

ANALISA PEMANFAATAN TURBIN VENTILATOR SEBAGAI SUMBER LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA

Jamaludin

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33, Cikokol, Kota Tangerang
email : jamaludinpermana14@yahoo.com

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia saat ini sedang dikembangkan untuk menggantikan energi konvensional hal ini dikarenakan menipisnya cadangan energi fosil di Indonesia. Melalui Peraturan Presiden Nomor 05 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) telah menetapkan target pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 25% pada tahun 2025.

Energi angin adalah salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai energi mekanik oleh turbin angin untuk diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin ventilator mampu berputar selama 24 jam berfungsi sebagai kipas hisap, biasanya digunakan di atap pabrik, gudang, gedung olahraga dan sebagainya. Penelitian ini mencoba memanfaatkan turbin ventilator sebagai sumber listrik skala rumah tangga dengan kapasitas 900 Watt.

Dari hasil penelitian ini turbin ventilator dapat digunakan sebagai sumber listrik dengan daya 5,57 Watt. Untuk memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga dengan kapasitas 900 Watt *generator* yang dibutuhkan mempunyai *output* arus 36A tegangan 12V untuk mensuplai baterai 12V 60Ah selama 2 jam dengan lama pemakaian 38,4 menit.

Kata Kunci : Turbin Angin, Turbin Ventilator, Generator, Aki.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Menipisnya cadangan energi fosil di Indonesia merupakan kenyataan yang harus diterima bahwa pemakaian energi berbahan dasar dari fosil telah menjadi salah satu penyebab terjadinya kelangkaan energi, maka sudah saatnya untuk menggalakkan pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan yang dimiliki. Pengembangan energi terbarukan di Indonesia untuk menggantikan energi konvensional ditandai dengan banyak pengembangan energi alternatif untuk menggantikan energi konvensional, seperti: pembangunan PLTU, PLTS, dan PLTA yang menggantikan pembangkit listrik berasal dari bahan bakar minyak dan batu bara.

Indonesia mengoptimalkan pengembangan sumber energi alternatif supaya mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (fosil). Pemanfaatan energi pada tahun 2012 masih relatif kecil dibandingkan dengan sumber-sumber energi berbasis fosil. Pemanfaatan energi terbarukan hanya 4,4%, dibandingkan dengan batu bara 30,7%, minyak bumi 43,9%, dan gas bumi 21%. Melalui Peraturan Presiden Nomor 05 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) telah menetapkan target pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 17% dari total Bauran Energi Nasional (BEN) pada tahun 2025. Target ini akan diperbaharui melalui penetapan Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang telah disiapkan oleh Dewan Energi Nasional (DEN) dengan jumlah target pemanfaatan EBT

ditetapkan sebesar 25% dari jumlah BEN di tahun 2025. Pemerintah mencanangkan 0,2% sampai 0,3% dalam

keseluruhan energi nasional pada tahun 2025 berasal dari tenaga surya atau setara dengan 1.000 *Megawatt peak (MWp)*. Artinya, perlu penambahan 65 *Megawatt peak (MWp)* pertahun. Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/*micro hydro* sebesar 450 MW, *Biomass* 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Upaya untuk mengembangkan energi angin mencakup pengembangan energi angin untuk listrik dan non listrik (pemompaan air untuk irigasi dan air bersih), pengembangan teknologi energi angin yang sederhana untuk skala kecil (10 kW) dan skala menengah (50 - 100 kW) dan mendorong pabrikan memproduksi skala kecil dan menengah secara massal

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis mengidentifikasi beberapa masalah yang akan dijadikan bahan penelitian :

1. Pemanfaatan sumber energi angin skala rendah untuk memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga.
2. Pemanfaatan turbin ventilator sebagai penghasil listrik skala rumah tangga.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan Penelitian :

1. Membuat alat yang dapat memanfaatkan energi angin untuk keperluan penerangan dalam skala rumah tangga.
2. Tersedianya listrik di daerah terpencil terutama untuk listrik rumah tangga.

Manfaat Penelitian:

Pemanfaatan turbin ventilator sebagai sumber tenaga listrik diharapkan mampu menjadi salah satu alat pembangkit listrik tenaga angin dengan skala rendah untuk menjadi sumber tenaga listrik skala rumah tangga.

LANDASAN TEORI

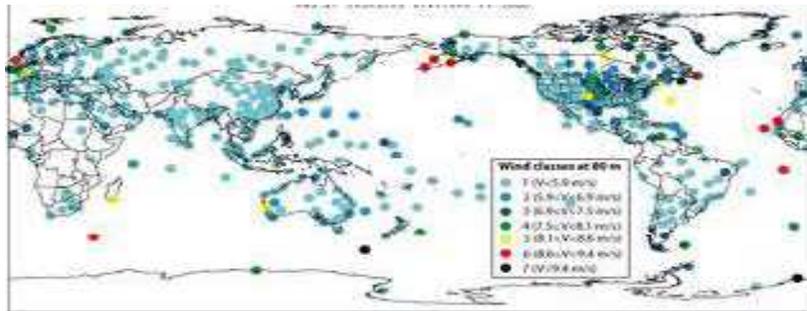
Energi Angin

Pengertian Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi

Tenaga angin menunjuk kepada pengumpulan energi yang berguna dari angin. Pada tahun 2005, kapasitas energi generator tenaga angin adalah 58.982 MW, hasil tersebut kurang dari 1% pengguna listrik dunia. Meskipun masih berupa sumber energi listrik minor dikebanyakan Negara, penghasil tenaga angin lebih dari empat kali lipat antara 1999 dan 2005.

Kebanyakan tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan mengubah rotasi dari pisau turbin menjadi arus listrik dengan menggunakan generator listrik. Pada kincir angin energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik, seperti menggiling atau memompa air. Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak habis-habis, tersebar luas dan bersih.



Gambar 1 Peta Energi Angin di Indonesia

Asal Energi Angin

Semua energi yang dapat diperbaharui dan bahkan energi pada bahan bakar fosil, kecuali energi pasang surut dan panas bumi berasal dari matahari. Matahari meradiasi $1,74 \times 1.014$ Kilowatt jam energi ke Bumi setiap jam. dengan kata lain, bumi ini menerima daya $1,74 \times 1.017$ watt. Sekitar 1-2% dari energi tersebut diubah menjadi energi angin. Jadi, energi angin berjumlah 50-100 kali lebih banyak daripada energi yang diubah menjadi biomassa oleh seluruh tumbuhan yang ada di muka bumi. Sebagaimana diketahui, pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan temperatur antara udara panas dan udara dingin. Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur 0° , adalah daerah yang mengalami pemanasan lebih banyak dari matahari dibanding daerah lainnya di Bumi.

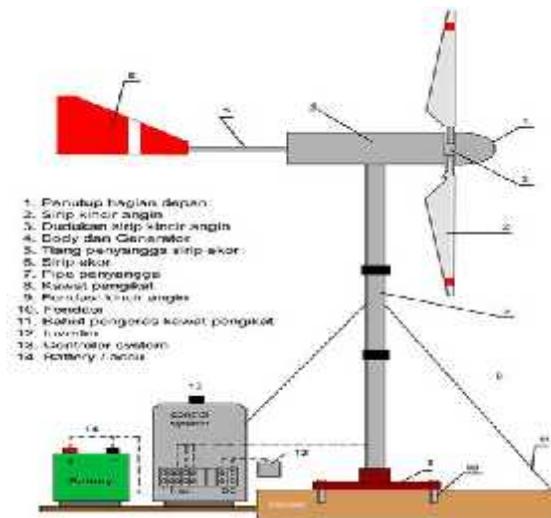
Daerah panas ditunjukkan dengan warna merah, oranye, dan kuning pada gambar inframerah dari temperature permukaan laut yang diambil dari satelit NOAA-7 pada juli 1984. Udara panas lebih ringan daripada udara dingin dan akan naik ke atas sampai mencapai ketinggian sekitar 10 kilometer dan akan tersebar kearah utara dan selatan. Jika bumi tidak berotasi pada sumbunya, maka udara akan tiba dikutub utara dan kutub selatan, turun ke permukaan lalu kembali ke khatulistiwa. Udara yang bergerak inilah yang merupakan energi yang dapat diperbaharui, yang dapat digunakan untuk memutar turbin dan akhirnya menghasilkan listrik.

Definisi Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak digunakan di Denmark, Belanda, dan Negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *windmill*.

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. walaupun sampai saat ini penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Co: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Co: batubara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara sederhana sketsa kincir angin adalah sebagai berikut:



Gambar 2 Sketsa Sederhana Kincir Angin

Jenis Turbin Angin

Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditebuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.



Gambar 3 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Kelebihan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH):

Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin) antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

Kelemahan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH):

1. Menara yang tinggi serta bilah yang panjang sulit diangkut dan juga memerlukan biaya besar untuk pemasangannya, bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.

2. TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
3. Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, *gearbox*, dan generator.
4. TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.
5. Ukurannya yang tinggi merintangai jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan *land skape*.
6. Berbagai varian *down wind* menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.

Turbin Angin Sumbu Vertikal

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

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

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



Gambar 4 Varian Turbin Angin Sumbu Vertikal

Kelebihan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV):

- a. Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
- b. Sebuah TASV bisa diletakkan lebih dekat ke tanah, membuat pemeliharaan bagian-bagiannya yang bergerak jadi lebih mudah.
- c. TASV memiliki sudut *airfoil* (bentuk bilah sebuah baling-baling yang terlihat secara melintang) yang lebih tinggi, memberikan keaerodinamisan yang tinggi sembari mengurangi *drag* pada tekanan yang rendah dan tinggi.
- d. Desain TASV berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat persegi panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya TASH.
- e. TASV memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada TASH. Biasanya TASV mulai menghasilkan listrik pada 10 km/jam (6 m.p.h.)

- f. TASV biasanya memiliki *tip speed ratio* (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenarnya angin) yang lebih rendah sehingga lebih kecil kemungkinannya rusak di saat angin berhembus sangat kencang.
- g. TASV bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.
- h. TASV yang ditempatkan di dekat tanah bisa mengambil keuntungan dari berbagai lokasi yang menyalurkan angin serta meningkatkan laju angin (seperti gunung atau bukit yang puncaknya datar dan puncak bukit).
- i. TASV tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah.
- j. Kincir pada TASV mudah dilihat dan dihindari burung.

Kekurangan Turbin Angin Sumbu Vertikal(TASV):

- a. Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi TASH karena *drag* tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
- b. TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
- c. Kebanyakan TASV mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
- d. Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup.

Turbin ventilator merupakan turbin dengan sumbu vertikal yang memiliki dua fungsi yaitu sebagai turbin angin dan kipas hisap. Turbin ventilator menggunakan energi angin sebagai penggerak turbin ventilasi. Alat ini sering digunakan di atap bangunan yang berfungsi sebagai ventilasi bangunan perumahan dan industri. Energi angin yang berhembus pada sudu turbin ventilator akan menghasilkan *drag force* dan menyebabkan turbin ventilator berputar.

Turbin ventilator sangat cocok digunakan untuk berbagai jenis bangunan seperti pabrik, gudang, gedung olahraga, dapur, rumah tinggal, perkantoran, dan rumah makan. Gambar 2.6 merupakan contoh dari turbin ventilator yang biasa dipasang di atap gedung. Turbin ventilator yang digunakan memiliki dimensi diameter 66 cm = 0,66m, tinggi 35cm = 0,35m, panjang celah sudu 7cm = 0,07m, berat 4616 gr = 4,616 kg dan memiliki blade atau bilah sebanyak 26 buah.



Gambar 5 Turbin Ventilator

Analisa Perhitungan Energi Angin

Perhitungan energi yang dihasilkan oleh energi angin, memenuhi persamaan klasik mengenai energi kinetik, udara yang bergerak dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin. Sehingga daya atau energi persatuan waktu dari angin dapat ditunjukkan dengan persamaan (*Kadir, A 1995*) :

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

P_1 : Daya angin (Watt)
 A = Luas penampang angin/sirip (m^2)
 $= \pi r^2$

v : Kecepatan angin (m/s)
 ρ : Densitas udara (rata-rata : $1,2 \text{ kg/m}^3$)

Sedangkan daya yang dihasilkan turbin angin memenuhi persamaan :

$$P_1 = V I \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana

P_1 = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Perhitungan efisiensi turbin menggunakan persamaan :

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

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 Sukaharja, Kecamatan Sindang Jaya, Kabupaten Tangerang, Banten.

Menghitung kecepatan angin rata-rata angin yang berhembus memiliki kecepatan yang berbeda-beda tiap waktu. Sebelum melakukan penghitungan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin angin kita harus mengetahui kecepatan rata-rata angin yang bertiup di suatu wilayah pada periode tertentu

METODE PENELITIAN

Dalam laporan Tugas Akhir Analisa Pemanfaatan Turbin Ventilator Sebagai Sumber Listrik Skala Rumah Tangga Dengan Kapasitas 900 Watt penulis melakukan beberapa tahapan diantaranya: Bimbingan, Studi Kepustakaan, Pengambilan Data, Analisa, Pembuatan Alat dan Uji Coba. Pembuatan rancangan alat bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan sesuai dengan analisa perhitungan.

1. Mulai

Pada tahap ini penulis mulai penelitian dengan bimbingan/konsultasi dengan dosen pembimbing yang bertujuan untuk mendapatkan pengarahan dari dosen pembimbing dalam penyusunan sistematika laporan tugas akhir dan bentuk yang baik serta koreksi dan masukan materi selama proses pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

2. Studi Kepustakaan

Metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir yang dapat diambil dari skripsi, jurnal, studi lapangan yang digunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian dan menyusun laporan.

3. Pengambilan Data

Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data-data yang akan dianalisa dengan cara melakukan observasi dilapangan dan wawancara.

4. Analisa

Data dari hasil observasi dilapangan dan wawancara kemudian dianalisa untuk menentukan spesifikasi turbin.

5. Pembuatan Alat

Pembuatan alat ini adalah untuk memastikan data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan yang telah dianalisa sesuai dengan hasil perhitungan dan analisa penulis.

6. Pengujian

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa turbin ventilator dapat bekerja sebagai penggerak turbin angin untuk menghasilkan listrik.

ANALISA PEMBAHASAN

Analisa Kecepatan Angin

Dalam proyek tugas akhir ini pengukuran di lakukan untuk mengetahui besar kecepatan angin. Data tersebut sebagai berikut :

1. Asumsi aliran udara dinamis dan incompressible
2. Temperatur lingkungan kerja (T) : 30°C = 303 K dan di asumsikan konstan selama pengambilan data berlangsung.
3. Massa jenis (ρ) = 1,176 kg/m³

Tabel 1 Data Pengukuran Kecepatan Angin

| | 13.00 | | 14.00 | | 15.00 | | 16.00 | | 17.00 | | Rata2 | Rata2 |
|-----------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|
| | Kec | Rpm | Kec | Rpm | Kec | Rpm | Kec | Rpm | Kec | Rpm | Rpm | Kec |
| 28/08 | 2,8 | 712,7 | 2,66 | 677,1 | 4,2 | 1069 | 3,36 | 855,3 | 2,1 | 534,6 | 769,7 | 3,024 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 29/08 | 2,1 | 534,6 | 2,8 | 712,7 | 4,06 | 1033 | 4,2 | 1069 | 2,52 | 641,5 | 798,2 | 3,136 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 30/09 | 1,26 | 320,7 | 3,36 | 855,3 | 4,9 | 1247 | 2,1 | 534,6 | 2,66 | 677,1 | 726,9 | 2,856 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Rata-Rata Keseluruhan | | | | | | | | | | | 764,9 | 3,005 |

Perhitungan energi yang dihasilkan oleh energi angin, memenuhi persamaan klasik mengenai energi kinetik, udara yang bergerak dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin. Sehingga daya atau energi persatuan waktu dari angin dapat ditunjukkan dengan persamaan (2.1) :

$$P_t = \frac{1}{2} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (3,14 \times (0,33)^2 \text{m}^2 \times 3,005^3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^3})$$
$$= 5,57 \frac{\text{kg}}{\text{s}^3} \text{m}^3 \cong 5,57 \text{ watt}$$

Besar torsi yang dihasilkan poros ventilator adalah :

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi N} = \frac{5,57 \text{ watt} \cdot 60}{2\pi \times 764,9 \text{ rpm}} = 0,069 \text{ Nm}$$

Analisa Konstruksi Turbin Ventilator

Komponen alat uji coba ini adalah sebagai berikut :

Analisa Bahan Poros

Pada pemesanan pembuatan poros, masih terdapat ketidak jelasan akan nama bahan yang ada dipasaran. Setelah poros selesai, maka poros tersebut akan kembali di uji agar mendapatkan tipe bahan poros sebagaimana mestinya.

Untuk mengetahui tegangan tarik dari poros tersebut dapat dilakukan uji kekerasan melalui uji kekerasan lekukan (*indentation hardness*). Untuk pengujian kekerasan ini kami menggunakan uji kekerasan *brinell*

dengan menggunakan sistem alat uji *Universal Hardness Tester*. Indentor yang digunakan adalah bola baja dengan diameter (D) 5 mm. Beban penekanan (P) pada alat uji yaitu 300 kg (2940 N).

Data pengujian Brinell didapat dari hasil pengujian di Lab Puspipstek Serpong Tangerang, di dapat data pengujian dan dengan mengacu berdasarkan persamaan rumus (2.12) maka diperoleh harga kekerasan *brinell* (Tabel 4.2) sebagai berikut.

Tabel 2 Harga Kekerasan Brinell Pada Bahan Poros

| No. | Bahan | Diameter indentasi (mm) | Harga kekerasan <i>Brinell</i> (kg/mm ²) | Rata-rata (kg/mm ²) |
|-----|-------|----------------------------|---|------------------------------------|
| 1. | Poros | 1,325 | 540,50 | 540,48 |
| 2. | Poros | 1,295 | 540,91 | |
| 3. | Poros | 1,360 | 540,02 | |

Dengan memasukkan harga kekerasan *brinell* rata-rata ke dalam persamaan rumus (2.13) di atas maka diperoleh harga kekuatan tarik bahan poros tersebut.

$$\begin{aligned} \sigma_B &= 0,345 \times HB \\ &= 0,345 \times 540,48 \text{ N/mm}^2 \\ &= 186,46 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hitungan di atas bahan tersebut mempunyai kekuatan tarik sebesar 186,46 N/mm². Berdasarkan klasifikasi baja karbon, bahan tersebut digolongkan sebagai baja karbon medium (*mild steel*). Berdasarkan tabel baja konstruksi umum menurut DIN 17100 (terlampir) bahan tersebut digolongkan ke dalam baja *ST 60*. dengan No. Bahan 1,0540 dan Jenis Baja Fe60-1 (*Euronoom 25*). Bahan ini dapat diketahui sifat mekanis melalui tegangan tariknya dan sifat-sifat penting yang berpengaruh pada lingkungan. Bahan poros ini keras, ulet, mampu mesin, tangguh, mampu las, tahan terhadap torsi, dan tahan karat.

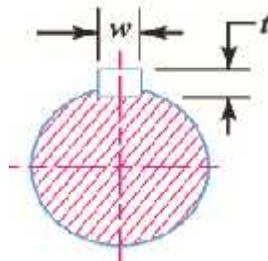
Analisa Poros Ventilator

Pada perencanaan, poros ventilator berupa poros pejal, adapun dalam menentukan besarnya poros sesuai persamaan (2.7) :

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{16 \times 69 \text{ Nmm}}{\pi \times 60 \text{ N/mm}^2}} \\ &= 14,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Analisa Perencanaan Pasak Pada Poros Ventilator

Pasak yang digunakan adalah jenis "pasak benam segiempat". Pasak inilah yang dipergunakan untuk menyambung antara poros motor listrik dan pulli.



Gambar 6 Tipe Dan Ukuran Pasak

Berdasarkan ketentuan ukuran pasak (*Khurmi Gupta*), dimana untuk nilai w dan t adalah sebagai berikut :

$$w = \frac{d}{4} = \frac{12 \text{ mm}}{4} = 3 \text{ mm}$$

Dengan perhitungan diatas didapat ketebalan pasak (w) adalah 3 mm, tetapi untuk keamanan poros motor dan berdasarkan tabel, maka dianjurkan ambil pasak berketebalan 5 mm. Dari Tabel tersebut didapat juga untuk tinggi pasak (t) tersebut sebesar 5 mm.

Dalam perencanaan, besar torsi yang terjadi pada poros harus lebih besar dari torsi yang dipindahkan. Analisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_p &= k \times T \\ &= 1,25 \times 0,069 \text{ Nm} = 0,086 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan pasak tersebut diatas, di perkirakan pada pasak tersebut akan terjadi 2 hal, yaitu :

- a. Pasak Akan Putus Terhadap Gaya Gesek

Dengan asumsi ini, maka pasak akan mengalami gaya keliling, ini terjadi karena poros berputar. Maka panjang pasak yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$L = \frac{2 \times 86 \text{ Nmm}}{5 \text{ mm} \times 42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 12 \text{ mm}} = 0,07 \text{ mm}$$

- b. Pasak Akan Rusak Akibat Tekanan Bidang

Berdasarkan asumsi tersebut, maka panjang pasak yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$L = \frac{4 \times 86 \text{ Nmm}}{5 \text{ mm} \times 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 12 \text{ mm}} = 0,08 \text{ mm}$$

Berdasarkan analisa panjang pasak pada point a dan b tersebut diatas, terdapat ukuran panjang pasak 0,07 mm dan 0,08 mm. Untuk proses perancangan ini, diambil ukuran pasak 0,08 mm dengan alasan gaya akibat tekanan bidang lebih besar dibanding besarnya gaya yang akan memutuskan pasak.

Analisa Putaran Yang Dihasilkan Roda Gigi Kerucut Lurus

Putaran dari Poros Ventilator, selanjutnya akan diteruskan poros ke roda gigi. Roda gigi dalam perancangan ini adalah roda gigi kerucut type lurus, alasan pemilihan roda gigi kerucut adalah dikarenakan letak poros ventilator tegak lurus.

Adapun pada perancangan ini, roda gigi tersebut di pilih dari material yang sudah ada. Dalam artian mencari jenis dan ukuran dipasaran, alasan ini diambil karena dalam pembuatan roda gigi ini akan memakan biaya yang dikalkulasi adalah 3 kali dari harga yang ada di pasaran. Roda gigi ini hanya memindahkan daya. Adapun besarnya putaran yang dihasilkan mengacu pada persamaan (2.29):

$$\begin{aligned} \frac{n_1}{n_2} &= \frac{z_2}{z_1} \rightarrow \frac{764,9 \text{ rpm}}{n_2} = \frac{16 \text{ bh}}{32 \text{ bh}} \\ n_2 &= 1529,8 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Selanjutnya putaran tersebut akan diteruskan ke puli penggerak.

Analisa Perencanaan Kebutuhan Puli

Pada perencanaan puli dan ketersediaannya dipasaran, diambil ukuran puli penggerak 177,8 mm sedangkan puli yang digerakkan 50,8 mm. Besarnya kecepatan dari puli yang digerakkan adalah sebagai berikut :

$$n_3 = \frac{1529,8 \text{ rpm} \times 177,8 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} = 5354,3 \text{ rpm}$$

Dengan demikian, didapat kecepatan akhir puli digerakkan sebesar **5354,3 rpm**.

Analisis Perencanaan Transmisi Sabuk

Pemilihan jenis sabuk disini adalah tipe A dengan ukuran lebar 12,5 mm, tinggi 9 mm dan dengan sudut $2\theta = 40^\circ$. Jenis bahan sabuk adalah *leather*/ kulit. Perancangan sabuk, terdapat beberapa kategori sebagai analisa, yaitu :

a) Kecepatan Linier Sabuk

$$v = \frac{f \times d_1 \times n_1}{60}$$

$$v = \frac{3,14 \times 0,14 \text{ m} \times 1529,8 \text{ rpm}}{60} = 11,21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Adapun kecepatan linear sabuk yang diizinkan adalah sebesar 30 m/s (*Khurmi, 1984*). Dengan demikian perencanaan sabuk dikatakan aman, karena **11,21 m/s < 30 m/s**.

b) Perhitungan Kebutuhan Panjang Sabuk-V (*V-Belt*)

Berdasarkan jari-jari *pulley* yang digunakan serta jarak antara sumbu poros puli penggerak dan yang digerakkan 100 mm, maka kebutuhan panjang sabuk dapat dicari dengan menggunakan persamaan rumus (2.32).

$$L = \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + 2x + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4x}$$

$$L = \left[\frac{3,14}{2} \cdot (177,8 + 50,8) \right] + [2 \cdot 100] + \left[\frac{(177,8 - 50,8)^2}{4 \cdot 100} \right] = 599,22 \text{ mm}$$

Berdasarkan ketersediaan sabuk/ *belt* dipasaran, maka hasil tersebut disesuaikan dengan table yang ada dipasaran (terlampir). Dari table tersebut didapat ukuran 610 mm dengan standar nominal sabuk dipasaran adalah sabuk dengan nomor 24.

c) Tegangan Sisi Kendor (T_2) Dan Sisi Kencang (T_1)

1. Massa dari permeter sabuk adalah :

$$m = 0,009 \text{ m} \times 0,0125 \text{ m} \times 1 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,1125 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

2. Tegangan sentrifugal sabuk adalah :

$$T_c = 0,1125 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \left[11,21 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]^2 = 14,14 \text{ N}$$

3. Tekanan maksimum sabuk adalah :

$$T = \left[5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \times [9 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm}] = 562,5 \text{ N}$$

4. Tegangan sisi kencang sabuk adalah :

$$T_1 = 562,5 \text{ N} - 14,14 \text{ N} = 548,36 \text{ N}$$

5. Tegangan sisi kendor sabuk adalah :

$$\sin \alpha = \frac{\left[\frac{177,8 - 50,8}{2} \right] \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 0,08 \text{ maka } \alpha = 4,59^\circ$$

$$\theta = 180^\circ - (2 \times 4,59) = 170,82^\circ \cong 170,82^\circ \times \pi / 180^\circ = 2,98 \text{ rad.}$$

Analisa yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$\log \left[\frac{T_1}{T_2} \right] = 1,33 \text{ maka } \left[\frac{T_1}{T_2} \right] = 21,4$$

$$T_2 = 25,88 \text{ N}$$

6. Daya yang ditransmisikan oleh sabuk adalah :

$$P = (T_1 - T_2) \cdot v = (553,81 \text{ N} - 25,88 \text{ N}) \times 11,21 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4640,50 \text{ watt}$$

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini penulis dapat menarik kesimpulan bahwa:

1. Cara untuk memnfaatkan turbin ventilator agar dapat digunakan sebagai sumber listrik ialah dengan cara memodifikasi putaran sirip pada ventilator dihubungkan dengan poros ventilator nantinya poros tersebut akan menggerakkan poros rotor pada generator untuk menghasilkan energi listrik dan energi listrik tersebut akan disimpan pada baterai.
2. Besar daya listrik yang dapat dihasilkan oleh turbin ventilator berdasarkan hasil analisa secara teoritis ialah 5,57 W.
3. Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai 12V 60Ah ialah selama 2 jam dengan lama pemakaian 0,64 jam atau 38,4 menit. Untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga dengan kapasitas 900 Watt, maka dibutuhkan generator dengan output arus sebesar 36 Ampere dengan tegangan 12 Volt .
4. Cara untuk memanfaatkan energi listrik yang dihasilkan turbin ventilator untuk memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga dengan kapasitas 900 W ialah dengan cara merubah arus DC dari baterai menjadi arus AC menggunakan rangkaian kelistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Sayogo, Novi Caroko, 2016, *Perancangan dan Pembuatan Kincir Angin Tipe Horozontal Axis Wind Turbine (HAWT) Untuk Daerah Pantai Selatan Jawa*, Skripsi, Prodi Teknik Mesin, UMY, Yogyakarta.

Ansel C. Ugural. 2003. *Mechanical Design: An Integrated Approach*. McGraw-Hill Inc, New York.

Azwarsyah dan Asran. *Prototipe Turbin Skala Kecil Tipe Vertikal Axis untuk Battery Charging di Daerah Remite Area*. Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Vol. 3 No.2 Mei 2009 : 119-124

Edy Sucipto, 2009, *Analisa Daya Generator Pada Pembangkit Iistrik Tenaga Angin*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta..

Fatah, M. 2011. *Studi Experimental dan Numerik Pengaruh Rasio Panjang dan Diameter Turbine Ventilator Terhadap Unjuk Kerja Turbine Ventilator*, Tesis. Surabaya (ID) : Institut Teknologi Sepuluh November.

Hansen, L.H., Hele, L., Blaabjerg, F., Ritchie, E., Munk-Nielsen, S., Binder, H., Sorensen, P., and Bak-Jesen, B. 2001. *Conceptual Survey of Generator and Power Electric for Wind Tuurbine*, Riso National Laboratory, Denmark.

Kadir, A. 1995. *Energi : Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi*, Edisi Ke-2. Universitas Indonesia (UI Press) : Jakarta.

Khurmi, R. S., Gupta, J. K. 2005. *Machine Design*. Eurasia Publising House, New Delhi.

Martono, T. 2010 *Perancangan Kincir Angin Axis Vertikal Type Baru untuk Generator Listrik Teanga Angin*. DI dalam : *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Pengembangan Teknologi

Kimia untuk pengelolaan Sumber Daya Alam Indonesia; 2010 Jan 26: Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta (ID).

Muhammad Jumhadi, 2016, *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Penerangan Sebagai Penyedia Listrik Alternatif*, Prosiding SNRT, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung.

Saito, S., & Surdia, T. 2005 *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradnya Paramita, Jakarta.

Shigley, J.E. 2004 *Standard Handbook Of Machine Design*, California.

Sularso & Kiyokatsu Suga. 1985. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Pradnya Paramita, Jakarta.

Tipler, P. A. 2001. *FISIKA untuk Sains dan Teknik*. Bambang Soegijono, penerjemah; Wibi Hardani, editor. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *PHYSICS for Scientists and Engineers*, Ed ke-3.