

PEMANFAATAN ENERGI ANGIN UNTUK MENGHASILKAN LISTRIK

MARLON HETHARIA¹
SIGIT HERNOWO²
SAIFUL IRIANTO³
KOKOH WICAKSONO⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Diploma IV Teknik Mesin
Politeknik Saint Paul Sorong

Email: loanz345.rh@gmail.com; sigit_hernowo@yahoo.com

ABSTRAK

Pembangkit listrik konvensional merupakan salah satu pembangkit listrik yang menghasilkan polusi. polusi tersebut mengakibatkan global warming yang mengancam kehidupan semua makhluk termasuk manusia. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang digunakan manusia, maka solusi untuk penanggulangan polusi dan kebutuhan listrik tersebut dengan menggunakan pembangkit listrik non-konvensional, dan pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu dari pembangkit non-konvensional tersebut. Pembangkit listrik jenis horizontal merupakan satu diantara pembangkit listrik tenaga angin yang lain. Pembangkit ini dapat menghasilkan listrik dari bantuan angin yang mendorong turbin angin yang telah dibentuk dengan sudut tertentu. Untuk dapat menyesuaikan putaran yang dihasilkan, dibuatlah gearbox yang dapat menghasilkan putaran yang lebih banyak, yang diteruskan ke alternator, selanjutnya listrik yang telah dihasilkan disimpan di aki. Angin sangat penting bagi pembangkit ini untuk menghasilkan listrik, karena tanpa angin pembangkit ini tidak bisa menghasilkan listrik dan juga besarnya daya yang dihasilkan tergantung juga pada kecepatan angin. Begitu juga dengan peranan temperatur semakin rendah temperatur daerah sekitar pembangkit maka semakin besar pula daya yang dapat dihasilkan..

Kata Kunci : *global warming, polusi, pembangkit listrik non-konvensional, turbin angin, daya nyata.*

ABSTRACT

Conventional power plants are one of the power plants that produce pollution. such pollution results in global warming that threatens the lives of all creatures including humans. To meet the needs of electricity used by humans, the solution to overcome pollution and electricity needs is to use unconventional power plants, and wind power plants are one of these non-conventional plants. Horizontal type power plants are one of the other wind power plants. These plants can generate electricity from the help of wind that drives wind turbines that have been formed at a certain angle. To be able to adjust the resulting rotation, a gearbox is made that can produce more revolutions, which is passed on to the alternator, then the electricity that has been generated is stored in the battery. Wind is very important for this plant to generate electricity, because without wind this plant cannot produce electricity and also the amount of power generated depends also on the wind speed. Likewise with the role of temperature, the lower the temperature of the area around the plant, the greater the power that can be generated.

Keywords: *global warming, pollution, unconventional power generation, wind turbines, real power.*

PENDAHULUAN

Listrik mungkin telah menjadi kebutuhan bagi sebagian orang karena listrik membuat lampu dapat bercahaya, sehingga manusia dapat melihat ketika malam hari. Semakin meningkatnya kebutuhan manusia mengenai listrik maka peneliti melakukan penelitian untuk dapat memenuhi segala kebutuhan manusia tersebut. Namun, segala sesuatu yang ditemukan pastinya mempunyai dampak yang signifikan

bagi alam disekitarnya, misalnya Genset atau generator set. Alat ini memang memproduksi atau menghasilkan listrik dengan memanfaatkan putaran dari flywheel yang dihasilkan dari pembakaran yang diteruskan ke generator. Karena adanya pembakaran maka terjadilah asap yang bisa membuat kadar oksigen didunia ini menipis atau mempertebal efek rumah kaca yang bisa saja membuat tanaman atau tumbuhan akan mati karena panas yang berlebihan. akibatnya panas yang berlebihan tersebut dapat

mengakibatkan kekeringan atau biasa juga disebut dengan global warming.

Dengan adanya alat pembangkit listrik non-konvensional maka global warming dapat dikurangi dan juga kadar oksigen yang terdapat di bumi tidak menipis sehingga manusia dapat bernapas tanpa ada rasa khawatir tentang adanya kekurangan oksigen. Pembangkit listrik non-konvensional tidak menggunakan atau memanfaatkan pembakaran yang bisa menghasilkan listrik namun pembangkit listrik non-konvensional menggunakan tenaga alami dari alam yang menghasilkan tenaga, contoh pembangkit tersebut yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), dan juga Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PTLTA). Sumber utama yang digunakan oleh pembangkit listrik non-konvensional tidak akan habis tidak seperti pembangkit listrik konvensional yang menggunakan minyak bumi yang pasti akan habis jika diambil terus - menerus. Sumber utama dari pembangkit listrik non-konvensional juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pembangkit listrik Konvensional yang mempunyai emisi gas buang yang besar dan berdampak bagi kelangsungan hidup tumbuhan, hewan bahkan manusia.

PTLTA (pembangkit listrik tenaga angin), merupakan satu dari beberapa pembangkit listrik non-konvensional yang memanfaatkan angin sebagai sumber utama untuk menghasilkan listrik. Pembangkit ini tidak menghasilkan emisi gas buang namun, tidak juga sepenuhnya pembangkit ini ramah lingkungan misalnya, dampak visual, derau suara beberapa masalah ekologi dan juga keindahan. Untuk menghasilkan listrik yang memanfaatkan angin maka dibutuhkan kincir angin untuk menghasilkan putaran, sama halnya dengan pembangkit listrik konvensional yang memanfaatkan putaran dari hasil pembakaran.

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian Angin Dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Angin atau yang biasa kita sebut energi angin merupakan bentuk tidak langsung dari energi matahari karena angin terjadi oleh adanya pemanasan yang tidak merata pada permukaan bumi oleh matahari dan perputaran bumi pada porosnya atau biasa disebut dengan rotasi bumi.

Angin secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu *angin planetary* dan *angin local*. (sumber : mesin konversi energi, hal 287)

Angin planetary merupakan Angin yang akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini disebabkan oleh penyinaran matahari, pada siang hari sinar matahari memanaskan permukaan bumi, namun panas yang terserap oleh bumi tersebut besarnya tidak merata. Akibatnya, aliran udara bergerak dari daerah yang mempunyai tekanan yang lebih tinggi ke daerah yang memiliki tekanan lebih rendah. Udara yang bergerak akan semakin kencang bila perbedaan tekanan daerah tersebut semakin besar. Contohnya angin yang memanaskan pada daerah permukaan bumi dekat ekuator lebih besar daripada kutub utara dan kutub selatan. Hal ini menyebabkan udara hangat di daerah tropis naik dan mengalir melalui atmosfer ke kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke ekuator di dekat permukaan bumi. Sedangkan *angin local* disebabkan dua mekanisme yaitu perbedaan panas antar daratan dan air, dan yang kedua yaitu bukit dan lembah.

Pada dasarnya angin bertiup di semua daerah di permukaan bumi. Artinya, di mana angin bertiup, tempat tersebut mempunyai potensi untuk memanfaatkan energi angin. Namun, untuk mendapatkan angin dengan kecepatan tinggi perlu dilakukan analisis terlebih dahulu. Secara umum daerah datar lebih menguntungkan dibandingkan daerah bertopografi beragam. Beberapa contoh daerah yang memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi antara lain seperti daerah pantai, lepas pantai, padang pasir, padang rumput dan lain-lain. Namun terdapat juga tempat-tempat yang bisa meningkatkan kecepatan angin seperti di puncak bukit, atau di celah antara pegunungan juga di tepi pantai. (sumber : sofyan, 2010)

Dengan adanya Potensi angin tersebut sehingga dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik seperti pembangkit listrik tenaga angin. Pembangkit listrik ini sendiri mengkonversikan energi kinetik menjadi energi mekanik dan dikonversikan menjadi energi listrik. Pembangkit ini merupakan kebalikan dari kipas angin, pada kipas angin listrik dibutuhkan untuk menghasilkan angin. Namun, pada pembangkit ini angin dibutuhkan untuk membangkitkan listrik. Putaran yang telah didapat pada turbin akan diteruskan ke generator

atau dinamo ampere untuk menghasilkan listrik dan disimpan di baterai untuk berbagai keperluan.

Perkembangan Kincir Angin

Kincir angin merupakan sumber alternatif yang ramah lingkungan. Awal mulanya kincir angin digunakan pada zaman Babilonia untuk penggilingan padi. Penggunaan Teknologi modern di mulai pada tahun 1930, diperkirakan ada 600.000 buah kincir angin untuk berbagai keperluan. Saat ini kapasitas daya yang dihasilkan kincir angin skala industri antara 1 – 4 MW. Kincir angin adalah teknologi energi yang paling cepat perkembangannya di dunia. Kapasitas instalasi global berkembang dari 2500 megawatt (MW) pada tahun 1992, menjadi 40.000 MW pada akhir 2003, dengan pertumbuhan rata-rata per tahun sebesar 30%. Hampir tiga perempat kapasitas instalasi energi angin kini berada di Eropa. Saat ini, energi ini telah memenuhi kebutuhan listrik 35 juta rumah tangga Eropa. Ketertarikan terhadap energi angin semakin berkembang karena sebagian masyarakat semakin sadar tentang perlunya pengembangan energi yang bersih dan berkelanjutan di masa depan. Delapan puluh persen penduduk sangat mendukung penggunaan energi yang dapat diperbaharui.

Penggunaan angin sebagai sumber energi memiliki setidaknya dua keuntungan. Dari segi ekonomi, sumber energi ini mampu mengurangi penggunaan bahan bakar minyak, serta menciptakan lapangan pekerjaan baru di bidang pembuatan dan pemeliharaan kincir angin, serta distribusinya. Tenaga angin menunjuk kepada pengumpulan energi yang berguna dari angin. Pada 2005, kapasitas generator tenaga-angin adalah 58.982 MW, hasil tersebut kurang dari 1% penggunaan listrik dunia. Meskipun masih berupa sumber energi listrik minor di kebanyakan negara, penghasilan tenaga angin lebih dari empat kali lipat antara 1999 dan 2005. Tenaga angin digunakan dalam ladang angin skala besar untuk penghasilan listrik nasional dan juga dalam turbin individu kecil untuk menyediakan listrik di lokasi yang terisolir. Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak habis-habis, tersebar luas, bersih, dan merendahkan efek rumah kaca.

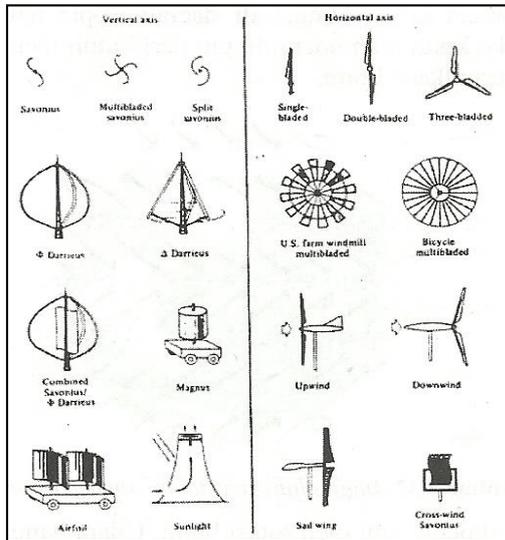
Baru-baru ini, pemerintah Inggris mengumumkan pembentukan Departemen Energi dan Perubahan Iklim (*Department of*

Energy and Climate Change). Pembentukan departemen baru ini semakin memperkokoh posisi Inggris dalam memerangi perubahan iklim melalui pembangunan energi yang lebih *sustainable* (berkelanjutan). Penggabungan Energi dan Perubahan Iklim di dalam satu departemen secara eksplisit merupakan pengakuan Inggris bahwa sektor energi (jika dikelola secara tidak tepat) memberi dampak buruk pada kesinambungan lingkungan hidup. Melihat dari namanya, departemen ini kelak akan menjadi pusat pengembangan energi terbarukan (*renewable energy*) di Inggris. Atas inisiatif ini, dukungan positif mengalir dari industri energi terbarukan dan lembaga-lembaga lingkungan hidup. "Kalangan industri percaya bahwa pembentukan sebuah departemen yang menangani perubahan iklim dan suplai energi di satu tangan, adalah langkah tepat bagi Inggris untuk mencapai target energi terbarukan 2020,"

Menurut Suripno, peneliti dari Pusat Teknologi Dirgantara Terapan Lapan, penerapan PTLTA berkapasitas besar dari negara subtropis dengan karakteristik angin yang relatif kencang dan searah memang kurang layak untuk Indonesia. Teknologi PTLTA dari Eropa bekerja dengan rezim kecepatan angin 12-14 meter per detik. Dari penelitian Lapan di 130 titik, hanya ada 7 lokasi yang menunjukkan kecepatan angin relatif memadai, yaitu di atas 6 meter per detik antara lain di NTT (Timor Tengah Selatan, Kupang bagian selatan), dan Sulsel (Pulau Selayar dan Kepulauan Sidrap). (sumber : ikawati, 2009)

Menurut Ichsan, PTLTA itu bekerja dengan konsep yang sangat sederhana. Ketika angin dari pantai berembus kencang, turbin pun bergerak kencang serupa baling-baling. Kekuatan inilah yang kemudian ikut menggerakkan peralatan yang ada di bawah mulai dari gear box, kemudian pulley. Selanjutnya, pulley itu pun menggerakkan kompresor untuk mengalirkan angin ke dalam tangki. Angin yang sudah tersimpan dalam tangki akhirnya kembali dikeluarkan untuk menggerakkan turbin pemutar. Putaran dari turbin akhirnya turut mendorong munculnya energi listrik dari generator. "Dari hasil rancangan saya ini, energi listrik yang dihasilkan mencapai kekuatan 300 watt dengan voltase 3.000 volt," ujarnya. Rancangan ini sudah berhasil diujicobakan di rumahnya dan di Balai Benih Udang di Pantai Jatimalang. (sumber : *rukmorini*, 2009)

Dalam perkembangan kincir terdapat dua jenis kincir yang telah ada diantaranya, jenis vertical dan jenis horizontal. lihat gambar dibawah!



Gambar 1. turbin angin jenis vertical dan horizontal

Jenis horizontal

Pada jenis horizontal, jenis turbin yang digunakan hampir sama dengan yang digunakan pada pesawat. Pada jenis ini juga menggunakan tiang vertical untuk menopang turbin tersebut dan dibagian belakang dari kincir diletakkan anemometer yang berfungsi untuk bisa mencari arah mata angin yang mempunyai kekuatan angin yang besar. Pada jenis ini jumlah bilah yang digunakan ada beberapa macam contohnya 2 bilah, 3 bilah, 4 bilah, sampai ada yang menggunakan 8 bilah. Kegunaan jumlah bilah yang digunakan juga berpengaruh terhadap kecepatan turbin angin dan kemudahan turbin angin untuk berputar. Semakin banyak jumlah bilah yang digunakan maka akan semakin mudah untuk dapat berputar. Namun, dengan jumlah bilah yang banyak tidak akan berputar dengan kecepatan tinggi ketika telah berputar karena adanya beban pada masing – masing bilah, jika semakin banyak bilah semakin banyak beban yang harus ditopang. Tidak seperti halnya dengan bilah yang jumlahnya sedikit, pada putaran awal pasti akan sangat sulit berputar. Namun, setelah berputar maka putarannya akan semakin cepat dibandingkan dengan jumlah bilah yang lebih banyak dengan kecepatan angin yang sama.



Gambar 2. jenis turbin angin horizontal dengan 3 blade dan 6 blade.

Jenis vertical

Pada turbin angin jenis ini blade ataupun kipasnya berdiri tegak tidak seperti halnya pada jenis horizontal. Jenis ini tidak menggunakan anemometer untuk mencari arah mata angin untuk memutar blade. Turbin angin ini pertama kali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920 dan sarjana Finlandia bernama S. Savonius.



Gambar 3. Dua turbin angin vertical jenis darrieus



Gambar 4. Turbin angin vertical jenis savonius.

Komponen – Komponen PLTA

Adapun komponen pembangkit listrik tenaga angin beserta fungsinya adalah:

1. Alternator, berfungsi untuk mengubah energi mekanik mesin menjadi tenaga listrik. Pada alternator terdapat adanya kick out untuk melepaskan sambungan ke aki/ baterai saat aki/ baterai tersebut penuh. Alternator yang akan dipakai yaitu alternator dengan IC regulator, adapun ciri – ciri alternator tersebut yaitu:
 - Ukuran kecil dan outputnya tinggi
 - Tidak diperlukan penyetulan voltage (tegangan)
 - Mempunyai sifat kompensasi temperatur untuk kontrol tegangan

yang dimiliki untuk pengisian baterai dan suplai ke lampu – lampu

- Tahan terhadap getaran yang lebih tinggi dan tahan lama.

(sumber : *Toyota step 2*, hal 6-25)



Gambar 5. Alternator

2. Kincir atau turbin angin, berfungsi untuk menahan angin dan memutar poros input yang akan diteruskan ke alternator. pada kincir dibuat sudut tertentu agar nantinya dapat berputar ketika angin mendorong kincir.



Gambar 6. Kincir atau turbin angin

3. Poros transmisi, berfungsi untuk memindahkan tenaga mekanik salah satu elemen mesin ke elemen mesin yang lainnya (sumber : *elemen mesin*, hal 169) . Pada pembangkit listrik tenaga angin ini menggunakan 2 poros yaitu :

1. Poros input, berfungsi untuk meneruskan putaran yang dihasilkan oleh kincir atau turbin ke alternator.



Gambar 7. Poros input

2. Poros output, poros ini terhubung langsung dengan alternator yang berfungsi meneruskan putaran dari poros input.



Gambar 8. Poros output

4. Gear box atau transmisi langsung, Dimana sebuah piringan atau roda pada poros yang satu dapat menggerakkan roda serupa itu pada poros kedua melalui kontak langsung

(sumber : *elemen mesin*, hal 343). Di dalam gear box ini diberikan 2 buah gigi yang mempunyai jumlah berbeda, ini dimaksudkan untuk dapat memperoleh putaran yang tinggi. Sehingga gear input harus lebih besar dari gear output. Gear atau gigi sendiri berfungsi untuk meneruskan putaran yang membutuhkan power atau tenaga. Gigi yang dipakai di dalam gear box ini jenis roda gigi silinderik, yaitu dua buah silinder yang saling bersinggungan menurut sebuah garis lukis (sumber : *elemen mesin*, hal 349)



Gambar 9. Gear box

5. Aki atau baterai, berfungsi untuk menyimpan arus yang dihasilkan oleh alternator.



Gambar 10. Aki atau baterai

6. Inverter, berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC ataupun sebaliknya.



Gambar 11. Inverter

7. Tower, berfungsi untuk menopang beban dari pembangkit listrik tersebut.

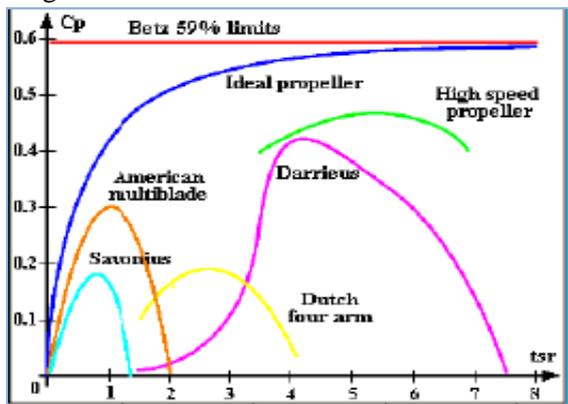


Gambar 12. Tower

Dasar Perhitungan

Sebuah pembangkit tenaga listrik dibuat dengan cara menggabungkan beberapa elemen, mulai dari turbin, dynamo ampere/ alternator, penyimpan putaran, aki dll. Alat ini bertujuan untuk dapat menghasilkan listrik untuk bisa memenuhi kebutuhan listrik pada rumah atau daerah tertentu. Angin akan memutar sudut turbin, kemudian memutar sebuah poros yang dihubungkan dengan generator, lalu menghasilkan listrik. (sumber: <http://www2.kompas.com>).

Secara teori, besarnya efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin adalah sebesar 0.59 sesuai dengan batas Betz (Betz limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai. Oleh rotor turbin angin tipe horizontal. Namun, pada kenyataannya karena ada rugi – rugi gesekan dan kerugian di ujung sudut, efisiensi aerodinamik dari rotor, η_{rotor} ini akan jauh lebih kecil lagi yaitu berkisar pada harga maksimum 0,45 saja untuk sudut yang dirancang sangat baik.



Gambar 13. Grafik efisiensi turbin angin menurut betz limit

Tabel 1. Tanda angin pada kondisi alam di daratan

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kondisi Alam di Daratan
1	0.00 ~ 0.02	
2	0.3 ~ 1.5	angin tenang, Asap lurus ke atas.
3	1.6 ~ 3.3	asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.4 ~ 5.4	wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5.5 ~ 7.9	debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang.
6	8.0 ~ 10.7	ranting pohon bergoyang, bendera berkibar.
7	10.8 ~ 13.8	ranting pohon besar bergoyang, air plampung berombak kecil
8	13.9 ~ 17.1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.2 ~ 20.7	dpt mamatahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 ~ 24.4	dpt mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 ~ 28.4	dpt merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5 ~ 32.6	menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 ~ 36.9	tornado

1. Daya Total

Daya total aliran angin adalah sebanding dengan tenaga kinetik aliran udara: Dimana:

$$P_{tot} = m \frac{V_i^2}{2gc} \tag{1}$$

Massa aliran udara per detik dapat dihitung dengan persamaan:

$$m = \rho \cdot A \cdot V_i \tag{2}$$

$$A = \pi r^2 \tag{3}$$

$$\rho = \frac{P}{RT} \tag{4}$$

(sumber : mesin konversi energi, hal 295)

Sehingga didapatkan:

$$P_{tot} = \frac{1}{2gc} \rho \cdot A \cdot V_i^3 \tag{5}$$

Dari persamaan tersebut disimpulkan bahwa daya total dari aliran angin adalah sebanding dengan kerapatan udara, luas penampang baling-baling dan kecepatan angin.

(sumber : mesin konversi energi, hal 290-291)

2. Daya Maksimum

Daya maksimum angin yang dapat diserap oleh sudut turbin yaitu:

$$P_{max} = \frac{8}{27 \cdot gc} \rho \cdot A \cdot V_i^3 \tag{6}$$

(sumber : mesin konversi energi, hal 293)

3. Daya Nyata

Daya nyata adalah daya yang yang dapat dimanfaatkan oleh turbin untuk dijadikan sebuah energi baru. Daya ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P = \eta P_{tot} = \eta \frac{1}{2gc} \rho \cdot A \cdot V_i^3 \tag{7}$$

(sumber : mesin konversi energi, hal 294)

4. Torsi

Pada semua benda yang berputar selalu terdapat torsi, yaitu gaya yang menyebabkan sebuah tetap dapat berputar pada kecepatan putarnya. Besarnya torsi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$T = \frac{P}{\omega} \tag{8}$$

$$\omega = \pi \cdot D \cdot N \tag{9}$$

$$N = \frac{V_i}{R} \tag{10}$$

(sumber : mesin konversi energi, hal 295) & (sumber : elemen mesin, hal 395)

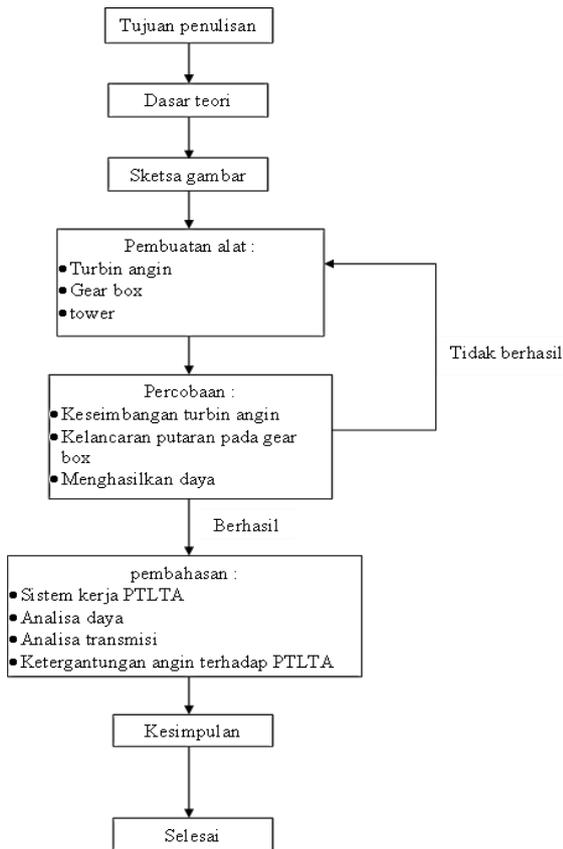
5. Perbandingan Gigi

$$i = \frac{N_2}{N_1} \tag{11}$$

$$N_1 = \frac{\omega}{2\pi} \times 60 \tag{12}$$

(sumber : elemen mesin, hal 345)

METODOLOGI PENELITIAN



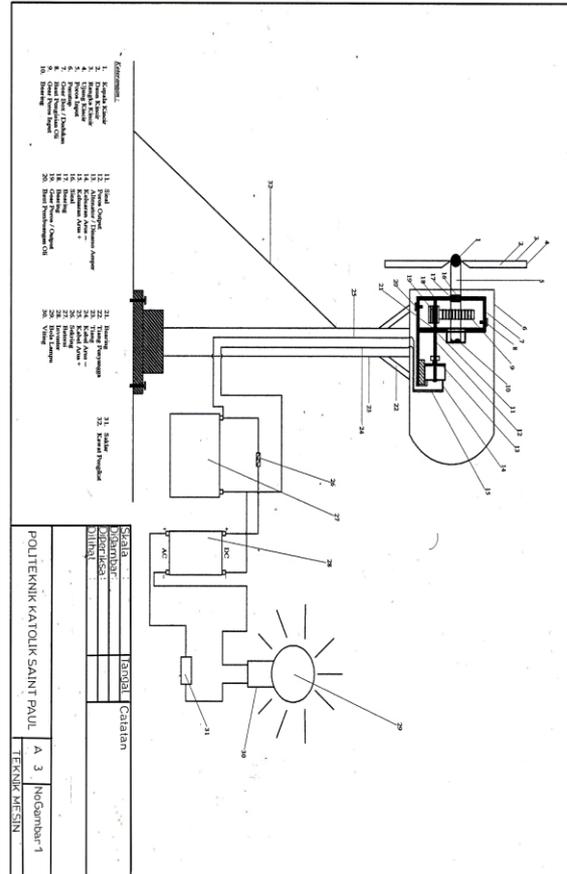
Gambar 14. Diagram alir penelitian

Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Cara kerja pembangkit listrik ini dimulai dengan, Angin yang menabrak kincir membuat kincir dapat berputar karena adanya perbedaan sudut yang terletak pada daun kincir. Putaran pada turbin angin akan diteruskan ke poros input yang akan menggerakkan gear input juga, pada gear ini jumlahnya giginya lebih banyak daripada gear output yang terhubung dengan gear input untuk dapat memperoleh putaran yang lebih banyak. Sehingga putaran diteruskan ke gear output. Karena adanya putaran pada gear output maka otomatis poros output juga akan ikut berputar, sehingga memungkinkan alternator ikut berputar karena terhubung dengan poros output. Putaran yang terdapat pada alternator inilah yang nantinya menghasilkan listrik. Untuk menyimpan listrik yang dihasilkan oleh alternator maka disiapkanlah aki/ baterai yang juga terhubung dengan alternator. Karena peralatan elektroik yang berada di Indonesia menggunakan arus berjenis AC maka disiapkanlah inverter. Inverter berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC.

Sehingga listrik yang dihasilkan dari angin yang melewati beberapa proses tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan tergantung pengguna pembangkit listrik tersebut.

Gambar Rancangan Alat



Gambar 15. Rancangan Alat

PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Alat

Pada pembuatan atau perancangan alat ini dilakukan dengan beberapa tahap diantaranya :

Pembuatan turbin angin

Bahan yang digunakan untuk membuat turbin yaitu;

1. Aluminium 1 lembar
 bahan ini dipilih karena mempunyai berat yang ringan dan juga bahan ini dipilih karena kelenturannya untuk dibentuk, sehingga mudah untuk membentuk sudut pada turbin yang direncanakan. Setelah bahan telah disiapkan, maka selanjutnya proses pembuatan turbin.

Langkah pertama aluminium dibentuk sesuai pada gambar sebanyak 3 buah.



Gambar 16. Proses pengerjaan turbin



Gambar 17. Bentuk daun kincir yang telah dipotong

Daun kincir yang telah dipotong selanjutnya di rivet agar daun kincir tidak bergerak.



Gambar 18. Proses pengrivetan daun kincir

Langkah kedua siapkan rangka penahan untuk menghubungkan turbin dengan kepala turbin. lihat gambar dibawah ini!



Gambar 19. Kepala turbin

Setelah itu hubungkan semua turbin dengan kepala turbin. Lihat gambar dibawah.



Gambar 20. Turbin angin beserta kepala turbin

Pembuatan gear box

Pembuatan gear box dimaksudkan untuk dapat menghasilkan putaran yang tinggi, karena adanya perbedaan jumlah gigi yang terdapat didalam gear box. Bahan yang digunakan yaitu :

- Plat tebal 2 cm dengan panjang dan lebar
 - ✓ 25 cm x 11 cm 2 buah
 - ✓ 25 cm x 19 cm 2 buah
 - ✓ 15 cm x 11 cm 2 buah
- Gear pada poros input 1 buah



Gambar 21. Gear pada poros input

- Gear pada poros output 1 buah



Gambar 22. Gear pada poros output

- Poros vespa 1 buah



Gambar 23. Poros input

- Bearing dan seal @ 4buah
- Poros dengan diameter 1 buah

Setelah bahan semua telah tersedia maka langkah selanjutnya pembuatan gear box. Langkah – langkah pembuatan gear box diantaranya :

1. Siapkan plat yang telah tersedia diatas.
2. Poros vespa dan gear input digabungkan.

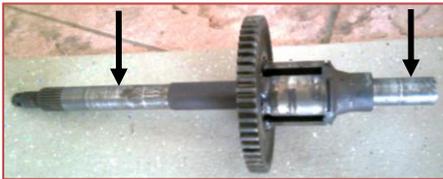


Gambar 24. Gear input dan poros input



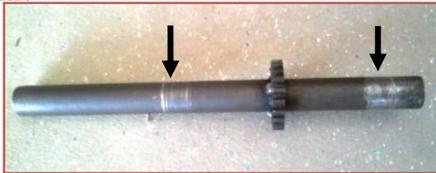
Gambar 25. Proses pengerjaan poros input dan gear input

3. setelah poros telah selesai di las selanjutnya membuat lubang untuk tempat retaining ring agar bearing tidak bergerak.



Gambar 26. Poros input dan bagian yang dibubut

4. Selanjutnya poros output dilas dan dibubut seperti poros input, lihat gambar dibawah ini!



Gambar 27. Poros output dan bagian yang dibubut



Gambar 28. External retaining ring

5. Plat yang telah dipotong – potong selanjutnya dilas lalu membentuk seperti gambar dibawah!



Gambar 29. Housing gear box



Gambar 30. Proses pembuatan housing gear box

6. Setelah housing gearbox telah selesai dilas, langkah selanjutnya menggerinda bagian – bagian yang menonjol pada saat pengelasan.



Gambar 31. Proses menggerinda

7. Setelah proses menggerinda telah selesai selanjutnya, housing gear box dibubut sesuai dengan diameter poros input dan poros output beserta bearing yang akan diletakkan di poros. Setelah proses pembubutan selesai, bagian depan poros input yang terhubung dengan turbin diberikan penutup kepala. Setelah itu dilakukan proses pengecatan.



Gambar 32. Gambar gear box beserta porosnya

8. Selanjutnya buat sambungan dari gearbox ke alternator



Gambar 33. Sambungan gear box ke alternator

9. Setelah itu selanjutnya hubungkan alternator dengan gearbox.



Gambar 34. Alternator dan gearbox

Pembuatan tower

Tower merupakan penyangga beban dari turbin dan gearbox sehingga tower harus dibuat dengan bahan yang kuat yang bisa menahan beban tersebut. Bahan yang digunakan untuk membuat tower yaitu :

- Besi siku dengan panjang 6 meter, 2 buah
- Besi yang telah tersedia di potong dengan panjang masing – masing yaitu :
- Panjang 150 cm, 4 buah
- Panjang 40 cm, 4 buah
- Panjang 60 cm, 4 buah



Gambar 35. Proses pemotongan besi siku

Besi yang telah dipotong kemudian di las dan dirangkai sesuai dengan gambar. lihat dibawah!

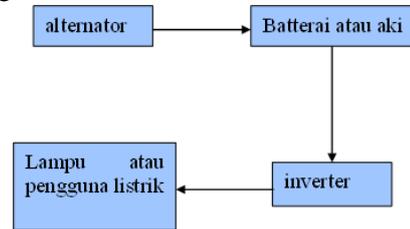


Gambar 36. Tower

Merangkai sistem listrik pada pembangkit listrik

Rangkaian listrik pada pembangkit listrik tenaga angin sangat penting karena rangkaian ini berfungsi untuk mendistribusikan semua hasil pemanfaatan putaran dari kincir. Tanpa adanya rangkaian ini maka listrik tidak akan diperoleh

karena tidak terdapat alternator yang berfungsi untuk menghasilkan listrik. Dalam merangkai sistem pembangkit listrik ini dimulai dengan alternator lalu ke baterai atau aki diubah menjadi arus AC di inverter lalu disalurkan ke lampu atau ke pengguna listrik.



Gambar 37. Skema sistem kelistrikan

Analisa Daya

Daya total

$$P_{tot} = m \frac{V_i^2}{2gc}$$

dimana, $m = \rho \cdot A \cdot V_i$

dimana, $A = \pi r^2$ dengan $r = 1$ m (diameter turbin angin)

maka, $A = 3,14 \text{ m}^2$

$$\text{Setelah itu, } \rho = \frac{P}{RT}$$

dimana: $P = 1 \text{ atm}$ (tekanan standar atmosfer) = $1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$, nilai $R = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ dan $T = 25^\circ$ (suhu pada waktu pagi) = $273 + 25 = 298 \text{ K}$

Sehingga :

$$\rho = \frac{101325 \text{ Pa}}{287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 298 \text{ K}} = 1,184 \text{ kg/m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan diatas didapat data massa jenis udara dengan klasifikasi temperatur dari $15^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}$ yaitu :

Tabel 2. pengaruh temperatur bagi massa jenis.

T (temperatur) (C)	ρ (Massa jenis) (kg/m ³)
15°	1,226
20°	1,204
25°	1,184
30°	1,165
35°	1,146

Maka, $m = \rho \cdot A \cdot V_i$

dimana : $V_i = 3,5 \text{ knot} \approx 1,8 \text{ m/s}$

Sehingga, $m = 6,691968 \text{ kg/s}$

Maka,

$$P_{tot} = m \frac{V_i^2}{2gc}$$

Dimana, $g_c = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{Ns}^2$ (faktor konversi)

Maka, $P_{tot} = 10,037952 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 \approx 10,037952 \text{ watt}$.

Daya maksimum

$$P_{\max} = \frac{8}{27 \cdot g_c} \rho \cdot A \cdot V_i^3$$

$$P_{\max} = 6,42428928 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 \approx 6,42428928 \text{ watt}$$

Daya nyata

$$P = \eta P_{\text{tot}} = \eta \frac{1}{2g_c} \rho \cdot A \cdot V_i^3$$

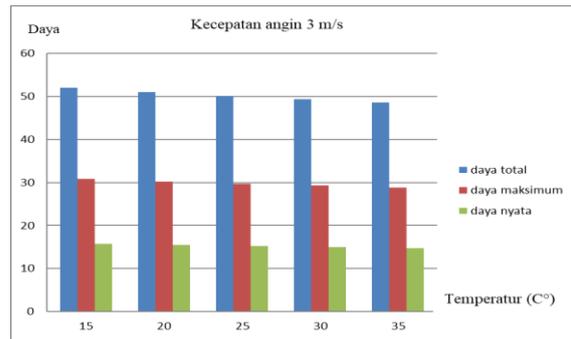
$$P = 3,041499456 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$$

Data Perhitungan

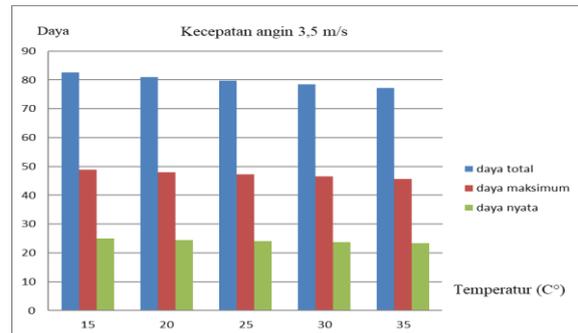
Dengan menggunakan rumus diatas diperoleh data daya maksimum daya total, dan daya nyata dengan klasifikasi angin berkisar 3-6 m/s yaitu :

Tabel 3. Perhitungan daya

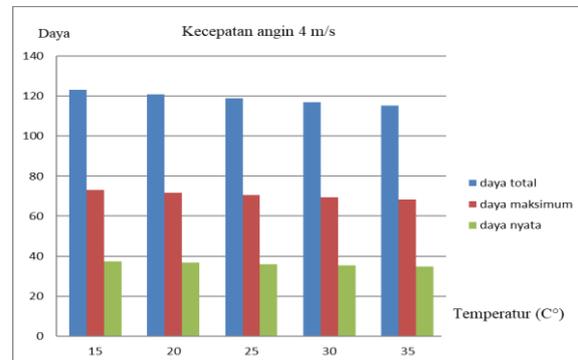
Kecepatan angin (m/s)	Temp (°C)	Daya (watt)		
		Daya total	Daya maksimum	Daya nyata
3 m/s	15°	51,97014	30,79712	15,74695
	20°	51,03756	30,24448	15,46438
	25°	50,18976	29,74208	15,20749
	30°	49,38435	29,26480	14,96345
	35°	48,57894	28,78752	14,71941
3,5 m/s	15°	82,52666	48,90469	25,00557
	20°	81,04576	48,02711	24,55686
	25°	79,69948	47,22932	24,14894
	30°	78,42051	46,47142	23,76141
	35°	77,14156	45,71352	23,37389
4 m/s	15°	123,18848	73,00058	37,32610
	20°	120,97792	71,69062	36,65630
	25°	118,96832	70,49975	36,04740
	30°	117,05920	69,36841	35,46893
	35°	115,15008	68,23708	34,89047
4,5 m/s	15°	175,39922	103,94028	53,14596
	20°	172,25177	102,07512	52,19228
	25°	169,39044	100,37952	51,32530
	30°	166,67218	98,76870	50,50167
	35°	163,95392	97,15788	49,67803
5 m/s	15°	240,60250	142,57926	72,90225
	20°	236,28500	140,02074	71,59435
	25°	232,36000	137,69481	70,40508
	30°	228,63215	135,48519	69,27554
	35°	224,90250	133,27556	68,14545
5,5 m/s	15°	320,24193	189,77299	97,03330
	20°	314,49533	186,36760	95,29208
	25°	309,27116	183,27179	93,70916
	30°	304,30819	180,33078	92,20538
	35°	299,34522	177,38976	90,70160
6 m/s	15°	415,76112	246,37696	125,97561
	20°	408,30048	241,95584	123,75045
	25°	401,51808	237,93664	121,65997
	30°	395,07480	234,11840	119,07766
	35°	388,63152	230,30016	117,75535



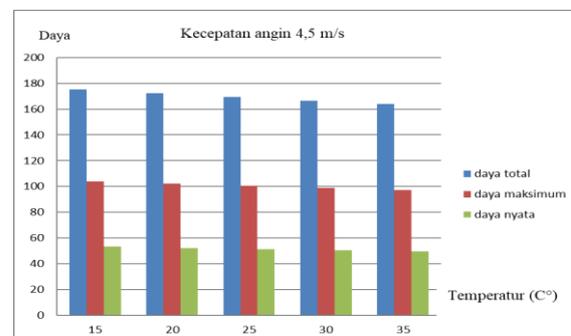
Gambar 38. Pengaruh kecepatan angin 3 m/s terhadap daya



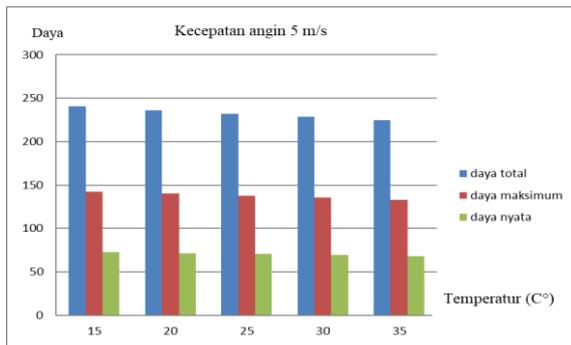
Gambar 39. Pengaruh kecepatan angin 3,5 m/s terhadap daya



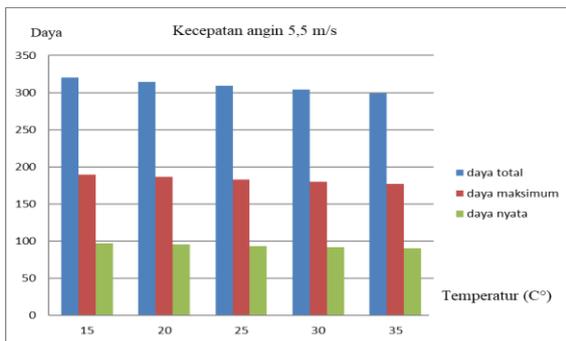
Gambar 40. Pengaruh kecepatan angin 4 m/s terhadap daya



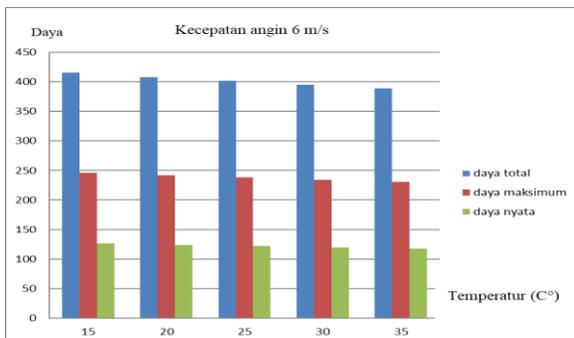
Gambar 41. Pengaruh kecepatan angin 4,5 m/s terhadap daya



Gambar 42. Pengaruh kecepatan angin 5 m/s terhadap daya



Gambar 43. Pengaruh kecepatan angin 5,5 m/s terhadap daya



Gambar 44. Pengaruh kecepatan angin 6 m/s terhadap daya

Torsi

Untuk mencari torsi, yaitu :

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Dimana, $N = \frac{V_i}{R}$

$V_i = 3,5 \text{ knot} \approx 1,8 \text{ m/s}$ (kecepatan rata – rata angin) dan $R = 1 \text{ m}$

Sehingga :

$$N = 1,8 \text{ s}^{-1}$$

Maka . $\omega = \pi.D.N$

Dimana, $D = 2 \text{ m}$

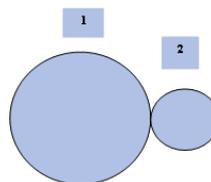
Sehingga :

Dimana, $P = 3,041499456 \text{ watt}$

Sehingga $T = 0,26539 \text{ N}$

Dari analisa perhitungan yang telah dilakukan diatas bahwa kecepatan angin dan temperatur udara mempunyai peran yang sangat penting bagi daya yang akan dihasilkan, karena semakin tinggi kecepatan angin yang ada pada alam akan semakin kencang pula turbin akan memutar, sehingga semakin besar pula daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik ini. Begitu pula sebaliknya semakin rendah kecepatan angin, maka akan semakin kecil pula daya yang dapat dihasilkan. sedangkan temperatur berpengaruh terhadap kerapatan udara itu sendiri jika semakin rendah temperatur udara maka akan semakin rapat pula udara tersebut, dan massa jenis udara juga akan semakin besar sehingga daya yang akan dihasilkan juga akan lebih besar. Begitu juga sebaliknya, jika udaranya semakin panas maka molekul udara akan semakin menyebar sehingga massa jenis udara semakin kecil dan daya yang akan dihasilkan juga pasti akan kecil.

Analisa Transmisi



Transmisi merupakan bagian yang penting bagi alat PTLTA yang kami buat, karena transmisi ini berfungsi untuk bisa menghasilkan putaran yang lebih banyak daripada putaran yang masuk. Untuk menentukan perbandingan gigi pada transmisi, yaitu :

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = 2,85$$

Ketergantungan Angin Bagi Ptlta

Angin merupakan faktor penting bagi PTLTA, karena jika tidak ada angin maka turbin angin juga tidak akan berputar untuk menghasilkan listrik. Kecepatan angin pun mempunyai peranan pada daya yang akan dihasilkan oleh pembangkit listrik tersebut. Dimensi dari angin juga sangat berpengaruh bagi PTLTA, karena jika angin yang akan memutar turbin merupakan angin buatan maka kemungkinan besar turbin tidak akan berputar. Karena, angin buatan tidak dapat menjangkau seluruh turbin angin dan jarak juga sangat berpengaruh, misalnya jika angin buatan 3m/s saat keluar dari alat pembuat angin buatan, maka pada jarak tertentu angin tidak lagi mempunyai

kecepatan yang sama seperti saat angin keluar dari alat pembuat angin buatan. Sehingga angin buatan tersebut tidak efisien untuk dapat memutar turbin angin. Lain halnya dengan angin yang tersedia di alam, angin yang terdapat pada alam pasti bisa menjangkau seluruh turbin karena dimensi angin alam tidak terbatas sehingga turbin akan berputar pada kecepatan tertentu yang memungkinkan turbin angin dapat berputar. Itulah mengapa angin begitu penting bagi pembangkit listrik ini.

Stolk, jac & kros, C., 1986, elemen mesin. Terjemahan oleh hendarsin H. & abdul rahman A., 1986, Erlangga, Jakarta pusat.
Toyota step 2, 1990
Wikipedia. 2008. “renewable energy” termuat di [:http://id.wikipedia.org/wiki/renewableenergy.com](http://id.wikipedia.org/wiki/renewableenergy.com),

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, maka Efisiensi maksimal yang bisa dicapai menurut betz limit 59%, namun karena ada kerugian gesekan sehingga turbin hanya dapat menghasilkan 45% dengan turbin yang dirancang sangat baik, dan efisiensi yang terdapat dalam laporan penulis hanya sampai 30% saja. Ini disebabkan karena 30% merupakan efisiensi terendah pada turbin aktual secara teoritis. Besar daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik ini bergantung pada tingginya kecepatan angin yang dapat menggerakkan turbin semakin tinggi kecepatan angin semakin besar pula daya yang dapat dihasilkan, begitu pula dengan temperatur mempunyai peranan terhadap daya yang dihasilkan, semakin rendah temperatur udara didaerah pembangkit listrik ini maka semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik ini.

DAFTAR PUSTAKA

ikawati,yuni, 2009 “Kecepatan Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)”
Pudjanarsa, astu & nursuhud, djati, 2008, *mesin konversi energy*, edisi revisi, andi Yogyakarta, Surabaya.
Rizkian, ganda akbar, 2009, Studi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Laut Untuk Memenuhi Kebutuhan Penerangan Jalan Suramadu, *skripsi teknik system perkapalan*, FTK-ITS, Surabaya.
Rukmorini, regina, 2009 “kekuatan angin yang tidak sekedar sepoi – sepoi”
Sasongko, firman, 2009 “Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin”,
Soetadji, nanang soesetyo, 2009 “Pemanfaatan Energi Angin Untuk Energi Listrik”
Sofyan, oke, 2010 “pemanfaatan tenaga angin”,