

3.3 Proses Pembuatan

3.3.1 Alat dan bahan

3.3.1.1 Alat yang digunakan

Peralatan bantu yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin las listrik dan perlengkapannya.
2. Mesin bor.
3. Mesin bubut dan perlengkapannya.
4. Mesin gerinda.
5. Gunting plat.
6. Palu.
7. Rol meter.
8. Mistar baja.
9. Gergaji besi.
10. Kunci ring.
11. Kunci pas.
12. Kunci inggris.
13. Kunci *shock*.
14. Tang.
15. *Senay*.
16. Amplas.
17. Perlengkapan cat.

3.3.1.2 Bahan yang akan dikerjakan

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Besi pejal St60.
2. Aluminium.
3. Pipa besi.
4. Besi berbentuk lingkaran.
5. Besi siku.
6. Besi plat.
7. Kawat besi.
8. *Bearing*.
9. Rivet.
10. Generator.
11. Baut dan mur.
12. Aki.
13. Lampu LED.
14. Ampere meter.
15. Volt meter.

3.3.2 Langkah Pembuatan

3.3.2.1 Pengerjaan Rangka Utama

1. Bentuk Rangka yang akan dibuat

Rangka dibuat sekuat mungkin berbentuk segitiga yaitu dari besi L dengan ukuran 5 cm x 5 cm, dengan panjang 185 cm.



Gambar 3.3.1 Rangka Utama

2. Langkah Pengerjaan

- a. Mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan, seperti las listrik, gergaji besi, gerinda, palu, dan mesin bor.
- b. Memotong besi L segi empat sesuai ukuran yang sudah ditentukan, yaitu untuk penyangga poros turbin dan tingginya disesuaikan.
- c. Menghaluskan bekas potongan dengan mesin gerinda agar hasil potongan tersebut tidak kasar.
- d. Membuat penyangga horizontal bagian atas terlebih dahulu dengan mengelas titik pada tiap-tiap sudut dan membentuk segitiga.
- e. Membuat penyangga horizontal bagian bawah dengan mengelas titik tiap-tiap sudut dan membentuk segitiga.
- f. Mengelas bagian penyangga vertikal di setiap sudut penyangga segitiga bagian atas, kemudian mengelasnya dengan penyangga horizontal bagian bawah.
- g. Membuat dan memasang alat ukur yang sudah terpasang pada seng, dengan cara dipotong sesuai ukuran dan dibor.

3.3.2.2 Pengerjaan Komponen Utama Turbin

1. Poros

Dengan potongan besi profil bulat pejal yang sesuai ukuran dan jenis bahan St 60 kemudian menggunakan mesin bubut, besi profil bulat tersebut dipasang ke dalam ragam mesin bubut tersebut. Setelah terpasang, mesin bubut dihidupkan dengan putaran rendah kemudian diatur putaran benda kerja sehingga putaran ragam mesin bubut bisa center terhadap benda kerja. Setelah itu dipasang pahat ke dalam rumah pahat secara center. Dengan mengatur kecepatan mesin bubut yang sesuai, kemudian besi profil bulat tersebut dibubut dengan arah memanjang (dikurangi diameternya) sampai diameter yang dikehendaki dengan memberi toleransi agar diameter poros tersebut dapat masuk ke dalam lubang bantalan yang direncanakan. Setelah diameter yang diinginkan sesuai maka

mesin bubut dimatikan, kemudian benda kerja yang ada ragum dilepas dengan menggunakan kunci *shock*.



Gambar 3.3.2 Poros dengan Penyangga Lengan

2. Sudu

Pertama membuat mal dengan ukuran yang telah ditentukan. Bahan yang akan di mal yaitu aluminium dengan cara menggambar di atas bahan sudu sesuai ukuran mal. Kemudian dilakukan pemotongan aluminium dengan menggunakan gunting plat. Setelah dilakukan pemotongan dilanjutkan membuat kelengkungan dengan mengikat ujung-ujung sudu menggunakan kawat sesuai ukuran yang telah ditentukan. Sudu yang telah jadi, diperkuat dengan membuat kerangka yang ditempelkan pada belakang sudu menggunakan besi plat.



Gambar 3.3.3 Sudu

3. Lengan Sudu

Memotong lengan sudu yang terbuat dari besi bulat untuk pemegang sudu yang diinginkan. Lengan sudu yang dibuat berjumlah 18 buah. Pertama lengan sudu dibengkokkan sesuai ukuran yang diinginkan, kemudian dibor untuk penyambungan dengan sudu. Lubang tersebut berjumlah 2 buah pada setiap sudunya dengan diameter 6,5 mm.



Gambar 3.3.4 Lengan Sudu

4. Bantalan (*bearing*)

Bantalan yang digunakan terdapat 2 buah yaitu bantalan poros sudu dan bantalan poros roda gigi.

5. Roda gigi (*gear*)

Jenis roda gigi yang dibuat adalah roda gigi *spurs*. Pertama membuat poros *gear* dengan dibubut sesuai diameter *gear* yang berjumlah 4 buah, kemudian poros dan *gear* dilas agar dapat menyatu. Poros yang sudah terpasang dengan *gear* tersebut pada bagian atas dan bawahnya dipasang *bearing* yang diinginkan. Setelah itu, memasang *gear* yang berjumlah 4 buah tersebut pada besi plat dengan di las. Besi plat tersebut berfungsi untuk rumah *gear*.



Gambar 3.3.5 Roda gigi

3.4 Proses Perakitan

Proses perakitan merupakan suatu proses penggabungan komponen-komponen mesin atau bahan menjadi suatu kesatuan dengan memperhatikan urutan yang telah ditentukan, sehingga menjadi sebuah mesin yang siap digunakan sesuai yang diperhitungkan dan tujuan yang telah direncanakan.

Langkah awal untuk melakukan perakitan adalah melakukan pengecekan komponen-komponen yang hendak dirakit, menyiapkan alat bantu dalam perakitan komponen-komponen serta mempersiapkan langkah-langkah perakitan. Dengan langkah perakitan yang tepat akan mempermudah dan mempercepat proses perakitan itu sendiri serta menjamin keberhasilan rancangan.

3.4.1 Alat Bantu yang Digunakan

Peralatan bantu yang harus dipersiapkan dalam merakit komponen Turbin Angin adalah sebagai berikut:

1. Kunci ring 10, 12, 14.
2. Kunci pas 10, 12, 14.
3. Kunci inggris.
4. Obeng (+) dan (-).

5. Solder listrik.
6. Palu.
7. Perlengkapan cat.

3.4.2 Langkah Perakitan

Langkah perakitan Turbin Angin *Savonius* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan dirakit.
2. Mengecat kerangka turbin.
3. Memasang poros turbin pada kerangka turbin, kemudian dibaut pada bagian bawah poros.
4. Memasang lengan dengan sudu turbin dengan baut M-10.
5. Memasang lengan yang sudah terpasang dengan sudu pada poros turbin, dengan cara di *shock* terlebih dahulu dan di baut M-12.
6. Memasang roda gigi.
7. Memasang generator di atas roda gigi dengan cara mengunci dengan mur-baut M-12 dan M-14.
8. Memasang *control panel* dengan menghubungkan kabel pada generator dan accu.



Gambar 3.3.6 Turbin Angin

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Desain pengujian

Metode yang digunakan pada pengerjaan Tugas Akhir ini adalah gabungan antara perancangan dan eksperimental. Pengujian dilaksanakan apabila perencanaan dan pembuatan turbin angin tipe poros vertikal ini yang telah diselesaikan.

4.2 Tempat Pengujian

Tempat pengujian di Desa Jembangan, Kecamatan Batangan, Kabupaten Pati pada bulan September 2011.

4.3 Tahapan Penelitian

Jika diuraikan, tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data kondisi sekitar misal: kecepatan angin, rapat massa udara.
2. Menentukan spesifikasi awal turbin angin melalui perhitungan.
3. Menentukan profil sudu (*airfoil*) turbin angin.
4. Membuat desain perancangan turbin angin.
5. Pembuatan turbin angin.
6. Optimasi sudu turbin angin.
7. Melakukan pengujian kinerja turbin angin.
8. Analisis data dari pengujian turbin angin.

4.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam rancang bangun turbin angin ini ditetapkan suatu variabel penelitian, sebab suatu variabel penelitian merupakan parameter utama yang mempengaruhi hasil penelitian yang akan dicapai. Pada Penelitian ini ditetapkan 2 variabel yaitu sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dicapai, maka variabel bebas yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah perubahan kecepatan putaran turbin angin yang akan diukur dengan anemometer dan tegangan arus yang dihasilkan.

2. Variabel Kendali

Untuk variabel kendali digunakan lampu hemat energi berdaya 6 Watt.

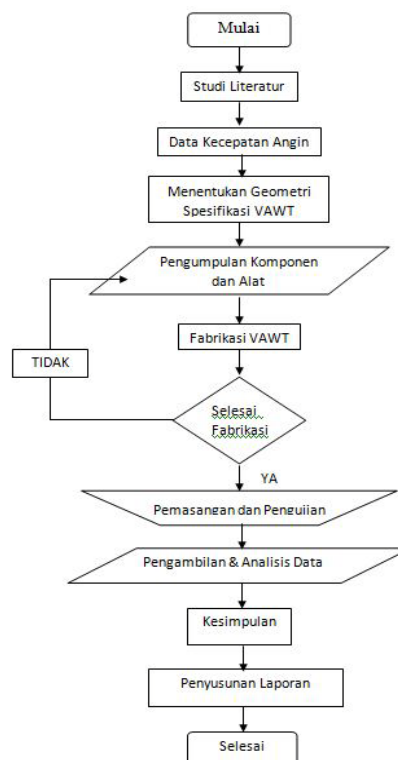
4.5 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan rancang bangun turbin angin tipe poros vertikal dan pengujiannya ini yang digunakan dalam menunjang kegiatan penelitian menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

Bahan	Satuan
Besi Poros ST 60.	1 Meter
Aluminium	6lembar @ 2x1 meter
Gear Box 60:1	1 Buah
Besi Plat Kerangka Sudu	30 Meter
<i>Bearing</i>	2 Buah
Pipa Lengan	18 Meter
Besi Poros Berlubang	2,5 Meter
Baut	M-10 70 buah,M-12 40 buah
Revet	100 buah
Besi Pipa Dudukan <i>Bearing</i>	30 cm
Piringan	3 buah
Gergaji, mata bor	1 set
Aki	1 buah
Generator	1 buah
Besi Kerangka Bawah	15 meter
Kabel	6 meter
Ampere meter	1 buah
Volt meter	1 buah

Alur Perencanaan Pembuatan Turbin Angin Poros Vertikal



Gambar 4.1 Diagram Alir Metode Pembuatan Alat

3.1 Menentukan Spesifikasi Turbin Angin

3.1.1 Menentukan Kecepatan Angin Nominal

Turbin angin yang akan dibuat dirancang untuk dapat memenuhi kebutuhan energi rumah tangga, sehingga penempatannya diupayakan tidak jauh dari daerah pemukiman. Turbin angin ini dirancang untuk penggunaan di Indonesia yang memiliki kecepatan angin pada keadaan normal berkisar antara 0,8 sampai 9 m/s. Pengukuran kecepatan angin ini menggunakan anemometer di Desa Jembangan, Kecamatan Batangan, Kabupaten Pati. Didapat kecepatan angin sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Kecepatan Angin Pada Tanggal 25 September 2011

Waktu (jam)	Kecepatan angin (m/s)
01.00	1.44
02.00	1.36
03.00	1.52
04.00	1.33
05.00	1.48
06.00	1.8
07.00	2.1
08.00	2
09.00	2.6
10.00	3.8
11.00	3.5
12.00	4.8
13.00	4.5
14.00	6.9
15.00	8.3
16.00	7.2
17.00	3.2
18.00	2.9
19.00	2.4
20.00	1.9
21.00	1.82
22.00	1.74
23.00	1.6
24.00	1.48

Jadi berdasarkan data diatas dapat kita ambil kecepatan angin yang digunakan untuk mendesain turbin angin yaitu sebesar 6,3 m/s.

3.1.2 Pemilihan Diameter Rotor, Koefisien Rotor dan *Tip Speed Ratio*

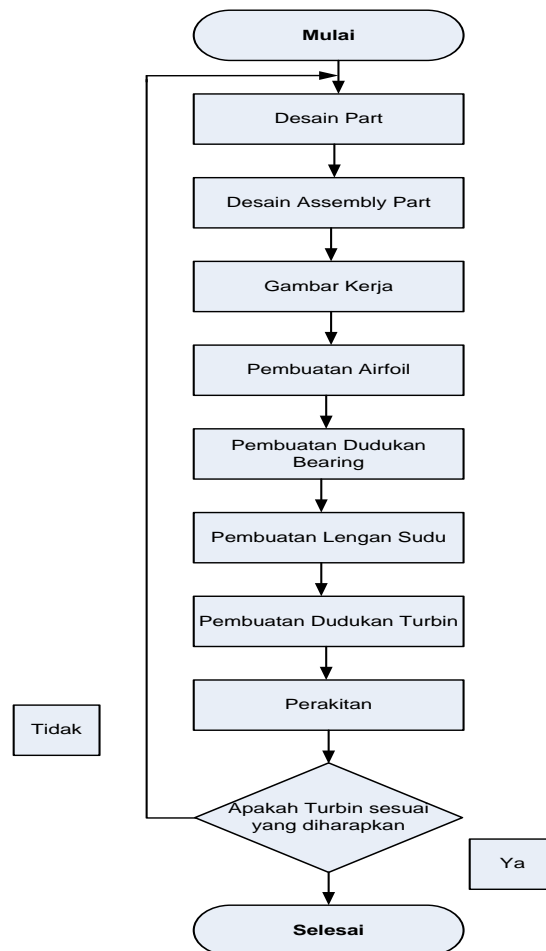
Penentuan diameter rotor dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter diantaranya besar daya yang ingin dihasilkan, kekuatan poros, dan pertimbangan lain yang berkaitan dengan keindahan,

ketersediaan lahan, dan lainnya. Semakin besar daya listrik yang ingin dihasilkan, maka diameter rotor yang diperlukan akan semakin besar.

3.1.3 Daya Mekanik Total yang Terkandung Dalam Angin Melalui Suatu Penampang

Perhitungan daya mekanik total turbin dipengaruhi oleh kecepatan angin yang melintasi penampang melintang pada turbin angin, perhitungan ini menggunakan persamaan (3.1). Dari persamaan tersebut diketahui bahwa dengan kecepatan angin (v), sedangkan densitas udara (ρ) $1,15 \text{ kg/m}^3$ dan luas sapuan penampang (A) dengan 6 buah sudu, sehingga masing-masing sudu memiliki dimensi di dapatkan daya mekanik total yang dikombinasikan dengan *gear* diperoleh sebesar 100 watt.

3.2 Metode Perancangan



Gambar 4.2 Diagram Alir Metode Perancangan

3.3 Desain Perancangan

Desain perancangan *part* menggunakan *software drawing* AutoCAD, Penggambaran desain perancangan dimaksudkan untuk mengetahui gambaran turbin angin, pembuatan, perakitan, maupun pengujian.

3.4 Perancangan dan Pembuatan Komponen Turbin

3.4.1 *Blade Arm* (Lengan Sudu)

Lengan sudu atau jari-jari turbin haruslah lebih pendek dari tinggi sudu turbin angin, jari-jari turbin memiliki panjang 0,64 m. Bahan yang digunakan adalah besi berongga, dipilih bahan ini dikarenakan lengan harus memiliki kekuatan untuk menyangga sudu.

3.4.2 *Bearing House* (Rumah Bantalan)

Bearing House merupakan tempat dudukan *bearing* dan sebagai penahan lengan sudu turbin angin. Bahan yang digunakan untuk rumah *bearing* adalah besi berongga dengan tebal 10 mm. Rumah *bearing* dibuat dengan ukuran yang presisi, dikarenakan perlu kepresisian, agar setiap sisi rumah *bearing* tidak berbeda.

3.4.3 *Gear* (Roda Gigi)

Gear terbuat dari bahan baja karbon rendah, *gear* berfungsi sebagai penerus daya dari turbin angin menuju generator.

3.4.4 *Reel Buffer* (Dudukan Turbin Angin)

Dudukan turbin adalah penyangga dari semua komponen turbin angin, dan sebagai tempat dudukan generator. Bahannya terbuat dari baja karbon rendah. Proses pengelasan dipakai untuk membuat dudukan turbin angin ini.

3.4.5 Generator

Generator yang dipakai merupakan generator DC 12 Volt, dengan Arus 5 Ampere. Generator dibeli di pasaran lokal. Puli pada Generator di lepas dan diganti dengan *gear* untuk menerima transformasi daya dari turbin angin.

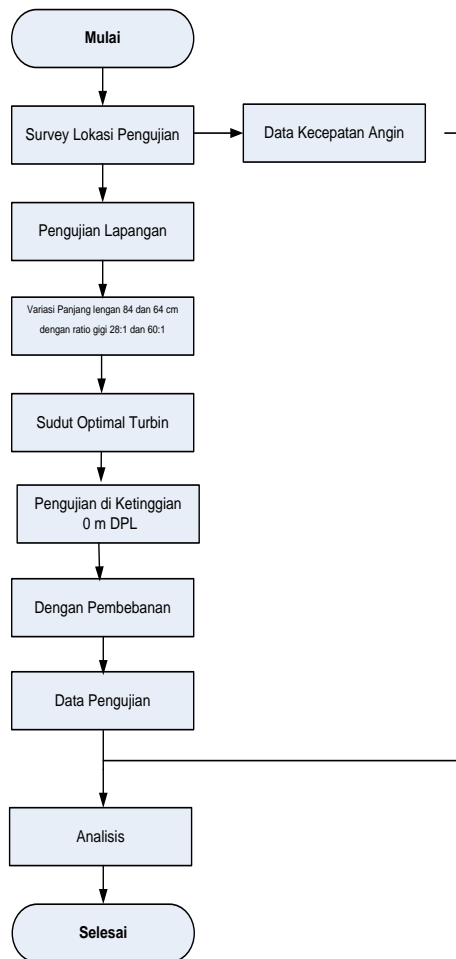
3.4.6 Perakitan Komponen Turbin

Setelah semua komponen turbin telah siap, dilakukan perakitan terhadap semua komponen turbin angin, dan turbin angin siap diuji skala Lab, guna mengetahui kesalahan pada setiap komponen turbin angin.

3.5 Mekanisme Pengujian Turbin Angin

Setelah melakukan pengukuran kecepatan angin dilakukan pengujian turbin angin. Pengujian turbin angin di tepi pantai. Kedua dilakukan pengujian turbin angin di daerah pesisir pantai dan 0 meter diatas permukaan air laut. Percobaan ini dimaksudkan untuk pengambilan data di area pedesaan yang berjarak 3 kilometer dari garis pantai yaitu di Desa Jembangan, Kecamatan Batangan Kabupaten Pati.

3.5.1 Metode Pengujian



Gambar 4.3 Diagram Alir Pengujian

3.5.2 Pengujian Kecepatan Angin

Pengujian kecepatan angin dilakukan untuk mengetahui kecepatan angin disuatu daerah dan waktu tertentu. Pengujian ini dilakukan di pesisir pantai selama 24 jam, dan menghasilkan varian kecepatan angin pada waktu tertentu. Pengujian ini menggunakan anemometer.

3.5.3 Pengujian Turbin Angin dengan Pembebanan di Ketinggian 0 m DPL

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan turbin angin terhadap daya yang dihasilkan dan efisiensi turbin angin, tetapi telah dibebani oleh lampu 6 Watt. Dalam pengujian ini diketahui varian data kelistrikan yang dihasilkan oleh turbin angin menggunakan generator sepeda motor.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Turbin angin jenis vertikal memiliki daya **6 watt**
2. Dengan menggunakan 4 buah variabel yaitu:
 - a. Panjang lengan **84 cm** dengan ratio gear **28:1** menghasilkan daya maksimal **3,3 watt** pada kecepatan angin **7,8 m/s**.
 - b. Panjang lengan **84 cm** dengan ratio gear **60:1** menghasilkan daya maksimal **6 watt** pada kecepatan angin **6,5 m/s**.
 - c. Panjang lengan **64 cm** dengan ratio gear **28:1** menghasilkan daya maksimal **5,08 watt** pada kecepatan angin **8 m/s**.
 - d. Panjang lengan **64 cm** dengan ratio gear **60:1** menghasilkan daya maksimal **6 watt** pada kecepatan angin **4,5 m/s**.

Dari data diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

Semakin pendek panjang lengan, putaran generator yang dihasilkan semakin besar.

Semakin pendek panjang lengan, daya yang dihasilkan semakin besar.

Semakin besar ratio gear yang digunakan, semakin besar putaran generator yang dihasilkan.

Putaran generator berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan.

3. Torsi yang dihasilkan oleh turbin angin ini adalah **9,05 lb-in**.

6.2 Saran

1. Torsi yang dihasilkan sebesar **9,05 lb-in** pada poros ke 4 atau sekitar **1,02 Nm** sangat kurang untuk memutar generator untuk menghasilkan daya yang besar, sehingga direkomendasikan menggunakan generator magnet permanen dari Agus Nurtcahyantomulyo dengan kapasitas daya **200 Watt** pada **450 rpm 8,5 Nm**, sehingga roda gigi yang digunakan harus menggunakan 2 poros dengan perbandingan 5,75:1 yang menghasilkan putaran **230 rpm**, sehingga daya yang dihasilkan bias mencapai **102 Watt**
2. Perawatan turbin angin sebaiknya dilakukan 1 bulan sekali terutama pada sisi pelumasan (bantalan poros dan roda gigi) dan mengecek kekencangan baut bila terdapat baut yang kendur.