, Agustus 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pernyataan ..... **I**

Lembar Pengesahan ..... **II**

Abstrak ..... **III**

Kata Pengantar ..... **IV**

Daftar Isi ..... **VI**

Daftar Gambar ..... **IX**

Daftar Simbol dan Satuan ..... **X**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan 2

1.3 Metode Pembahasan 2

1.4 Batasan Masalah 3

1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Energi Angin 5

2.1.1 Daya Energi Angin 6

2.1.2 Kincir / Turbin Angin 7

2.1.3 Jenis-jenis Angin 9

2.1.4 Pemilihan Tempat 15

2.2. Pandangan Umum Mengenai Pompa Air 16

2.2.1 Pemamfaatan Energi Angin untuk Pemompaan 17

BAB III METODOLOGI DAN DATA PERANCANGAN

3.1 Prinsip Kerja 19

3.2 Dasar Teori Perancangan Batang Penggerk 21

3.2.1 Pendekatan Umum 21

3.2.2 Macam-macam Desain Batang 21

3.2.3 Tegangan dan Regangan pada Batang 24

3.2.4 Sifat-sifat Bahan 27

3.3 Prosedur Perancangan 29

BAB IV PERANCANGAN DAN PERHITUNGAN

4.1 Data dan Analisa Kecepatan Angin 30

4.2 Perancangan dan Perhitungan Beban pada Batang 32

4.2.1 Energi Kinetik 32

4.2.1.1 Torsi 33

4.2.1.2 Kecepatan Sudut 33

4.2.1.3 Kecepatan 34

4.2.2 Beban Pompa 34

4.2.2.1 Beban Rumah Pompa 34

4.2.2.2 Pipa Bagian Penyalur Tekan dan Bagian Penghisap 35

4.2.2.3 Pelat Penghubung Liner Pompa dan pipa Penyalur 36

4.2.2.4 Piston dan Batang Pompa 37

4.2.3 Beban Air 39

4.3 Gaya dan Tegangan pada Batang yang Terjadi 40

4.3.1 Gaya pada Batang Berdasarkan Energi Rotasi 41

4.3.2 Gaya pada Batang Berdasarkan Beban Pompa 42

4.3.3 Gaya pada Batang Berdasarkan Beban Air 43

4.4 Luas Penampang Batang Penggerak 46

4.5 Tegangan Aktual Batang 47

BAB V PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematic kincir angin MB 12-7 8

Gambar 2.2 Macam-macam kincir angin poros datar 11

Gambar 2.3 Macam-macam kincir angin poros tegak..... 12

Gambar 2.4 Diagram skematik pompa air tenaga mekanik..... 18

Gambar 3.1 Prinsip tegangan 23

Gambar 3.2 Kurva tegangan regangan untuk baja karbon medium 26

Gambar 3.3 Kurva tegangan regangan untuk baja campuran 26

Gambar 3.4 Kurva tegangan regangan untuk baja karbon tinggi..... 26

Gambar 3.5 Kurva tegangan regangan untuk besi kasar 26

Gambar 3.6 Kurva tegangan regangan untuk karet..... 26

Gambar 4.1 Arah gaya berdasarkan beban rotasi..... 41

Gambar 4.2 Arah gaya berdasarkan beban pompa..... 42

Gambar 4.1 Arah gaya berdasarkan beban air 44

DAFTAR SIMBOL DAN SATUAN

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas	mm^2
A	Area penangkapan angin	m^2
A_r	Luas sapuan rotor	m^2
EK	Energi kinetik	Joule
F	Gaya	N
g	Percepatan gravitasi	mm/det
sf	Faktor keamanan	
I	Momen inersia	N.m
L	Panjang	mm
m	Massa	kg
M	Momen	N.mm
η	Efisiensi daya kincir angin	%
P	Daya kicir	Watt
ρ	Masa jenis	N/mm^2
r	Jari-jari	mm
t	Tebal pipa	mm
V	Kecepatan angin	m/det
v	Volume pipa	m/det
ε	Regangan normal	mm
Δl	Pertambahan panjang	mm

σ_a	Tegangan tarik	N/mm²
π	Putaran	rpm
α	Sudut	^{o}
ω	Kecepatan Sudut	rad/min

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umunya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaanya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi (*depletion* : kehabisan, menipis).

Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti diberbagai Negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin

Salah satu contoh pemanfaatan energi angin adalah pembuatan kincir angin, dimana kincir angin tersebut digunakan sebagai alat untuk mengalihkan dan membendung air, tapi di Indonesia kincir angin banyak dipergunakan sebagai salah satu sarana pembantu dalam bidang pertanian dan industri, contohnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau

pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain.

Dengan latar belakang inilah penyusun dan teman-teman satu angkatan yaitu angkatan 7 merancang dan membuat kincir angin, dimana dalam perancangan ini dikembangkan model kincir angin tipe poros horisontal dengan melakukan penyederhanaan-penyederhanaan dari model yang kompleks. Kincir angin ini dilihat dari konstruksinya sederhana tapi penggunaannya sangat bermanfaat.

1.2 Maksud Tujuan Penulisan

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Membantu masyarakat dalam memberikaan alternatif pemanfaatan kincir angin. Yaitu untuk pemompaan air tanah.
2. Merancang batang penggerak kincir angin sumbu horizontal yang sesuai dengan fungsi dan kekuatannya.

1.3 Metode Pembahasan

Metode pembahasan yang digunakan oleh penulis dalam penulisan akhir adalah :

1. Metode Pustaka

Metode ini membantu dalam hal pengenalan awal tentang komponen yang digunakan dalam Proses Pembuatan Kincir Angin dan teori – teori tentang cara kerja serta perhitungan dari komponen tersebut. Dengan membaca buku – buku tentang Kincir Angin, Elemen mesin, dan ilmu material serta buku

pendukung lainnya yang akan sangat membantu dalam pemahaman tentang Proses Pembuatan Kincir Angin dan permasalahannya serta solusi pemecahan masalah yang dihadapi khususnya dalam hal perhitungannya.

2. Metode Observasi

Metode ini dilakukan dengan menghitung faktor – faktor yang menjadi sumber utama proses pembuatan dan hal – hal yang mempengaruhinya. Hal ini penting dilakukan untuk mendapatkan data – data yang nantinya akan dimasukan dalam perhitungan proses pembuatan kincir angin.

3. Dan pencarian informasi yang berkaitan dengan permasalahan melalui internet.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan pada proses pembuatan kincir angin. Proses pembuatan kincir angin ini, penulis hanya memfokuskan pada perancangan batang penggerak, seperti perhitungan kekuatan material, perhitungan tegangan yang terjadi pada material tersebut dan jenis material yang digunakan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa bab dengan urutan sebagai berikut :

BAB I **Pendahuluan**

Pada bagian pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang penulisan, metode penulisan , pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II **Landasan Teori**

Menjelaskan tentang teori – teori yang berkaitan dengan proses pembuatan kincir angin .

BAB III **Metodologi dan Data Perancangan**

Menjelaskan prinsip kerja kincir angin dan dasar perancangan batang penggerak.

BAB IV **Perancangan dan Perhitungan**

Menjelaskan tentang uraian langkah - langkah perhitungan batang penggerak dalam proses pembuatan kincir angin, untuk selanjutnya diperoleh hasil perhitungan yang tepat sebagai dasar perancangan batang penggerak yang kuat dan aman.

BAB V **Penutup**

Pada bagian penutup ini dijelaskan tentang kesimpulan dan saran yang disampaikan penulis mengenai hal-hal yang berkenaan dengan hasil perhitungan batang penggerak dalam proses pembuatan kincir angin.

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Energi Angin

Energi angin merupakan salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel dan telah lama dikenal dan dimanfaatkan oleh manusia misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain.

Seperti yang telah diketahui angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfir yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA).

2.1.1 Daya Energi Angin

Energi yang dimiliki oleh angin dapat didapat dari persamaan ;

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

Dimana :

W = Energi angin (Watt)

ρ = Kerpatan udara (kg/m³)

A = Area penangkapan angin (m²)

V = Kecepatan angin (m/s)

Persamaan di atas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana dianggap energi angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik. Namun kenyataannya tidak seperti itu, karena terdapat faktor efisiensi dari makanik turbin angin dan efisensi dari generator sendiri. Sehingga daya yang dapat diekstrak menjadi energi angin dapat diketahui dari persamaan berikut

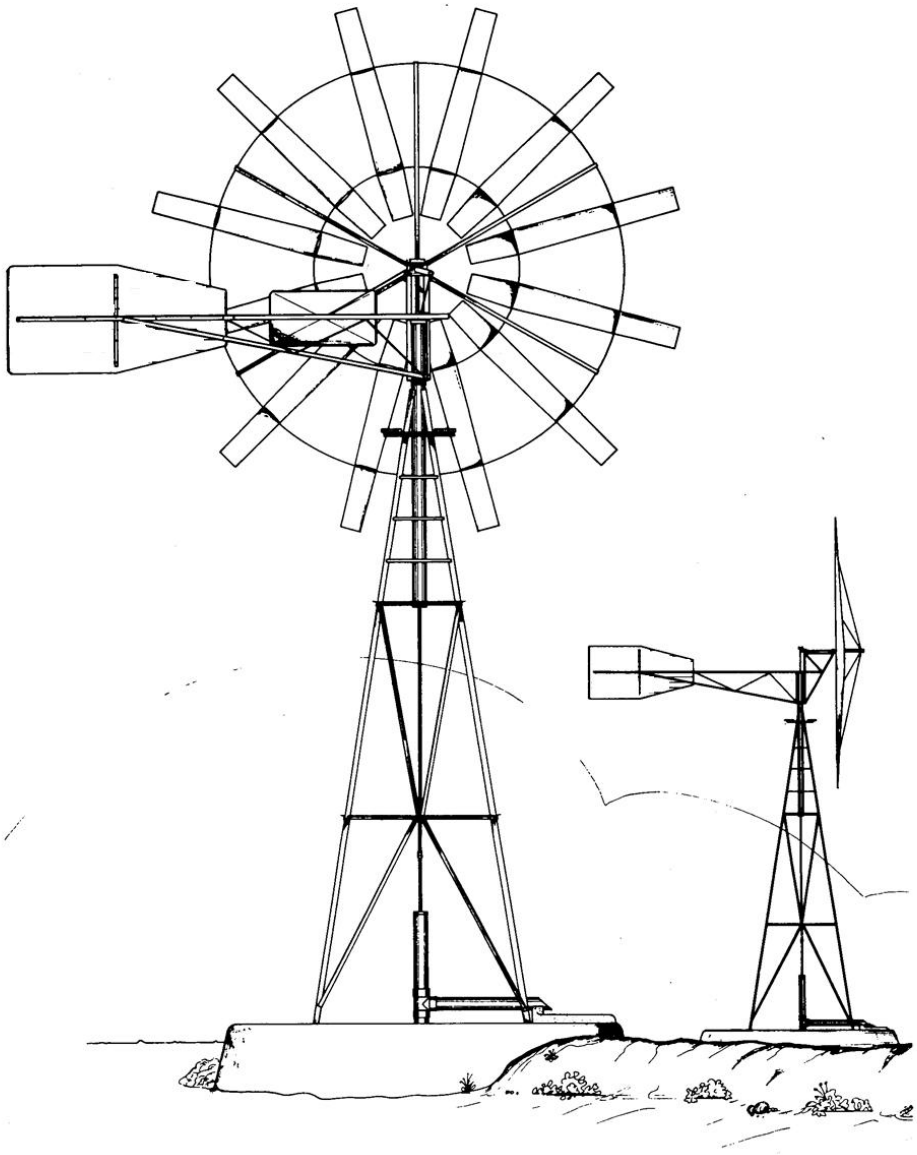
$$W_{wt} = \eta_{wt} \frac{1}{2}\rho A v^3$$

Dimana :

η_{wt} = Efisiensi kincir angin (%)

2.1.2 Kincir atau Turbin Angin

Untuk mendesain sebuah kincir angin, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Hal pertama yang harus dipertimbangkan yaitu berapa besar daya yang kita butuhkan, kemudian kecepatan angin , setelah itu yang tidak kalah penting yaitu berapa jumlah blade yang akan digunakan dan masih banyak lagi teknis lainnya. Perencanaan untuk kincir angin memang membutukan sebuah perhitungan yang rumit, mulai dari perkiraan TSR (*Tip Speed Ratio*), kekuatan materialnya seperti kekuatan material batang penggerak, tower penyangga sampai dengan lebar blade yang akan digunakan harus sesuai dengan perhitungan agar daya output sesuai dengan perencanaan semula



Gambar 2.1 : *Skematik Kincir Angin MB.12-7*

(Sumber : AT Microfiche Reference Library, Technical Report 1982, by Niek Van de Ven)

2.1.3 Jenis Kincir atau Turbin angin

Kincir atau turbin angin dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan arah sumbu :

1. **Horizontal.** Turbin angin dengan sumbu horizontal mempunyai sudu yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeler pesawat terbang. Kincir angin biasanya mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang khusus di mana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara sisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah takanan rendah pada belakang sudu dan daerah takanan tinggi di depan sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar. Kincir angin sumbu horizontal terdiri dari dua tipe, yaitu mesin *upwind* dan mesin *downwind*
   - Mesin *upwind* : rotor / sudu berhadapan dengan angin. Rotor didisain tidak fleksibel, dan diperlukan mekanisme *yaw* untuk menjaga rotor agar tetap berhadapan dengan angin
   - Mesin *upwind* : rotor / sudu ditempatkan di belakang tower. Rotor dapat dibuat lebih fleksibel, tanpa menggunakan mekanisme *yaw*, sehingga mengurangi berat, lebih ringan daripada mesin upwind. Kelemahannya adalah bahwa angin harus melewati tower terlebih dahulu sebelum sampai pada rotor, sehingga menambah beban (*fatique load*) pada turbin
2. **Vertikal.** Cirinya adalah memiliki sumbu putar vertikal terhadap tanah. Turbin jenis ini jarang dipakai untuk turbin komersial.

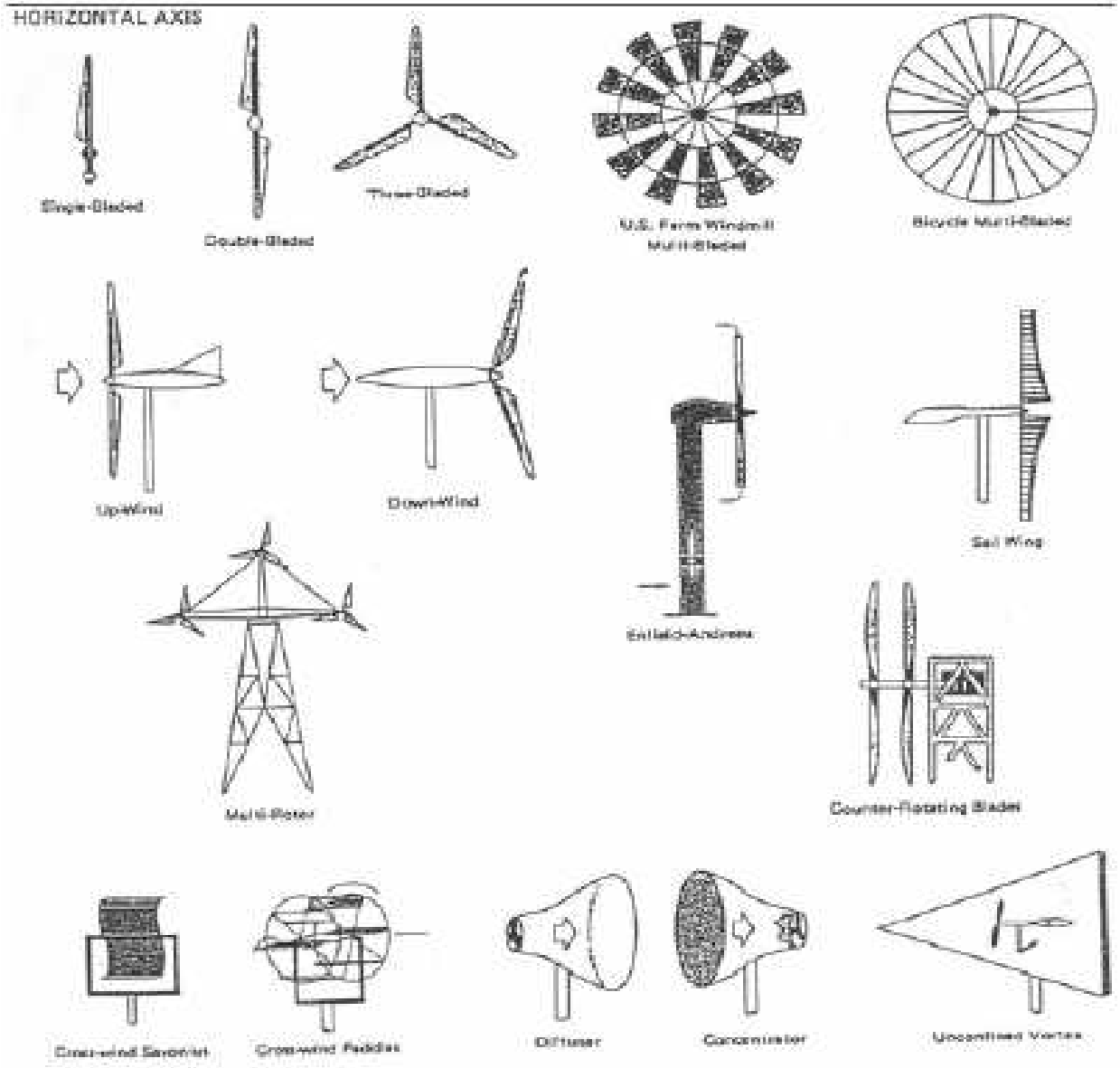
Rotornya berputar relatuf lebih pelan (di bawah 100 rpm), tetapi memiliki momen gaya yang kuat, sehingga dapat dipakai untuk menggiling biji-bijian, pompa air, tetapi tidak cocok untuk menghasilkan listrik (di atas 1000 rpm cocok untuk menghasilkan listrik). Sebenarnya dapat dipakai *gearbok* untuk menaikan kecepatan putarnya, tapi efisensinya turun dan mesin sulit untuk dimulai

Keunggulan turbin sumbu vertikal :

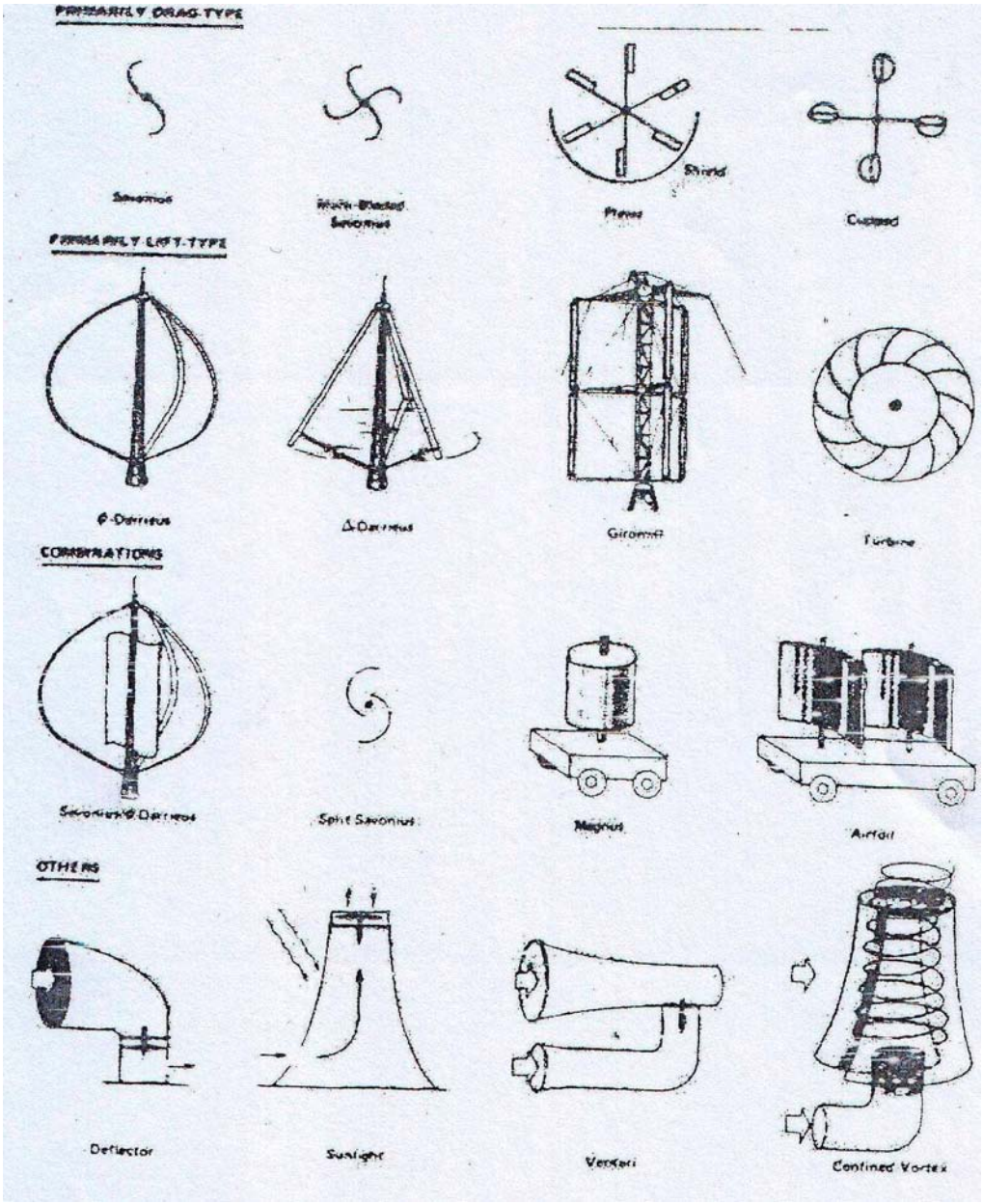
- Generator berada di tanah, sehingga tidak perlu membebani tower.
- Tidak diperlukan mekanisme *yaw* untuk menyejajarkan rotor dengan arah angin.

Kelemahan turbin sumbu vertikal :

- Kecepatan rotor rendah.
- Efisensi total rendah.
- Mesin tidak dapat mulai berjalan sendiri, perlu dorongan awal (perlu motor)



Gambar 2.2 Macam-macam kincir angin poros datar (*Horisontal axis wind turbin)* (www.energy.iastate.edu)



Gambar 2.3 Macam-macam Kincir Angin Poros Tegak (*Vertical Axis Wind Turbin*)

Tabel 2.1 Spesifikasi Beberapa Kincir Angin Modern

Manufaktur **Model:**	**Bergey Wind Power CO** **BWC 1500**	**Northern power system** **NortWind3**	**Windturbine industries** **EESI-12,5/23**	**Micon Energysystem** **M.22**	**Carter Wind system** **25**
Diameter rotor	3,1 m	5,0 m	7,0 m	9,8 m	9,9 m
Daya rated	1,5 kW	3 kW	12,5 kW	22 kW	2 kW
Lokasi rotor	Arus-hulu	Arus-hulu	Arus-hulu	Arus-hulu	Arus-hulu
Jumlah sudu	3	3	3	3	2
Control Pitch	Tidak ada	Rotor tilt	Variable	Tetap	Tetap
Braking system *-normal* *-speed. lebih*	Tidak ada Furling datar	Furling tegak Furling tegak	Disk-mech Aerodinamik	Elect-mech Aerodinamik	Disk-mech aerodinamik
Gear box	Tidak ada	Tidak ada	Offshet hypoid	Poros sejajar	Gigi miring bundar
Generator tipe	Alternator	Alternator	Alternator	Induksi	Induksi
Kecepatan	60-450 rpm	<300 rpm	Variable	1800 rpm	1836 rpm
Tegangan	Opsi	Opsi	Variable	480 V AC	220-440VAC
System yaw	Pasif	Pasif	Pasif	Aktif	Pasif
Tipe menara	Opsi	Opsi	Latis	Tubular tanpa penguat	Tubular berpenguat

Setiap jenis kincir / turbin angin memiliki ukuran dan efisensi yang berbeda serta jumlah *blade* yang berbeda. Jumlah *blade* pada rotor turbin angin bervariasi, dan tidak ada tinjauan teroritis yang benar sebagai konsep terbaik,

tetapi lebih ditentukan oleh jenis penggunaanya, misalnya untuk pembangkit listrik atau pompa air, serta kecepatan angin pada saat rotor berputar.

- **Konsep satu *blade,*** sulit setimbang, membutuhkan angin yang sangat kencang untuk menghasilkan gaya angkat memutar, dan menghasilkan *noise* di ujungnya. Konsep ini telah dikembangkan sukses di Jerman
- **Konsep dua *blade***, mudah untuk setimbang, tapi kesetimbangannya masih mudah bergeser. Disain *blade* harus memiliki kelengkungan yang tajam untuk menangkap energi angin secara efektif, tapi pada kecepatan angin rendah (sekitar 3 m/s) putaranya sulit dimulai.
- **Konsep tiga *blade***, lebih setimbang dan kelengkungan *blade* lebih halus untuk dapat mengakap energi angin secara efektif. Konsep ini paling sering dipakai pada turbin komersial.
- **Konsep multi *balde*** (misalnya 12 *blade*), justru memiliki efiseinsi rendah, tapi dapat menghasilkan momen gaya awal yang cukup besar untuk memulai berputar, cocok untuk kecepatan angin rendah walaupun dioperasikan dengan transmisi *gear* sampai 1:10. memiliki profil *balde* yang tipis, kecil, kelengkungan halus, dan konstruksi yang solid. Konsep ini banyak dijumpai pada turbin angin untuk keperluan memompa air, mengiling biji-bijian, karena murah dan mempu bekerja pada kecepatan angin rendah sehingga *tower* tidak terlaulu tinggi dan air dapat dipompa secara kontinu.

2.1.4 Pemilihan Tempat

Secara umum tempat-tempat yang baik untuk pemasangan turbin angin antara lain :

1. Celah di antara gunung. Tempat ini dapat berfungsi sebagai *nozzle*, yang mempercepat aliran angin.
2. Dataran terbuka. Karena tidak ada penghalang yang dapat memperlambat angin, dataran terbuka yang sangat luas memiliki potensi energi angin yang besar.
3. Pesisir pantai. Perbedaan suhu udara di laut dan di daratan menyebabkan angin bertiup secara terus menerus.

Walapun pada dasarnya turbin angin dapat dipasang di mana saja di tempat-tempat tersebut di atas, pengkajian potensi angin tetap harus dilakuakan untuk mendapatkan suatu sistem konversi energi yang tepat. Pengkajian potensi energi angin di suatu tempat dilakukan dengan mengukur dan menganalisis kecepatan dan arah angin. Analisis data angin dilakukan dengan menggunakan metoda statistik untuk mencari kecepatan angin rata-rata, durasi kecepatan angin dan distribusi frekwensi data angin. Jika informasi mengenai arah angin juga tersedia, analisis dengan menggunakan wind rose dapat dilakukan untuk mengetahui kecepatan rata-rata, frekwensi dan energi angin di setiap arah mata angin.

Pada prakteknya, penentuan tempat pemasangan sistem konversi energi angin dapat ditentukan dengan cara :

1. Pilih Tempat**.** Tempat ditentukan sesuai kebutuhan, kemudian potensi energi angin dikaji dari data yang didapat. Cara ini mempertimbangkan :
    a. Aksesibilitas baik untuk pekerjaan kontruksi maupun perawatan
    b. Kondisi sosial budaya setempat
    c. Kepentingan yang lain
2. Pilih Potensi**.** Pemilihan tempat berdasarkan besarnya potensi energi angin yang tersedia. Semakin besar kecepatan rata-rata di suatu tempat akan semakin baik. Semakin tinggi potensi energi yang tesedia akan memberikan keuntungan berupa ukuran sistem konversi energi angin yang semakin kecil dan tidak perlu terlalu efisien sehingga pembuatannya akan lebih mudah dan murah.

2.2 Pandangan Umum Mengenai Pompa Air

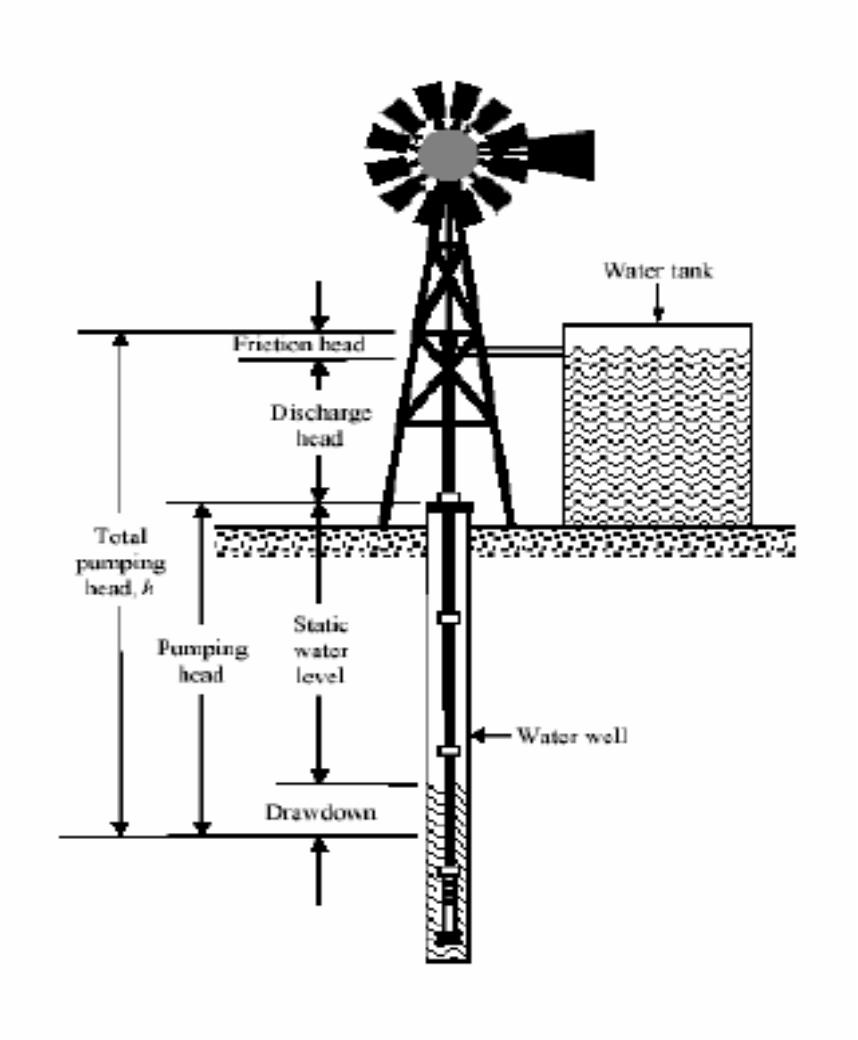
Pompa air adalah suatu perangkat yang berfungsi mengalirkan, memindahkan bahkan dapat pula mensirkulasikan fluida cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan melalui gerak piston atau impeller. Gerak tarik bumi atau yang biasa dikenal dengan gravitasi, menyebabkan suatu cairan yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, sehingga cairan dapat mengalir dan apabila cairan dikedua tempat memiliki tekanan yang sama, maka cairan tidak dapat mengalir ke salah satu tempat tersebut.

2.2.1 Pemanfaatan Energi Angin untuk Pemompaan

Tenaga angin dapat dimanfaatkan secara mekanik atau elektrik untuk sistem pemompaan. Di eropa , pompa air tenaga angin skala kecil yang terbuat dari kayu telah lama juga digunakan untuk memompa air laut dalam pembuatan garam. Kemudian yang menjadi sangat populer hingga saat ini adalah pompa air tenaga angin mekanik yang sekarang kita kenal dengan *american type* yang terbuat dari besi dengan jumlah sudu banyak.

Pompa angin mekanik biasanya menggunakan kincir angin tradisional yang dapat berputar pada kecepatan angin yang relatif rendah. Kincir angin tradisional biasanya mempunyai sudu sederhana yang terbuat dari plat melengkung berjumlah banyak, dan yang lebih modern sekarang menggunakan sudu berbentuk *airfoil* dan jumlahnya tidak terlalu banyak.

Salah satu masalah pada penerapan pompa air mekanik ini adalah lokasi instalasi. Kincir angin harus dipasang langsung di atas *borehole* atau sumber air. Sedangkan lokasi sumber air yang baik belum tentu merupakan lokasi sumber daya angin yang baik pula



Gambar 2.4 Diagram skematik pompa air tenaga mekanik

Secara umum, pompa angin mekanik baik untuk kecepatan angin rendah karena soliditas rotor yang tinggi, yang membatasi kecepatan pompa piston sampai 40-50 stroke per menit. Efisiensi konversi pompa air tenaga angin mekanik biasaya berkisar antara 7-27% (Argaw, 2003).

BAB III

METODOLOGI DAN DATA PERANCANGAN

3.1 Prinsip Kerja

Pada dasarnya kincir angin yang dibuat ini adalah kincir angin sumbu horizontal dengan dua belas sudu variable. Prinsip kerja kincir angin ini yaitu angin yang bertiup kearah sudu maka sudu akan bergerak memutar. Dengan menggunakan penghubung sederhana mekanisme putaran dari poros dikonfersikan ke gerakan naik turun oleh batang penggerak dan diteruskan ke tuas pompa yang mana bergerak searah membalas gerakan pompa piston.

Jadi Batang penggerak disini berfungsi sebagai penghubung antara poros engkol dengan piston untuk mengubah gerak putar pada poros engkol menjadi gerak bolak-balik piston. Dimana pada bagian atas batang penggerak ini langsung dihubungkan dengan poros engkol dengan menggunakan pasak sebagai pengikatnya, sedangkan pada bagian bawah batang penggerak dihubungkan / disambungkan dengan alat penghubung (*cros joint)* dan bisa disebut juga sebagai piston dimana piston / *cros joint* ini terbuat dari kayu asem supaya lebih ringan. Agar piston / *cros joint* tidak terlepas dari batang penggeraknya maka di perlukan sebuah rumah piston / *cros joint* yang terbuat dari pipa besi dengan diameter 6”

Kincir angin merupakan salah satu mesin konversi energi yang dapat merubah energi kinetik dari pergerakan angin menjadi energi mekanik untuk menggerakkan pompa air piston. Teknologi ini sudah sangat lama digunakan diatas muka bumi ini. Angin merupakan energi melimpah yang masuk kedalam renewable energi yaitu energi yang dapat diperbaharui. Sekarang sampai dimana kemauan kita mau memanfaatkan energi ini untuk kemaslahatan orang banyak.

Secara teoritis daya yang dapat dibangkitkan oleh kincir angin adalah:

$$P_{Kincir} = \frac{0.15}{0.1} A_r . V_r^{\,2} \qquad (3.1)$$

Dimana :

P_{Kincir} = Daya yang dibangkitkan oleh kincir. (Watt)

A_r = luas sapuan rotor (m²)

V_r = kecepatan angin rata-rata. (m/det)

Jika efisiensi kincir angin η dan kecepatan tertentu V diperhitungkan, maka daya yang dihasilkan kincir angin menjadi:

$$P = \frac{1}{2} \eta . \rho . A_r . V^3 \qquad (3.2)$$

Dimana :

P = Daya kincir (Watt)

η = Efisiensi daya kincir angina (%)

ρ = Masa jenis bahan/matrial (N/mm²)

A_r = Luas permukaan sapuan blade/sudu (m²)

V = Kecepatan angina (m/det)

Dengan mengetahui besarnya daya keluaran kincir angin tersebut, maka akan didapat apakah daya ini sesuai dengan besarnya daya yang diperlukan untuk perancangan batang penggerak. Sehingga kita dapat menentukan berapa besar diameter batang penggerak kincir untuk perancangan kincir angin secara keseluruhan

3.2 Dasar Teori Perancangan Batang Penggerak

3.2.1 Pendekatan umum

Batang merupakan structural yang paling penting yang memiliki ketahanan terhadap lenturan akibat beban yang diterapkan. Analisis kapasitas muat beban dari batang terdiri atas, pertama, dalam menetapkan syarat-syarat keseimbangan batang secara keseluruhan dimana tiap bagian darinya ditinjau secara terpisah. Kedua, hubungan antar gaya yang dihasilkan dan ketahanan dalam (internal) yang menyertai batang untuk menopang gaya ini harus ditetapkan. Bagian pertama dari analisis ini memerlukan penerapan prinsip-prinsip statiska, sedangkan bagian kedua menyangkut karakteristik kekuatan bahan dan biasanya dibahas dalam mekanika benda padat atau mekanika bahan

3.2.2 Macam-macam desain batang

Perancangan atau desain sebuah batang tergantung kepada kekuatan, atau kekakuannya (lendutan) atau kestabilannya. Salah satu kriteria ini dapat mempengaruhi ukuran sebuah batang.

Adapun macam-macam desain suatu batang berdasarkan kekuatan, atau kekakuannya (lendutan) atau kestabilannya adalah sebagai berikut :

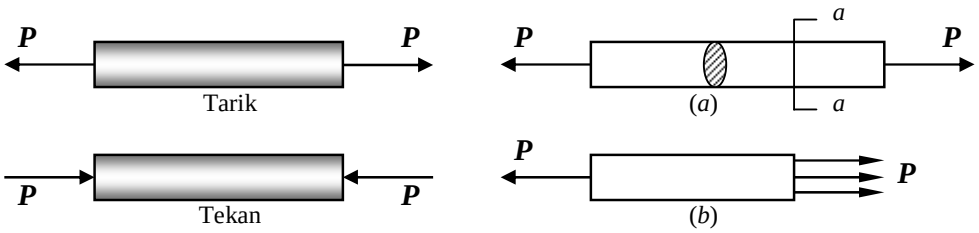
1. Desain batang dengan beban aksial

   Dimana suatu batang dengan luas penampang konstan, dibebani melalui kedua ujungnya dengan sepasang gaya linier dengan arah saling berlawanan yang berimpit pada sumbu longitudinal batang dan bekerja melalui pusat penampang melintang masing-masing. Dimana untuk kesetimbangan statis besarnya gaya-gaya harus sama. Apabila gaya-gaya diarahkan menjauhi batang, maka batang disebut di-tarik atau terjadi terjadi tegangan tarik pada batang, jika gaya-gaya diarahkan pada batang, disebut di-tekan atau terjadi tegangan tekan pada batang. Kedua kondisi ini digambarkan pada Gambar. 3.1.

   Dibawah aksi pasangan gaya-gaya ini, hambatan internal terbentuk didalam bahan dan karakteristiknya dapat dipelajari dari bidang potongan melintang disepanjang batang tersebut. Bidang ini ditunjukkan sebagai *a-a* di Gambar. 3.2(a). Jika untuk tujuan analisis porsi batang disebelah kanan bidang dipindahkan, seperti pada Gambar. 3.2(b), maka ini harus digantikan dengan sesuatu untuk memberikan efek pada porsi sebelah kiri tersebut. Dengan cara introduksi bidang potong ini, gaya-gaya internal awal sekarang menjadi gaya eksternal terhadap porsi sisa batang. Untuk kesetimbangan pada porsi sebelah kiri, efek ini harus berupa gaya horisontal dengan besar *P*. Namun demikian, gaya *P* yang bekerja tegak-lurus (normal) pada penampang melintang *a-a* ini secara aktual merupakan resultan distribusi gaya-gaya yang bekerja

pada penampang melintang dengan arah normal.

Disini sangat penting untuk membuat beberapa asumsi berkaitan dengan variasi distribusi gaya-gaya, dan karena gaya *P* bekerja pada penampang melintang maka secara umum diasumsikan bahwa gaya-gaya tersebut adalah seragam diseluas penampang.



Gambar 3.1 Prinsip tegangan

2. Desain batang dengan beban puntiran

Dimana batang-batang yang mendapat gaya puntir biasanya sering digunakan sebagai poros putaran untuk mengantarkan daya. Oleh karena itu hal yang penting dan perlu diketahui dalam merancang atau mendesain suatu batang dengan beban puntiran adalah mengenai kemampuan bahan dalam menahan tegangan geser, karena berdasarkan karakteristiknya tegangan geser yang dapat ditahan oleh suatu bahan adalah lebih rendah dari pada tegangan normalnya. Dalam peraturan ASME *(American Society of Mechanical Engineers)* mengenai penerusan gaya puntir poros yang dianjurkan pada tegangan geser yang diperbolehkan adalah 55 MPa untuk baja sembarang dengan kekuatan geser luluh 0,3 atau kekuatan geser ultimate 0.18.

3.2.3 Tegangan dan regangan pada batang

Berikut adalah tegangan dan rengangan yang biasanya terjadi pada batang karena adanya pembebanan pada batang.

1. Tegangan normal

   Tegangan normal adalah intensitas gaya normal per unit luasan dan dinyatakan dengan lb/in^2, atau N/m^2. Apabila gaya-gaya dikenakan pada ujung-ujung batang sedemikian sehingga batang dalam kondisi tertarik, maka terjadi suatu *tegangan tarik* pada batang; jika batang dalam kondisi tertekan maka terjadi *tegangan tekan*. Perlu dicatat bahwa garis aksi dari gaya yang bekerja adalah melalui pusat setiap bagian penampang melintang batang.

2. Regangan normal

   Kita misalkan suatu spesimen telah ditempatkan pada mesin tes tekan-tarik dan gaya tarikan diberikan secara gradual pada ujung-ujungnya. Perpanjangan pada gage dapat diukur seperti dijelaskan diatas untuk setiap kenaikan tertentu dari beban aksial. Dari nilai-nilai ini, perpanjangan per unit panjang yang biasa disebut *regangan normal*, yaitu dengan persamaan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L} \qquad \text{(Ref.1, hal 38)}$$

Dimana :

ε = Regangan normal (mm)

Δl = Pertambahan panjang (mm)

L = Panjang gage (mm)

Regangan biasanya dinyatakan meter per meter sehingga secara efektif tidak berdimensi.

3. Kurva tegangan – regangan

Sebagaimana beban aksial yang bertambah bertahap, pertambahan panjang terhadap panjang gage diukur pada setiap pertambahan beban dan ini dilanjukan sampai terjadi kerusakan (*fracture*) pada spesimen. Dengan mengetahui luas penampang awal spesimen, maka tegangan normal, yang dinyatakan dengan σ, dapat diperoleh untuk setiap nilai beban aksial dengan menggunakan hubungan

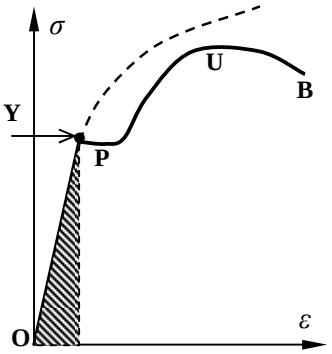
$$\sigma = \frac{F}{A}$$ (Ref.1, hal 5)

Dimana :

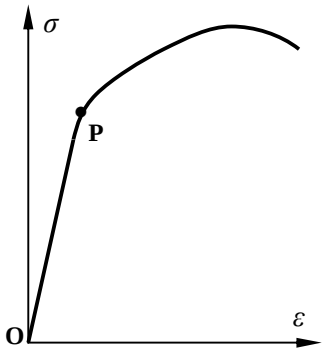
A = Luas penampang batang (mm²)

F = Gaya pada batang (N)

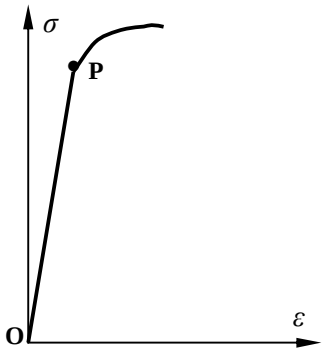
σ = Tegangan (N/mm²)



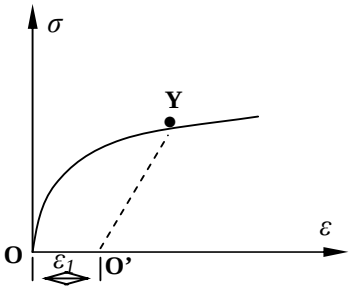
Gambar. 3.2



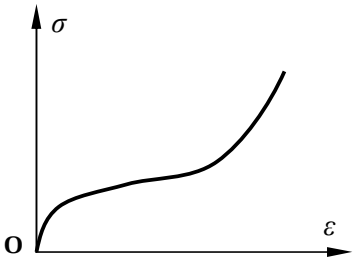
Gambar. 3.3



Gambar. 3.4



Gambar. 3.5



Gambar. 3.6

Kurva tegangan-regangan mempunyai bentuk yang berbeda-beda tergantung dari bahannya. Gambar 3.2 adalah kurva tegangan regangan untuk baja karbon-medium, Gambar. 3.3 untuk baja campuran, dan Gambar. 3.4 untuk baja karbon-tinggi dengan campuran bahan nonferrous. Untuk campuran nonferrous dengan besi kasar diagramnya ditunjukkan pada Gambar. 3.5, sementara untuk karet ditunjukkan pada Gambar. 3.6.

3.2.4 Sifat-sifat bahan

Sifat-sifat bahan industri perlu dikenal secara baik karena bahan – bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan. Dalam perancangan sebuah elemen mesin sebagai contoh adalah batang penggerak maka perlu terlebih dahulu mengetahui kekuatan dari berbagai macam bahan yang ada sehingga dapat menentukan bahan batang penggerak yang tepat dan sesuai dengan karakteristik dan fungsi dari batang penggerak tersebut, sehingga alat yang dirancang dapat lebih lama umurnya atau dengan kata lain alat mempunyai life time yang lama. Adapun sifat – sifat bahan itu sangat banyak sekali dan diantaranya adalah meliputi:

a) Sifat – sifat mekanik

   Sifat – sifat mekanik itu diantaranya kekerasan, kekuatan, kekakuan, keliatan, keuletan, kepekaan tarikan atau kekuatan impak.

b) Sifat – sifat magnet

   Sifat – sifat magnet diantaranya Permeabilitas, koersivitas, histrisis.

c) Sifat – sifat termal

   Sifat – sifat termal diantaranya panas jenis, pemuaian, konduktivitas dsb.

d) Sifat – sifat kimia

   Sifat – sifat kimia meliputi reaksi kimia, kombinasi, segregasi, ketahanan korosi.

e) Sifat – sifat fisik

   Sifat – sifat fisik meliputi ukuran, masa jenis, strktur.

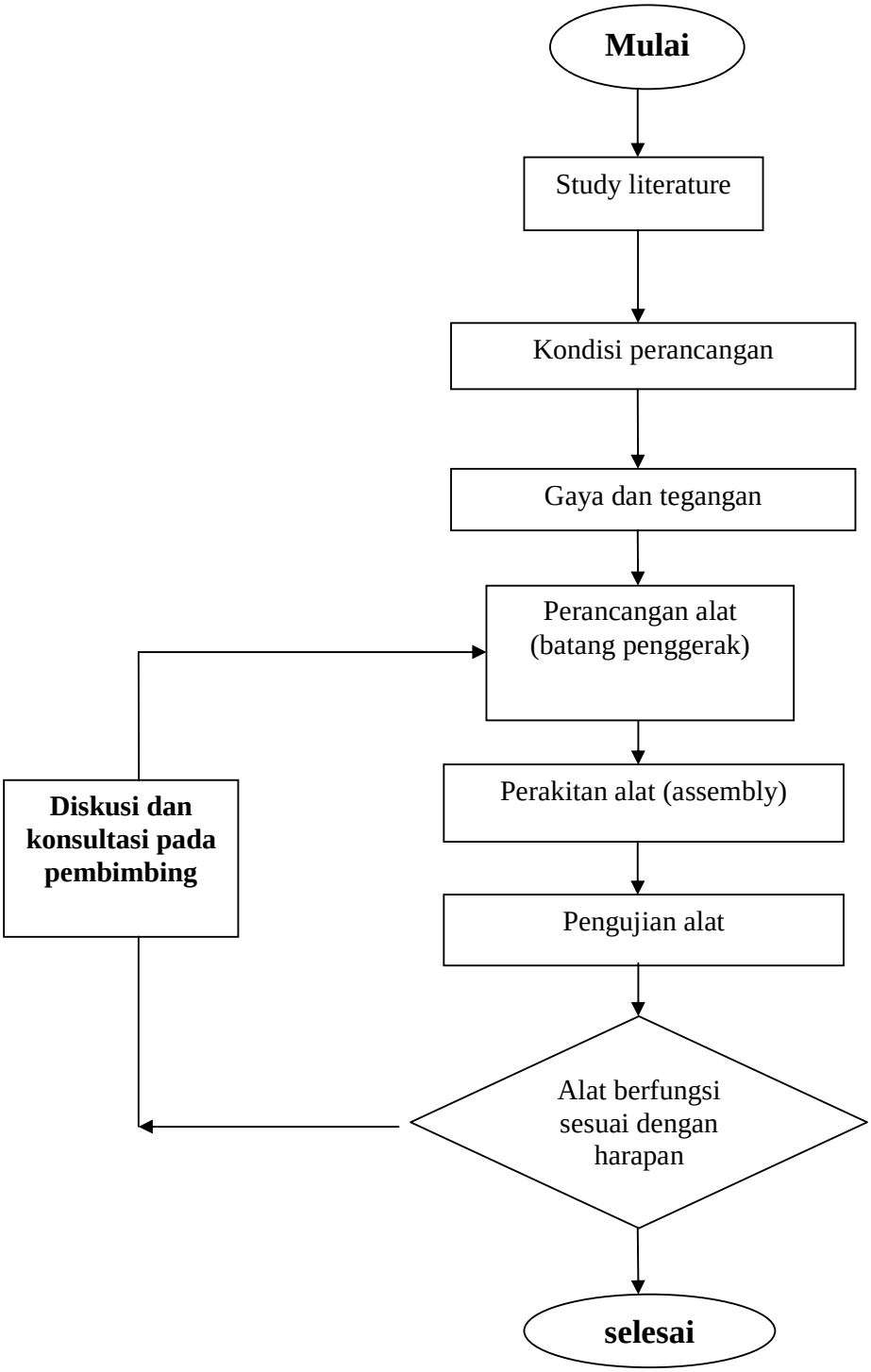
f) Sifat – sifat teknologi

Sifat – sifat teknologi diantaranya mampu mesin dan mampu keras.

Sifat sifat tersebut di atas ditentukan oleh perbandingan atom yang membentuk bahan yaitu unsur dan komposisinya. Sebagai salah satu contohnya adalah kadar atom dari suatu unsur yang sangat rendah terabaikan dalam suatu ketakmurnian bahan memberikan pengaruh terhadap sifat – sifatnya. Yang dimaksud sifat – sifat mekanik yaitu kekuatanya demikian juga sifat – sifat ketahanan korosi termasuk reaksi kimianya, dipengaruhi oleh ketakmurnian inklusi atau cacat mikro. Sifat tersebut dinakmakan struktur.

3.3 Prosedur Perancangan

Hasil perancangan yang diperoleh dalam perancangan batang penggerak ini adalah dalam bentuk ilmu, dimana prosedur yang harus dilakukan dalam penilitian adalah melakukan pengujian terhadap kajian teoritis yang dituangkan kedalam bentuk hipotesa kemudian dicocokkan dengan data empiris (hasil pengukuran). Keberlakuan teori tersebut hanya dengan kata lain diterima atau tidak diterimanya hipotesa tergantung pada taraf keberartian yang digunakan. prosedur perancangan ini terlihat pada Flow Chart Diagram pada gambar 3.3



Gambar 3.7 Flow Chart Diagram Perancangan

BAB IV

PERANCANGAN DAN PERHITUNGAN

4.1 Data dan Analisa Kecepatan Angin

Sebagai bahan studi untuk perancangan kincir angin poros horizontal. Penulis mengambil data kecepatan angin yang diperoleh penulis berdasarkan data yang valid yang berasal dari stasiun pemantau cuaca Badan Meteorologi dan Geofisika yang berada didaerah Jakarta yang berada di wilayah Cileduk, dimana data tersebut adalah data angin yang tercatat lima tahun terakhir dan untuk kepentingan penulisan tugas akhir ini penulis mengambil data angin pada tahun 2008. Dari pengamatan saya potensi keadaan angin wilayah Jakarta tidaklah sebesar didaerah pesisir lainya, tapi kekuatannya setidaknya cukup untuk memutar kincir hasil rancangan team Windmill Project. Keadaan angin dari tahun ke tahun sangatlah fluktuatif tapi dengan melihat data angin yang ada bawah ini sangatlah cukup untuk memutar kincir rancangan ini dan pompa airnya. Adapun data angin yang kita dapatkan di BMG Cileduk adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 kecepatan angin tiap bulan di BMG cileduk tahun 2008

Bulan	**V rata –rata (knot)**
Januari	3,0
Februari	2,5
Maret	2,6
April	3.5
May	3,0
Juni	3,0
July	3,0
Agustus	5,7
September	4,9
Oktober	5,8
November	4,3
Desember	6,5

Dari data angin diatas dapat diperoleh hasil analisa sebagai berikut :

Kecepatan angin rata-rata = 3,9 knot = $\frac{3{,}9x1853}{3600}$ = 2,0 m/s

Kecepatan terendah (februari)= 2,5 knot = $\frac{2{,}5x1853}{3600}$ = 1,28 m/s

4.2 Perancangan dan perhitungan beban pada batang

Untuk dapat melakukan perancangan batang penggerak pada kincir angin sumbu horizontal dengan tepat maka harus terlebih dahulu mengetahui data – data awal dari kincir angin yang akan dibuat, adapun data awal yang didapat sebelum merancang diameter batang penggerak yang tepat untuk kincir angin sumbu horizontal ini adalah:

Daya kincir (P) : 255,19 Watt

Putaran rata – rata kincir : 20 rpm

Panjang batang penggerak : 600 cm

Panjang batang engkol (crank) : 16 mm

Setelah data awal diketahui selanjutnya yang dicari adalah energi kinetik yang dihasilkan oleh kincir angin, beban pompa dan beban air untuk dicari beban terbesar yang akan ditanggung oleh batang penggerak. Dimana untuk mencari beban tersebut diatas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

4.2.1 Energi kinetik (EK)

Energi kinetik adalah energi dari suatu benda yang dimiliki karena pengaruh gerakannya, dimana persamaan yg digunakannya adalah sebagai berikut :

$$EK = 1/2 mv^2$$

(Ref. 2)

$$V = \omega . r$$

Dimana :

m	= Massa benda	(kg)
V	= Kecepatan	(rad/det)
ω	= Kecepatan sudut	(rad/min)
r	= Jari-jari	(mm)

4.2.1.1 Torsi

$$T = \frac{60.P}{2.\pi.n}$$ (Ref. 2)

$$T = \frac{60.255,19}{2.\pi.20}$$

$$T = \frac{15311.4}{125.6}$$

$$T = 121.91 N.m^2$$

$$T = 121.91 x 0,102 = 12,43 kg.m^2$$

4.2.2.2 Kecepatan sudut (ω)

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60}$$ (Ref. 2)

$$\omega = \frac{2.\pi.20}{60}$$

$$\omega = \frac{125,6}{60}$$

$$\omega = 2,1.rad / \det$$

4.2.2.3 Kecepatan (V)

$V = \omega.r$ (Ref. 2)

$V = 2{,}1x0{,}008$

$V = 0{,}0168\, rad\ /\det$

Maka energi kinetik rotasinya adalah :

$EK = 1/2.m.v^2$

$EK = 1/2x12{,}43x0{,}0168^2$

$EK = 0{,}0017\ Joule$

$EK = 1{,}7\, N.mm$

4.2.2 Beban pompa

Pompa air ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu terdiri dari rumah pompa, pipa bagian penyalur tekan dan bagian penghisap, plate penghubung antara liner pompa dan pipa penyalur, dan yang terakhir piston dan batang pompa.

4.2.2.1 Beban rumah pompa

Data spesifik rumah pompa yang digunakan adalah :

Bahan liner pompa : pipa besi Ø 6” = 152,4 mm

Tebal : 3 mm

Tinggi liner : 460 mm

Besarnya massa liner pompa dapat ditentukan dengan menggunakan harga massa jenis bahan pipa besi yaitu ρ = 7850 kg/m^3 dan harga volume liner piston tersebut adalah

$$m_1 = \rho.v \qquad (4.3)$$

$$m_1 = \rho(v_{pipa} - v_{udara})$$

$$m_1 = \rho(\pi r^2 t - \pi r^2 t)$$

$$m_1 = 7850kg/m^3(3{,}14x76{,}2^2 x460 - 3{,}14x73{,}2^2 x460)$$

$$m_1 = 7850kg/m^3(8386821{,}936 - 7739441{,}856)$$

$$m_1 = 7850kg/m^3 x647380{,}08mm^3$$

$$m_1 = 7850kg/m^3 x0{,}000647380m^3$$

$$m_1 = 5{,}08kg$$

Jadi beban dari rumah pompa adalah $m_1 = 5{,}08kg$

4.2.2.2 Pipa bagian penyalur tekan dan bagian penghisap

Data spesifik pipa tekan dan hisap sama, data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Bahan : Pipa besi

Diameter : 4” = 101,6 mm

Tebal bahan : 1mm

Tinggi : 550 mm

Besarnya massa pipa penyalur tekan dan pipa penyalur hisap dapat dihitung dengan harga massa jenis bahan pipa besi ρ = 7850 kg/m$^{3.}$ Besarnya massa kedua pipa itu masing-masing.

$$m_2 = \rho.v$$

$$m_2 = \rho(v_{pipa} - v_{udara})$$

$$m_2 = 7850kg/m^3(\pi r^2 t - \pi r^2 t)$$

$$m_2 = 7850kg/m^3(3{,}14x50{,}8^2 x550 - 3{,}14x49{,}8^2 x550)$$

$$m_2 = 7850kg/m^3(4456765{,}28 - 4283029{,}08)$$

$$m_2 = 7850kg/m^3 x173736{,}2mm^3$$

$$m_2 = 7850kg/m^3 x0{,}000173736m^3$$

$$m_2 = 1{,}36kg$$

Karena panjang kedua pipa sama maka total $m_2 = 2x1{,}36 = 2{,}72kg$

4.2.2.3 Pelat penghubung liner pompa dan pipa penyalur

Data spesifik pelat penghubung liner pompa dan pipa penyalur data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Bahan : Pelat besi

Tebal bahan : 3 mm

Diameter luar : 6” = 152,6 mm

Diameter dalam : 4” = 101,6 mm

Tinggi : 550 mm

Maka volume pelat besi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$m_3 = \rho.v$$

$$m_3 = \rho(v_{plate} - v_{udara})$$

$$m_3 = 7850kg/m^3(\pi r^2 t - \pi r^2 t)$$

$$m_3 = 7850kg/m^3(3{,}14x76{,}2^2 x3 - 3{,}14x50{,}8^2 x3)$$

$$m_3 = 7850kg/m^3(54696{,}66 - 24309{,}63)$$

$$m_3 = 7850kg/m^3 x30387{,}03mm^3$$

$$m_3 = 7850kg/m^3 x0{,}000030387m^3$$

$$m^3 = 0{,}24kg$$

Karena volume penampang atas dan bawah adalah sama maka massanya menjadi $m_3 = 2x0{,}24 = 0{,}48kg$

4.2.2.4 Piston dan batang pompa

Batang pompa dan piston merupakan komponen penggerak utama pompa dalam melakukan kinerjanya didalam liner pompa. Besar kecilnya clearance antara rumah pompa dan piston sangat mempengaruhi kinerja dari pompa itu sendiri. Di sini perancang sekaligus penulis membuat clearance antara rumah pompa dan piston sebesar 1 mm. Data lengkap spesifikasi rumah piston dan batang pompa adalah sebagai berikut:

Batang pompa :

Panjang : 950 mm

Diameter : 20 mm

Piston kayu :

Panjang : 75 mm

Diameter : 151,4 mm

Dari data diatas dapat kita hitung harga massa keduanya. volume batang pompa yang terbuat dari besi Carbon VCN tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$m_4 = m_{batang pompa} + m_{pistonkayu}$$

$$m_4 = (\rho.v) + (\rho.v)$$

$$m_4 = (7850kg/m^3 x\pi r^2 t) + (7850kg/m^3 x\pi r^2 t)$$

$$m_4 = (7850kg/m^3 x3{,}14x10^2 x950) + (1600kg/m^2 x3{,}14x75{,}7^2 x75)$$

$$m_4 = (7850kg/m^3 x298300mm^3) + (1600kg/m^2 x1349530{,}4mm^3)$$

$$m_4 = (7850kg/m^3 x0{,}0002983m^3) + (1600kg/m^3 x0{,}00134953m^3)$$

$$m_4 = 2{,}34kg + 2{,}15kg$$

$$m_4 = 4{,}49kg$$

Maka masa piston dan batang pompa adalah $m_4 = 4{,}49kg$

Jadi massa total pompa secara keseluruhan, bila baut pengikat dan karet sebagai valve diabaikan maka massa total adalah sebagai berikut:

$$m_{total} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$$

$$m_{total} = 5{,}08kg + 1{,}36kg + 0{,}48kg + 4{,}49kg$$

$$m_{total} = 11{,}41kg$$

Pada perancangan kincir angin untuk pompa air ini rumah pompanya terikat pada dinding sumur sehingga pada saat penghitungan beban pompa yang berhubungan dengan poros kincir angin maka beban rumah pompa tidak dihitung karena terikat pada dinding sumur. Jadi beban pompa yang harus ditanggung oleh batang penggerak adalah:

$$m_{pompa} = m_2 + m_3 + m_4$$

$$m_{pompa} = 1{,}36kg + 0{,}48kg + 4{,}49kg$$

$$m_{pompa} = 6{,}33kg$$

$$m_{pompa} = 6{,}33\text{x } 9{,}8067 = 62 \text{ N}$$

4.2.3 Beban air

Pompa air ini terhubung kesumur dengan menggunakan pipa 4” sedalam 5 meter maka dari itu pipa sepanjang 5 meter itu akan penuh dengan air yang akan terangkat oleh pompa. Sehingga berat air yang akan terangkat oleh pompa air adalah sbb:

$$m_{air} = v_{air}$$

$$m_{air} = \pi r^2 t$$

$$m_{air} = 3{,}14x50{,}8x50{,}8x5000$$

$$m_{air} = 40516048mm^3$$

$$m_{air} = 40{,}5dm^3$$

$$m_{air} = 40{,}5liter$$

$$m_{air} = 40{,}5kg$$

$$m_{air} = 40{,}5\text{x } 9{,}8067 = 397{,}2 \text{ N}$$

4.3 Gaya dan tegangan pada batang yang terjadi

Setelah semua beban yang bekerja pada batang penggerak diketahui selanjutnya yang dicari adalah gaya yang bekerja pada batang yang digunakan untuk menentukan luas penampang dari batang penggerak.

Dimana data yang digunakan adalah sebagai berikut:

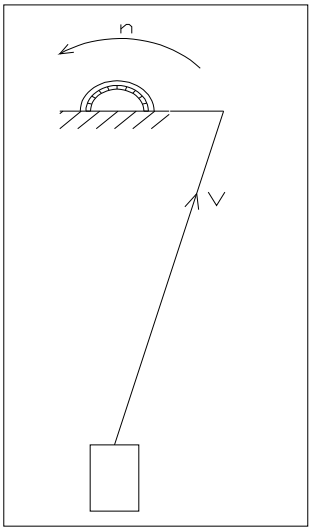
Bahan / material : Besi carbon S30C

Panjang batang : 600 mm

Sudut α (asumsi) : 60º

4.3.1 Gaya pada batang berdasarkan energi rotasi / gaya keliling

Dari data diatas dapat kita hitung gaya yang bekerja pada batang penggerak dengan menggunakan persamaan berikut.



Gambar 4.1 Arah gaya berdasarkan energi rotasi

$F_{1X} = FxCOS\alpha$

$= 1,7xCOS60^{o}$

$= 1,7x0,5$

$= 0,85N$

$F_{1Y} = FxSIN\alpha$

$= 1,7xSIN60^{o}$

$= 1,7x0,87$

$= 1,479N$

Maka F didapat :

$$F = \sqrt{F_X{}^2 + F_Y{}^2}$$

$$F_1 = \sqrt{0{,}85^2 + 1{,}479^2}$$

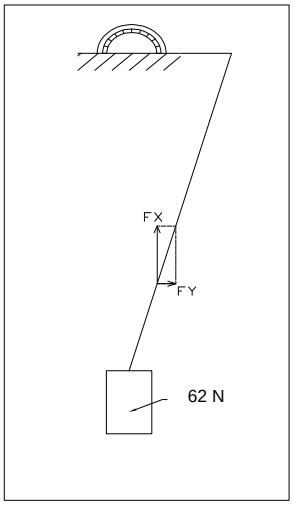
$$F_1 = \sqrt{0{,}72 + 2{,}9}$$

$$F_1 = \sqrt{2{,}91}$$

$$F_1 = 1{,}7N$$

4.3.2 Gaya pada batang berdasarkan beban pompa

Dari data diatas dapat kita hitung gaya yang bekerja pada batang penggerak dengan menggunakan persamaan berikut.



Gambar 4.2 Arah gaya berdasarkan beban pompa

$$F_{2X} = FxCOS\alpha$$

$$= 62xCOS60^{o}$$

$$= 62x0,5$$

$$= 31N$$

$$F_{2Y} = FxSIN\alpha$$

$$= 62xSIN60^{o}$$

$$= 62x0,87$$

$$= 53,9N$$

Maka F didapat :

$$F = \sqrt{F_X{}^2 + F_{2Y}{}^2}$$

$$F_2 = \sqrt{31^2 + 53,9^2}$$

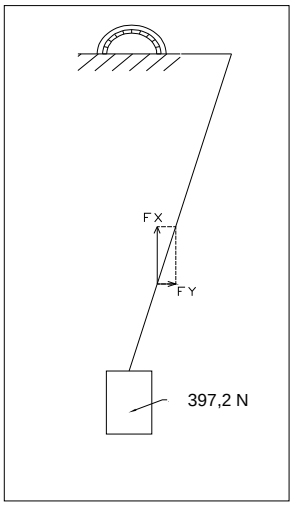
$$F_2 = \sqrt{961 + 2905,2}$$

$$F_2 = \sqrt{3866,2}$$

$$F_2 = 62,2N$$

4.3.3 Gaya pada batang berdasarkan beban air

Dari data diatas dapat kita hitung gaya yang bekerja pada batang penggerak dengan menggunakan persamaan berikut.



Gambar 4.3 Arah gaya berdasarkan beban air

$F_{3X} = FxCOS\alpha$

$= 397,2xCOS60^{o}$

$= 397,2x0,5$

$= 198,6N$

$F_{3Y} = FxSIN\alpha$

$= 397,2xSIN60^{o}$

$= 397,2x0,87$

$= 345,6N$

Maka F didapat :

$F = \sqrt{F_X{}^2 + F_{2Y}{}^2}$

$$F_3 = \sqrt{198,5^2 + 345,6^2}$$

$$F_3 = \sqrt{39402,2 + 119439,4}$$

$$F_3 = \sqrt{158841,6}$$

$$F_3 = 398,5N$$

Jadi gaya total yang bekerja pada batang adalah :

$$F_{total} = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F_{total} = 1,7 + 62,2 + 398,5$$

$$F_{total} = 462,4N$$

Teganggan tarik yang diijinkan terjadi pada batang dengan memasukan data-data sebagai berikut :

- Kekuatan tarik pada besi karbon S30C $\sigma_a = 48kg/mm^2$
- Faktor keamanan = 8

Maka :

$\sigma_a = \sigma / sf$

$\sigma_a = 48/8$

(Ref.1,

$\sigma_a = 6kg / mm^2$

$\sigma_a = 6x9{,}8067 = 58{,}84\,N / mm^2$

hal.26)

4.4 Luas penampang batang penggerak (mm)

$A = \frac{F}{\sigma_a} \Longrightarrow F$ = m x g (Ref.1, hal.25)

Dimana :

A	= Luas penampang batang	(mm)
F	= Gaya pada batang	(N)
σ_a	= Tegangan tarik	(kg/mm²)

Maka luas penampang batang penggerak adalah :

$$A = \frac{462{,}4x9{,}81}{58{,}84}$$

$$A = \frac{4536{,}14}{58{,}84}$$

$$A = 77{,}09\,mm^2$$

4.5 Tegangan aktual batang

Karena gaya yang bekerja dan luas penampang batang diketahui maka kita dapat mengetahui tegangan aktualnya adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{aktual} = \frac{4536,14}{77,09}$$

$$\sigma_{aktual} = 58,84\, N / mm^2$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang ada dalam laporan tugas akhir ini maka dapat diambil kesimpulan yang merupakan inti dari seluruh laporan tugas akhir ini adalah:

1. Material untuk bahan batang penggerak kincir angin sumbu horizontal ini adalah besi karbon S30C
2. Dari hasil perhitungan didapatkan daya yang diperoleh kincir adalah 255,19 watt, sehingga.energi kinetik yang dihasilkan 1,7 N.mm, gaya pompa sebesar 62,2 N dan gaya dari beban air sebesar 398,5 N
3. Maka didapat tegangan total yang bekerja pada batang 462,4 N dengan tegangan aktualnya sebesar 58,84 N/mm^2. sehingga luas penampang yang dibutuhkan sebesar 77,09 mm^2

5.2 Saran

1. Untuk perancangan batang penggerak yang lengkap, maka perlu dilakukan perhitungan menggenai baut yang digunakan
2. Diperlukan data dan referensi yang lengkap dalam perancangan batang penggerak sehingga mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. E.P.Popov, Zainul Astamar, "*Mekanika Teknik*" Edisi Kedua (Versi SI), Erlangga, Jakarta, 1983.
2. Holowenko, A.R. (Terjemah : Prapto, Cendy *"Dinamika Permesinan"* Erlangga, Jakarta, 1980.
3. Khurmi.R.S, Gupta.J.K, *"A Text Book of Machine Design"* , Eurasia Publishing Ram Nagar, New Delhi, 1980.
4. Sularso dan K.Suga. *"Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin"*, Pradyna Paramita, Jakarta, 1985.
5. Stolk, C. Kros, *" Elemen Mesin, Elemen Kontruksi Bangunan Mesin"*, Erlangga, Jakarta, 1993.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros.

Standart dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik $\sigma = \frac{F}{A}$ (Kg/mm^2)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C S35C S40C S45C S50C S55C	Penormalan Penormalan Penormalan Penormalan Penormalan Penormalan	48 52 55 58 62 66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D S45C-D S55C-D	- - -	53 60 72	Ditarik dingin, di gerinda di bubut, atau gabungan antara hal – hal tersebut.

(Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin Sularso hal.3)

Lampiran 2. Baja paduan untuk poros

Standart dan macam - macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik $\sigma = \frac{F}{A}$ (kg/mm^2)
Baja khrom nikel (JIS G 4102)	SNC 2	-	85
	SNC 3	-	95
	SNC 21	Pengerasan kulit	80
	SNC 22	Pengerasan kulit	100
Baja khrom nikel molibden (JIS G 4103)	SNCM 1	-	85
	SNCM 2	-	95
	SNCM 7	-	100
	SNCM 8	-	105
	SNCM 22	Pengerasan kulit	90
	SNCM 23	Pengerasan kulit	100
	SNCM 25	Pengerasan kulit	120
Baja khrom (JIS G 4104)	SCr 3	-	90
	SCr 4	-	95
	SCr 5	-	100
	SCr 21	Pengerasan kulit	80
	SCr 22	Pengerasan kulit	85
Baja khrom molibden (JIS G 4105)	SCM 2	-	85
	SCM 3	-	95
	SCM 4	-	100
	SCM 5	-	105
	SCM 21	Pengerasan kulit	85
	SCM 22	Pengerasan kulit	95
	SCM 23	Pengerasan kulit	100

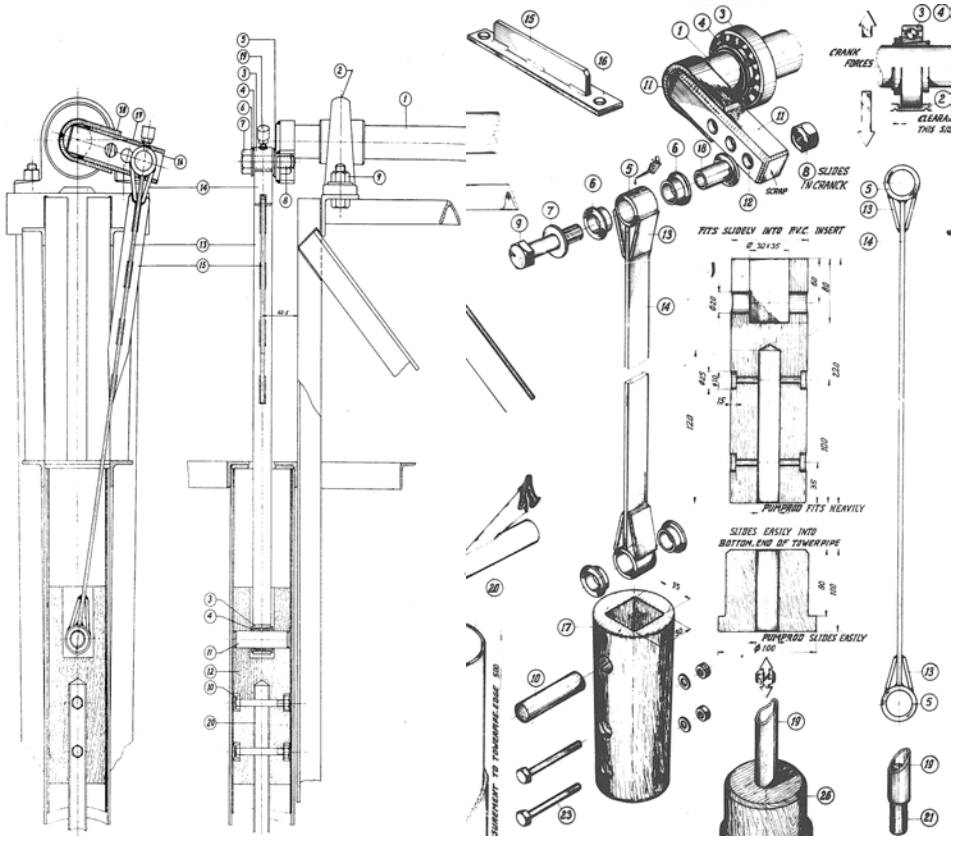
(Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin Sularso hal.3)

Lampiran 3. Faktor keamanan

Bahan	Beban tetap	Beban dinamis	Beban kejut
Besi cor	5 s/d 6	8 s/d 12	16 s/d 20
Besi cor kelabu	4	7	10 s/d 15
Baja	4	8	12 s/d 16
Bhan Paduan	6	9	15
Timber	7	10 s/d 15	20

(Machine design, R.S. Khurmi, hal 88)

Lampiran 4. Batang Penggerak



(Sumber : AT Microfiche Reference Library, Technical Report 1982, by Niek Van de Ven)