

**ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN TYPE
HORIZONTAL UNTUK PENERANGAN DI
DAERAH PANTAI**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Guna memperoleh Gelar Diploma 3
Pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

**YAKOBUS . R
04 35 041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2009**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan tugas akhir dengan judul : *Analisis Kinerja Turbin Angin Tipe Horizontal Untuk penerangan Di Daerah Pantai*, oleh:

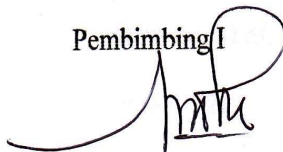
Nama : **Yakobus Romba (04 35 041)**

Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma 3 pada Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 7-9-2009

Mengesahkan,

Pembimbing I



Ir. Andreas P, MT
NIP: 131 835 730

Pembimbing II

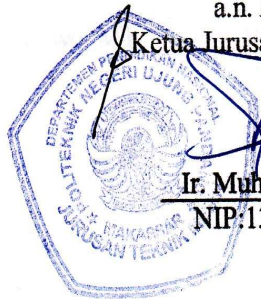


Ir. Abdi Wibowo, MT
NIP: 131 964 661

Mengetahui,

a.n. Direktur,

Ketua Jurusan Teknik Mesin









Ir. Muh Tekad, MT
NIP: 131 884 322

PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, hari senin tanggal 07-09 2009, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas akhir oleh mahasiswa: Yakobus Romba 04 35 041 dengan judul “ *Analisis Kinerja Turbin Angin Tipe Horisontal Untuk penerangan Di Daerah Pantai*”.

Makassar, 07 september 2009

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

1. Ir. Suryanto, M.SC.	Ketua	(^{AN}  KPS)
2. Jamal, ST, MT.	Sekretaris	()
3. Ir. Nur Hamzah, MT.	Anggota	()
4. Ir. Lewi, MT.	Anggota	()
5. Ir. Andreas P, MT	Pembimbing I	()
6. Ir. Abdi Wibowo, MT	Pembimbing II	()

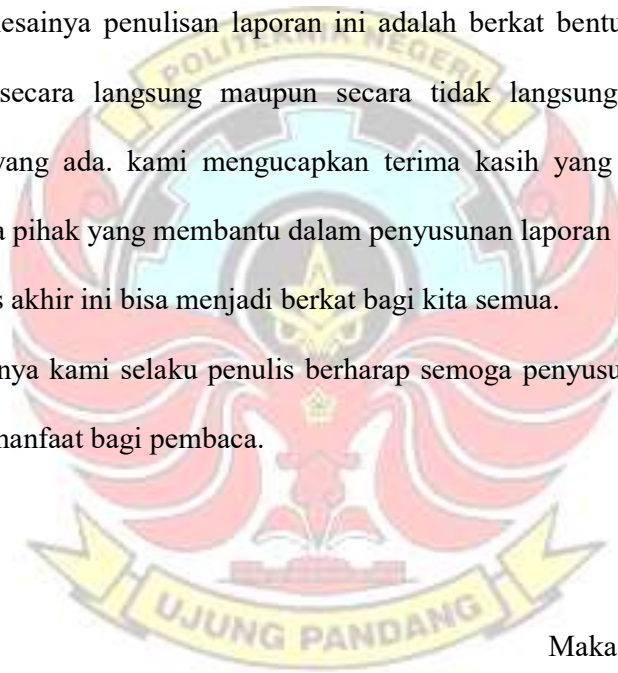
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, karena dengan rahmat dan bimbingan-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Penyusunan proyek akhir ini .

Penyusunan proyek akhir adalah salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan pendidikan di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Terselesainya penulisan laporan ini adalah berkat bantuan dari beberapa pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Dengan segala kekurangan yang ada, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bisa menjadi berkat bagi kita semua.

Akhirnya kami selaku penulis berharap semoga penyusunan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.



Makassar, april 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Lampiran.....	x
Abstrak	xi
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penulisan.....	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
2.1. Masalah Masyarakat Pesisir Saat Ini.....	4
2.2. Turbin Angin.....	6
2.3. Prinsip Kerja Turbin Angin.....	6
2.4. Klsifikasi Turbin Angin	7
2.5. Komponen Turbin Angin	9
2.6. Rumus-rumus yang digunakan.....	14
Bab III Metode Penelitian	15
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	15
3.2. Alat Yang di Gunakan.....	15
3.3. Metode Pengumpulan Data.....	15
3.4. Prosedur Penelitian	16
3.5. Langkah Percobaan	16
3.5. Gambar Rangkaian.....	17

Bab IV Hasil Dan Pembahasan.....	18
4.1. Hasil Penelitian	18
4.2. Analisa Data.....	18
4.3. Pembahasan.....	20
BAB V Kesimpulan Dan Saran	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran.....	46
Daftar Pustaka	47
Lampian.....	49



Daftar tabel

Tabel 1.1 Hasil pengambilandata hari pertama.....	23
Tabel 1.2 Hasil pengambilandata hari ke dua	23
Tabel 1.3 Hasil pengambilandata hari ke tiga.....	24
Tabel 1.4 Hasil pengambilandata hari ke empat.....	25
Tabel 1.5 Hasil pengambilandata hari ke lima.....	25
Tabel 1.6 Hasil pengambilandata hari ke enam	26
Tabel 1.7 Hasil pengambilandata hari ke tujuh.....	27
Tabel 1.8 Hasil pengambilandata hari ke delapan	28
Tabel 2.1 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar 50 watt pada hari pertama	29
Tabel 2.2 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar pada hari ke dua	29
Tabel 2.3 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar pada hari ke tiga	29
Tabel 2.4 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar 50 watt pada hari ke empat	30
Tabel 2.5 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar 50 watt pada hari ke lima	30
Tabel 2.6 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar pada hari ke enam.....	30
Tabel 2.7 Hasil pemakaian untuk beban lampu neon DC 10 watt pada hari ke tujuh.....	31
Tabel 2.8 Hasil pemakaian untuk beban lampu neon DC 10 watt pada hari ke delapan.....	31
Tabel 3.1 Hasil analisa data hari pertama	32
Tabel 3.2 Hasil analisa data hari ke dua.....	32
Tabel 3.3 Hasil analisa data hari ke tiga	33
Tabel 3.4 Hasil analisa data hari ke empat.....	34
Tabel 3.5 Hasil analisa data hari ke lima	34

Tabel 3.6 Hasil analisa data hari ke enam.....	35
Tabel 3.7 Hasil analisa data hari ke tujuh	36
Tabel 3.8 Hasil analisa data hari ke delapan.....	37
Tabel 4.1 Efisiensi turbin dari hari pertama sampai hari ke delapan percobaan	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 jenis-jenis turbin angin.....	8
Gambar 2 bagian-bagian turbin angin.....	9
Gambar 3 rangkaian percobaan.....	17



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 data spesifikasi turbin.....	50
Lampiran 2 tabel sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer	51
Lampiran 3 foto-foto kegiatan di lapangan.....	52



Abstrak

Yakobus Romba, Iswal, Analisis Kinerja Turbin Angin Tipe Horisontal Untuk penerangan Di Daerah Pantai. Makasar. Andareas Pangkung.

Angin adalah anugerah Tuhan yang tidak terbatas jumlahnya yang tidak pernah habis-habisnya sejak bumi ini diciptakan sampai sekarang. Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat saat ini manusia mulai menciptakan pembangkit listrik tenaga angin yang sudah tersosialisasi pada sebagian Negara-negara maju dan berkembang. Yang dalam penelitian ini merupakan pemanfaatan energi angin untuk penerangan di daerah pantai.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan suatu turbin angin tipe horizontal, dikaitkan dengan kebutuhan masyarakat terhadap energi listrik, selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui daya, tegangan dan arus listrik yang di bangkitkan oleh turbin angin dalam hal ini penelitian dilaksanakan di tanjung bayang Makassar.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Angin adalah anugerah Tuhan yang tidak terbatas jumlahnya yang tidak pernah habis-habisnya sejak bumi ini diciptakan sampai sekarang. Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat saat ini manusia mulai menciptakan pembangkit listrik tenaga angin yang sudah tersosialisasi pada sebagian Negara-negara maju dan berkembang.

Bayangkan saja jika tempat kita tinggal tidak mendapatkan pasokan energi listrik selama satu minggu atau tidak sama sekali. Bisa jadi sebagian besar aktivitas jadi lumpuh. Ini disebabkan ketergantungan manusia terhadap energi listrik pada saat ini sangat besar. Coba lihat dalam rumah kita, berapa banyak alat yang membutuhkan energi dari listrik? Pompa air, televisi, radio, vcd player, charger HP, setrika, mesin cuci, rice cooker, kulkas, komputer, Dan jika tidak ada energi listrik, itu artinya semua peralatan tersebut tidak berguna.

Saat ini, sebagian besar kebutuhan akan energi listrik dipenuhi oleh sumber energi yang kurang layak. Sumber energi listrik yang berasal dari batu bara dan mesin diesel dengan bahan bakar solar, tidak layak karena menimbulkan polusi udara, dan sumbernya bukanlah yang dapat diperbaharui dalam waktu singkat. Kedua sumber energi tersebut dapat habis dalam jangka waktu yang tak akan lama lagi

Pembangkit listrik tenaga angin sangat cocok untuk wilayah pesisir pantai yang memiliki cuaca yang berubah-ubah. Pemanfaatan tenaga angin sebagai sumber energi di Indonesia bukan tidak mungkin dikembangkan

lebih lanjut. Selain itu energi angin merupakan bentuk energi bersih yang tidak melibatkan CO₂ atau polutan lainnya yang biasa diasosiasikan dengan bahan bakar fosil (batu bara, gas, atau minyak) dan energi nuklir. Selain bersih, energi angin dapat mengurangi ketergantungan negara mana pun terhadap impor gas dan minyak dari negara lain. Tambahan lainnya ialah pasokan energi angin tidak pernah habis dan tersedia secara gratis. Lokasinya yang ada di laut dengan sendiri menawarkan banyak keuntungan.

Sebagai gambaran saja, potensi global ekspektasi permintaan listrik akan berlipat ganda pada 2020 nanti. Potensi luar biasa dan perbaikan berkelanjutan dari keunggulan kompetitif akan sumber energi lain menjadikan energi angin sebagai satu alternatif vital pengganti bahan bakar fosil, ketika ekstraksi ekonomi jenis bahan bakar itu tidak lagi memungkinkan untuk dieksekusi.

Energi terbarukan merupakan jawaban yang diinginkan jutaan orang akibat cela bahan bakar fosil. Yang secara substansial berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO₂ yang menyebabkan pemanasan global dan menghebatnya efek rumah kaca. Yang lebih penting lagi, sumber-sumber energi itu semakin sulit didapat sehingga tercipta masalah ketersediaan pasokan dan instabilitas harga

Pemanfaatan energi angin ini sangat memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan di Indonesia, mengingat kondisi alam Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau yang memungkinkan pengembangan yang lebih lanjut.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kemampuan suatu turbin angin sebagai sarana pemasok listrik pada suatu lokasi tepi pantai?
2. Bagaimana hubungan antara kecepatan angin terhadap daya, tegangan dan arus listrik yang dibangkitkan oleh turbin angin di tepi pantai?
3. Bagaimana memanfaatkan tenaga angin untuk sistem penerangan di tepi pantai?
4. Bagaimana kemampuan pengisian baterai dikaitkan dengan kebutuhan beban listrik yang dihasilkan turbin angin?

1.3. Batasan masalah.

Berdasarkan pada rumusan masalah yang dituliskan diatas, maka dibatasi sbb:

1. Lokasi pengambilan data hanya pada tepi pantai dengan lokasi Tanjung Bayang, Makassar.
2. Turbin angin yang digunakan adalah turbin angin tipe horisontal.

1.4. Tujuan Penulisan

Tujuan yang hendak dicapai pada penulisan akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui kemampuan suatu turbin angin sebagai pembangkit listrik pada suatu lokasi tepi pantai
2. Untuk mengetahui hubungan antara kecepatan angin terhadap daya, tegangan dan arus listrik yang dibangkitkan oleh turbin angin di tepi pantai
3. Untuk memanfaatkan tenaga angin untuk sistem penerangan di tepi pantai
4. Untuk mengetahui kemampuan pengisian baterai dikaitkan dengan kebutuhan beban listrik yang dihasilkan turbin angin

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Masalah Masyarakat Pesisir Saat ini

Masalah utama masyarakat pesisir yang tinggal di pulau terpencil adalah tidak tersedianya listrik, jadi masyarakat memanfaatkan hasil pertanian berupa kelapa dibuat kopra untuk minyak goreng dan dimanfaatkan sebagai obor atau bahan bakar lampu dinding serta ada juga yang sudah menggunakan minyak tanah untuk penerangan (lampu petromaks), tapi tidak sedikit masyarakat pesisir yang pernah menggunakan Generator Diesel beralih ke penerangan tradisional karena mahalnya BBM (*Dahuri, R., 1998*)

Kondisi masyarakat yang bermukim pada daerah pesisir terutama pada pulau terpencil ini sangat terisolir karena lokasinya yang jauh dan sulit dijangkau, menyebabkan masyarakat pesisir terutama pulau terpencil memiliki keterisolasian yang tinggi dan keterbelakangan pembangunan. Sementara itu, perhatian pemerintah baik di pusat maupun daerah masih sangat rendah.

Menurut Dephan (2003) dan Dishidros TNI AL (2003) dan 17.504 pulau-pulau yang dimiliki Indonesia, terdapat 92 pulau-pulau kecil berada pada posisi terluar, 67 pulau di antaranya berbatasan langsung dengan negara tetangga sebagai pulau-pulau kecil perbatasan. Dan 67 pulau tersebut (28 pulau berpenduduk dan 39 pulau belum berpenduduk). Sedangkan 12 pulau di antaranya rawan penguasaan efektif oleh Negara lain. Kehidupan masyarakat yang ber-mukim pada 28 pulau yang berpenduduk, umumnya sebagai nelayan sehingga keterbelakangan dan kemiskinan akibat keterisolasian ini menjadi pemicu tingginya keinginan masyarakat setempat menjadi pelintas batas, guna memperbaiki

perekonomiannya. Kesenjangan sarana dan prasarana wilayah menjadi pemicu orientasi perekonomian masyarakat negara tetangga bagi masyarakat pesisir yang berbatasan langsung dengan negara tetangga seperti kasus pada kondisi masyarakat yang bermukim pada daerah pesisir terutama pada pulau terpencil ini sangat terisolir karena lokasinya yang jauh dan sulit dijangkau, menyebabkan masyarakat pesisir terutama pulau terpencil memiliki keterisolasian yang tinggi dan keterbelakangan pembangunan. Sementara itu, perhatian pemerintah baik di pusat maupun daerah masih sangat rendah.

2.1.1 Sosialisasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Daerah Pesisir

Kalau dilihat dari kondisi ekonomi masyarakat pesisir yang umumnya mengandalkan musim untuk menangkap ikan di laut, maka pendapatan penghasilan tiap bulan tidak menentu. Untuk itu perlunya sosialisasi pembangkit listrik tenaga angin dan matahari sebagai langkah awal bangkitnya kehidupan masyarakat pesisir untuk mewujudkan masyarakat Indonesia yang Adil dan Makmur (Pembukaan UUD 1945).

Pandangan kedepan untuk kemajuan seluruh masyarakat Indonesia perlu perhatian yang serius bagi masyarakat pesisir yang bermukim di pulau oleh pemerintah pusat, daerah dan , dengan mensosialisasikan Pembangkit Listrik ini dalam rangka mengentaskan ketertinggalan saudara-saudara kita yang bermukim di pulau terpencil, karena mereka juga merupakan bagian dari masyarakat Indonesia dalam satu kesatuan NKRI

2.2. Turbin angin

Turbin angin adalah suatu mesin konversi energi yang berfungsi untuk merubah energi kinetik melalui perputaran sudu rotornya (*Harm Hofman, hal : 22*) dari perputaran sudu rotor tersebut akan memproduksi energi mekanik diporos rotasi. Dengan menghubungkan poros rotornya kebeban, sehingga turbin dapat digunakan sebagai penggerak mula (*prime Mover*). Adapun defenisi menurut *Djati Nursuhud (1997 : 95)* yaitu “ turbin angin atau biasa juga di sebut kincir angin adalah suatu pesawat pengkonversi angin menjadi energi mekanis atau tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan laian-lain. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *Windmill*.

Bagaimana turbin angin menghasilkan listrik? Turbin angin bekerja sebagai kebalikan dari kipas angin. Bukannya menggunakan listrik untuk membuat angin, seperti pada kipas angin, turbin angin menggunakan angin untuk membuat listrik. Angin akan memutar sudu turbin, kemudian memutar sebuah poros yang dihubungkan dengan generator, lalu menghasilkan listrik.

2.3. Prinsip kerja turbin angin

Turbin angin bekerja atas dasar perbedaan tekanan angin dikedua sisi sudu. Perbedaan tekanan angin disebabkan oleh adanya rintangan sudu dari aliran gerak angin, yang menyebabkan gaya angkat (*lift*) dan gaya seret (*drag*). Gaya angkat yang ditimbulkan selanjutnya akan memberikan gerakan rotasi pada poros rotor. Dengan perantaraan transmisinya gerakan rotasi diteruskan ke poros beban sehingga menghasilkan tenaga mekanik. Pada dasarnya udara mempunyai unsur prinsip-prinsip aliran udara, yaitu

tekanan statik, tekanan dinamik, garis-garis udara (*stream lines*), dan aliran dalam tabung. (Nawawi; 1999:7).

Baling-baling menyongsong datangnya angin sehingga ia berputar pada porosnya. Putarannya tidak terlalu cepat karena massanya yang besar, diteruskan oleh poros laju rendah ke belakang melalui *gearbox*. *Gearbox* mengubah laju putar menjadi lebih cepat, konsekuensinya dengan momen gaya yang lebih kecil, sesuai dengan kebutuhan generator yang ada di belakangnya. Generator kemudian mengubah energi kinetik putar menjadi energi listrik. Ekstraksi energi angin oleh turbin ditentukan oleh koefisien C_p (maksimum 59%, 35% untuk disain bagus), efisiensi transmisi *gearbox* dan bearings (N_b , bisa mencapai 95%), dan efisiensi generator (N_g , ~ 80%). Terdapat sebuah kecepatan angin minimum, disebut *cut-in speed*, agar turbin mulai menghasilkan listrik. Kecepatan angin yang terlalu besar juga harus dibatasi agar tidak merusak turbin dan generator, kecepatan maksimum yang di ijinakan ini disebut *cut-out speed*.

2.4. Klasifikasi Turbin Angin

Ada berbagai jenis turbin yang dapat ditemui, mulai dari turbin angin yang konstruksinya masih sangat sederhana, sampai turbin angin yang rumit konstruksinya dan semakin canggih sistem pengoperasiannya. Turbin angin terbagi atas beberapa jenis, berdasarkan atas posisi poros rotor terhadap arah angin, dibedakan atas 2 jenis: (Harm Hofman, hal : 22).

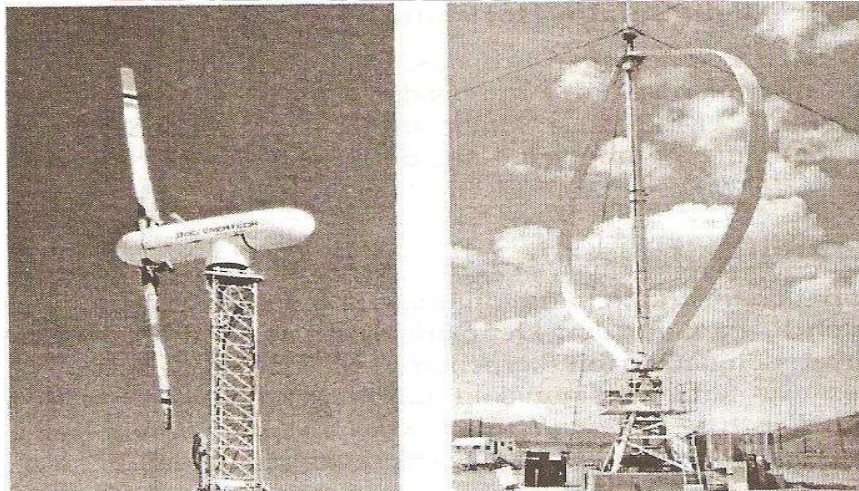
Dalam perkembangannya, turbin angin dibagi menjadi jenis turbin angin propeller dan turbin angin Darriueus. Kedua jenis turbin angin inilah yang kini memperoleh perhatian yang besar untuk dikembangkan, hal ini disinggung oleh Safaruddin (2003:2) sebagai berikut:

2.4.1 Turbin angin sumbu horizontal

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

2.4.2 Turbin angin sumbu vertikal.

Turbin ini juga biasa disebut turbin angin *Darrieus*. Turbin angin ini pertama kali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920. Keuntungan dari turbin angin jenis Darrieus adalah tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya) seperti pada turbin angin Poros horizontal.

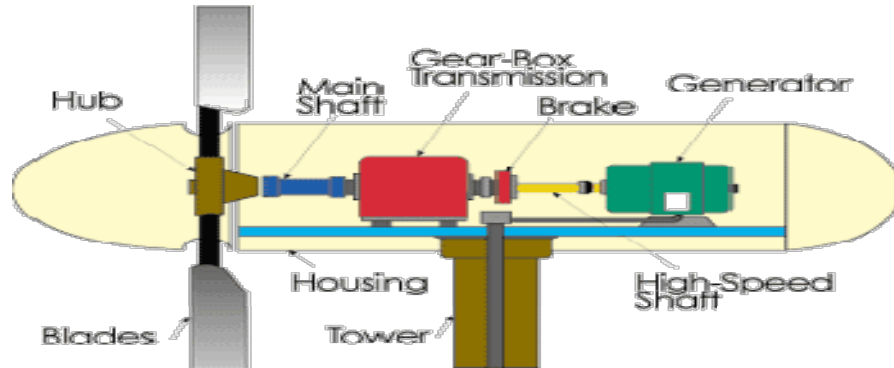


(a) Turbin Angin Sumbu Horizontal

(b) Turbin Angin sumbu vertical

Gambar 1. Jenis-jenis turbin angin.

2.5. Bahagian-Bahagian Turbin Angin



Gambar 2. Bagian-bagian Turbin Angin

2.5.1 Blade Turbin

Blade (baling-baling) turbin angin merupakan komponen paling utama dalam suatu turbin angin yang bertujuan menghasilkan kekuatan (daya angkat) sebagai bentuk dari pemanfaatan energi angin. Gaya angkat itu timbul karena adanya gerakan relatif antar sudu dengan udara yang selanjutnya menimbulkan perbedaan tekanan antara sudu bagian depan dengan belakang atau bagian bawah dengan bagian atasnya. Perbedaan tekanan tersebut akan menyebabkan adanya suatu kekuatan atau gaya bekerja dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah.

Gaya angkat yang terjadi secara umum akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berikut ini : (*Atmoko : 1991 : 16*)

1. Kecepatan Relatif antara Sayap dan Udara

Kita ketahui bahwa semakin tinggi kecepatan aliran udara melintasi sayap, maka semakin besar pula perbedaan tekanan yang terjadi dibagian depan dan belakang sudu. Akibatnya, gaya angkat yang ditimbulkan juga semakin besar.

2. Luas Sayap
Semakin luas sayap yang dipakai, akan semakin besar pula gaya angkat yang terjadi. Namun hal yang terpenting yang perlu diperhatikan adalah keringanan bahan yang digunakan.
3. Densitas Udara (Rapat massa udara)
Semakin besar densitas udara yang mengalir melalui sudu maka semakin besar pula gaya dorong pada sudu yang terjadi
4. Sudut antara Penampang Sudu dengan Aliran Udara
Sudut antara penampang sudu dengan aliran udara biasanya disebut atau dikenal dengan istilah sudut serang (*angle of Attack*). Penentuan sudut serang sangat berpengaruh dalam memperoleh gaya dorong yang baik, karena posisi sudut serang yang baik tentu akan menghasilkan gaya dorong yang baik pula/lebih besar.
5. Jumlah Sudu
Jumlah sudu sangat berpengaruh terhadap prestasi kerja turbin angin. Dimana semakin besar/banyak jumlah sudu maka semakin tinggi pula kemampuan aerodinamikakan tetapi semakin besar pula kebutuhan bahan, makin berat serta makin besar pula biaya investasi untuk pembuatan sudu, dalam hal ini kami menggunakan turbin angin dengan tiga sudu.

2.5.2 Gearbox

Berisi sistem roda gigi yang mengubah laju putar rendah baling-baling (sekitar 100 rpm) menjadi laju putar tinggi (> 1500 rpm) untuk masuk ke generator.

2.5.3. Brake System

Digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah *gearbox* agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu dipasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya. Generator ini akan menghasilkan energi listrik maksimal pada saat bekerja pada titik kerja yang telah ditentukan. Kehadiran angin diluar dugaan akan menyebabkan putaran yang cukup cepat pada poros generator, sehingga jika tidak diatasi maka putaran ini dapat merusak generator. Dampak dari kerusakan akibat putaran berlebih diantaranya : *overheat*, *rotor breakdown*, kawat pada generator putus, karena tidak dapat menahan arus yang cukup besar.

2.5.4. Generator

Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu cara kerja generator) poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (*alternating current*) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoidal.

2.5.5. Yaw system

Sistem yang mengatur posisi baling-baling agar tetap menghadap angin secara frontal, sehingga baling-baling dapat menangkap energi angin seefisien mungkin.

2.5.6. Menara Penyangga

Menara penyangga disini berfungsi untuk menumpu seluruh berat komponen inti dan penunjang cukup jauh di atas permukaan tanah.

2.5.7. Rectifier

Hampir semua pembangkit listrik menghasilkan listrik dalam bentuk listrik arus bolak-balik (Alternating Current). Akan tetapi sebagian besar peralatan rumah tangga menggunakan energi listrik dalam bentuk listrik arus searah. Oleh karenanya kita memerlukan adapter arus atau penyearah yang mana penyearah ini terbagi atas penyearah tak terkendali atau yang sering disebut konverter dan penyearah tak terkendali atau yang biasa disebut dengan rectifier. Rangkaian penyearah ini dibentuk dari rangkaian dioda. Penyearah ini berfungsi untuk melewatkan gelombang listrik dalam satu arah saja. Rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal (AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC.

2.5.8. Inverter

Inverter berarti pembalik. Ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi (aki/lainnya) maka catu yang dihasilkan oleh aki akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga.

2.5.9. Penyimpan Energi (AKI).

Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi yang berfungsi sebagai *back-up* energi listrik. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Oleh karena itu kita perlu menyimpan sebagian energi yang dihasilkan ketika terjadi kelebihan daya pada saat turbin angin berputar kencang atau saat penggunaan daya pada masyarakat menurun. Penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan alat penyimpan energi. Contoh sederhana yang dapat dijadikan referensi sebagai alat penyimpan energi listrik adalah aki mobil. Aki mobil memiliki kapasitas penyimpanan energi yang cukup besar.

Kendala dalam menggunakan alat ini adalah alat ini memerlukan catu daya DC (*Direct Current*) untuk meng-charge / mengisi energi, sedangkan dari generator dihasilkan catu daya AC (*Alternating Current*). Oleh karena itu diperlukan rectifier-inverter untuk mengakomodasi keperluan ini. Rectifier-inverter akan dijelaskan berikut.

2.6. Rumus yang digunakan.

- A. Menghitung luasan angin yang ditangkap oleh turbin (A)

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots$$

(1).

dimana :

A = Luasan angin yang di tangkap oleh turbin (m²)

d = diameter turbin

- B. Menentukan daya input turbin angin (P_{input})

$$P_{input} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_a^3 \dots\dots\dots$$

(2).

dimana :

P = Daya input turbin (watt)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

A = Luas penampang turbin (m²)

V_a = Kecepatan angin (m/det)

- C. Menghitung daya output turbin (P_{output})

$$P_{output} = V_o \cdot I_o \dots\dots\dots (3).$$

dimana :

V_o = tegangan keluaran (volt)

I_o = arus keluaran (amper)

- D. Menghitung efesiensi sistem turbin (η)

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \dots\dots\dots (4).$$

dimana :

η = Efesiensi turbin (%)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di tanjung bayang. Waktu pengambilan dan pengelolaan data dilakukan selama 2 minggu yaitu pada bulan mei 2008.

3.2. Alat Yang Digunakan

Alat yang akan di gunakan dalam penelititan ini adalah :

- a. Turbin angin tipe horisontal + *tower*/ tiang
- b. Inverter
- c. Rectifier
- d. Batterai
- e. Lampu pijar
- f. Amperemeter
- g. Voltmeter
- h. Multimeter
- i. Anemometer
- j. Kabel – kabel
- k. Kompas

3.3. Metode Pengumpulan Data

Variable yang akan diambil sebagai ukuran adalah besaran yang dapat di ukur dan dinyatakan dalam angka.

Besaran yang dapat diukur dari turbin angain adalah:

- a. Kecepatan angin
- b. Daya yang dibangkitkan (P)
- c. Tegangan yang di hasilkan (V)
- d. Arus keluaran (I)
- e. Lama waktu pengisian baterai (t_1)
- f. Jumlah beban pemakaian
- g. Lama waktu pemakaian beban (t_2)

3.4. Prosedur Penelitian

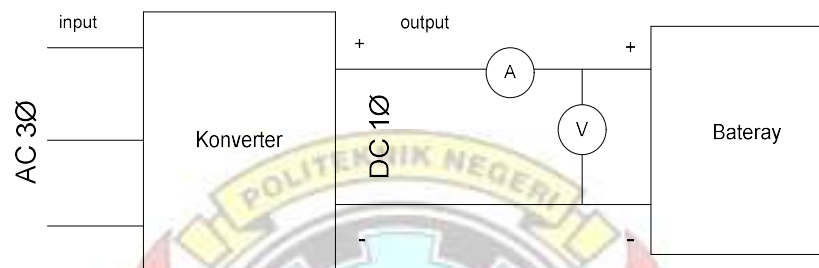
Sebelum melakukan penelitian yang harus dilakukan adalah mencari lokasi untuk melakukan penelitian yang mana, dalam hal ini kami memilih lokasi di tanjung bayang.

Setelah setelah menentukan lokasi maka yang berikutnya adalah membangun pondasi sebagai dudukan tiang (tower turbin). Turbin di pasang pada tower setelah itu dinaikkan. Setelah turbin terpasang maka pengambilan data siap dilaksanakan.

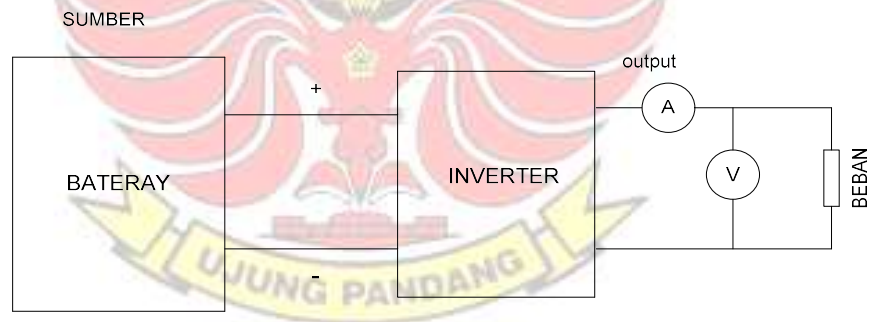
3.5. Langkah Percobaan

1. Mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan
2. Memeriksa kesiapan alat-alat yang akan digunakan
3. Menyesuaikan alat-alat seperti pada gambar rangkaian
4. Menyiapkan tabel data
5. Setelah semua selesai maka proses pengambilan data siap dilakukan

3.6. Gambar Rangkaian



(a) gambar rangkaian pada saat pengisian



(b) gambar rangkaian pada saat pembebanan

Gambar 3. Rangkaian percobaan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

Pengambilan data dilakukan sekitar pukul 11,00 – 18,00 dan dilakukan selama 8 hari, adapun data hasil penelitian dapat dilihat pada halaman lampiran tabel 1.1 sampai dengan 1.8.

4.2. Analisa Data

Untuk menganalisis kinerja turbin angin tipe horizontal, maka sebagai contoh diambil data no. 1 pada penelitian hari pertama, dengan variabel sebagai berikut:

Diameter baling-baling turbin	$d = 2,1 \text{ m}$
temperatur udara	$T_a = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}$
kecepatan angin	$V_a = 3,4 \text{ m/det}$
tegangan listrik yang dihasilkan	$V_o = 13,5 \text{ volt}$
arus listrik yang dihasilkan	$I_o = 1,5 \text{ ampere}$
waktu pengambilan data	$t = 11:45 \text{ wita}$
arah angin	$= \text{timur}$

contoh analisa hasil percobaan

1. Menghitung luasan angin yang ditangkap oleh turbin (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot 2,1^2 \\ &= 3,47 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Menentukan massa jenis fluida ρ (angin)

Untuk mengetahui massa jenis udara dapat dilihat langsung pada tabel sifat-sifat udara, pada temperatur 32,5 °C diketahui massa jenis

udara ($\rho = 1,5849 \frac{kg}{m^3}$)

3. Menentukan daya input turbin angin (P_{input})

$$\begin{aligned} P_{input} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_a^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,5849 \times 3,47 \times 3,4^3 \\ &= 108,07 \text{ watt} \end{aligned}$$

4. Menentukan daya output turbin (P_{output})

$$\begin{aligned} P_{output} &= V_o \cdot I_o \\ &= 13,5 \times 1,5 \\ &= 20,25 \text{ watt} \end{aligned}$$

5. Menghitung efisiensi sistem turbin (η)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{output}}{P_{input}} \\ &= \frac{20,25}{108,07} \\ &= 0,1873 \\ &= 18,73 \% \end{aligned}$$

dengan cara yang sama maka data yang lain dapat di hitung, dapat dilihat pada lampiran hasil analisa data, tabel 2.1 sampai dengan 2.8

4.3 Pembahasan

Pada hari pertama turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 8,96 Watt sampai dengan 27,4 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 26,86 Watt sampai dengan 191,92 Watt. Adapun efisiensi dari turbin angin ini adalah antara 8,9% sampai dengan 44,4% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 1,9 m/det sampai dengan 4,1 m/det. dengan rata-rata efisiensi adalah 25,5 %

Pada hari kedua turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 8,96 Watt sampai dengan 61,01 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 20,89 Watt sampai dengan 882,92 Watt. Adapun efisiensi dari turbin angin ini adalah antara 7,5% sampai dengan 63,6% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 1,9 m/det sampai dengan 6,7 m/det. dengan rata-rata efisiensi adalah 20,8 %

Pada hari ketiga turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 13,3 Watt sampai dengan 72,5 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 30,33 Watt sampai dengan 426,57 Watt. Adapun efisiensi dari turbin angin ini adalah antara 11,2% sampai dengan 43,4% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 2,2 m/det sampai dengan 5,4 m/det. dengan rata-rata efisiensi adalah 25,2 %

Pada hari keempat turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 7,62 Watt sampai dengan 22,95 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 19,93 Watt sampai dengan 135,07 Watt. Adapun efisiensi dari turbin angin ini adalah antara 14,1% sampai dengan 44,8% dan

dihasilkan dari kecepatan angin antara 1.9 m/det sampai dengan 3,6 m/det. dengan rata-rata efesiensi adalah 27,8 %

Pada hari kelima turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 10,48 Watt sampai dengan 60 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 31,19 Watt sampai dengan 1589 Watt. Adapun efesiensi dari turbin angin ini adalah antara 3,4% sampai dengan 37,1% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 2,2 m/det sampai dengan 8,2 m/det. dengan rata-rata efesiensi adalah 16,7 %

Pada hari keenam turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 6,15 Watt sampai dengan 35 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 25,84 Watt sampai dengan 705,60 Watt. Adapun efesiensi dari turbin angin ini adalah antara 6,1% sampai dengan 70,5% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 2,1 m/det sampai dengan 6,4 m/det. dengan rata-rata efesiensi adalah 21,9 %

Pada hari ketujuh turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 7,68 Watt sampai dengan 29,61 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 23,06 Watt sampai dengan 600,21 Watt. Adapun efesiensi dari turbin angin ini adalah antara 3,2% sampai dengan 43,8% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 2.0 m/det sampai dengan 6,0 m/det dengan rata-rata efesiensi adalah 18,6 %.

Pada hari kedelapan pengisian aki kering 12 V, turbin angin ini mampu membangkitkan daya *output* (P_{out}) antara 3,15 Watt sampai dengan 34 Watt, dengan daya *input* (P_{input}) antara 70,89 Watt sampai dengan 489,03 Watt. Adapun efesiensi dari turbin angin ini adalah antara 3,1% sampai dengan 27,3% dan dihasilkan dari kecepatan angin antara 2,9 m/det sampai dengan 5,6 m/det dengan rata-rata efesiensi adalah 12,3 %

Selama melakukan pengambilan data kecepatan angin yang terjadi adalah antara 1,8 m/det sampai dengan 8,2 m/det, dan kecepatan angin maksimum mencapai 8,2 m/det terjadi pada hari kelima pengambilan data, pukul 15:15 dengan arah angin ke utara. Hubungan antara kecepatan angin dan daya input adalah, semakin besar kecepatan angin maka daya *input* turbin semakin besar, adalah terjadi pada kecepatan angin 8,2 m/det dengan daya *input* turbin adalah sebesar 1589,81 Watt. Hubungan antara kecepatan angin dengan daya *output* adalah, semakin besar kecepatan angin maka daya *output* cenderung semakin besar atau berbanding lurus, daya *output* terbesar adalah 60 Watt.

Manfaat tenaga angin untuk sistem penerangan ditepi pantai adalah dengan pengujian ini didapatkan bahwa penggunaan 1 buah turbin angin skala rumah tangga ternyata bisa di gunakan sebagai sumber energi untuk penerangan rumah tangga.

Dengan penggunaan turbin angin ini, energi listrik dapat di bangkitkan untuk penerangan dan kebutuhan akan energi listrik yang lainnya. Saat beban rendah atau energi listrik tidak digunakan, energi listrik yang di bangkitkan turbin angin tersebut dapat disimpan dengan menggunakan baterai (aki).

Tabel hasil penelitian

Tabel 1.1 Hasil pengambilan data hari pertama (09-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	11:45	3,4	32,5	13,5	1,5	Timur
2	12:00	3,2	32,6	13,4	1,7	Timur
3	12:15	4,1	32,5	13,7	2	Timur
4	12:30	3,3	33,9	13,2	1,5	Timur
5	12:45	2,9	35,1	13,2	1,5	Timur
6	13:00	2,2	33,7	12,9	0,9	Timur
7	13:15	3,9	32,2	13,4	1,1	Timur
8	13:30	3,6	32,7	13,5	1,5	Timur
9	13:45	3,8	32,9	13,4	1,6	Timur
10	14:00	4,0	32	13,6	1,7	Timur
11	14:15	4,1	31,9	13,5	1,7	Timur
12	14:30	3,5	32,8	13,5	1,4	Timur
13	14:45	2,9	32,6	13,1	1	Timur
14	15:00	2,0	30,8	13	0,9	Timur
15	15:15	2,1	29,9	13,1	0,9	Timur
16	15:30	2,3	29,8	13	1	Timur
17	15:45	2,1	29,2	13,1	0,9	Timur
18	16:00	2,1	29,2	13,1	0,8	Utara
19	16:15	1,9	29,2	12,8	0,7	Utara
20	16:30	2,2	29	13,1	0,9	Utara

Tabel 1.2 Hasil pengambilan data hari kedua (10-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	11:20	2,4	30,6	13,2	1	Utara
2	11:35	2,7	31,2	13,4	1,3	Utara
3	11:50	3,6	31,4	13,5	1,5	Utara
4	12:05	3,8	31,4	13,5	1,5	Utara
5	12:20	3,8	33,9	13,5	1,8	Utara

6	12:35	3,8	33,7	14	2,4	Utara
7	12:50	4,6	34	13,6	1,9	Utara
8	13:05	4,1	33,8	13,9	2,4	Utara
9	13:20	5	33,6	14,6	3,5	Utara
10	13:35	5	32,2	14,5	2,9	Utara
11	13:50	6	32,2	14,7	3,6	Utara
12	14:05	6,2	32,6	14,9	3,8	Utara
13	14:20	5,9	33,1	14,8	4,1	Utara
14	14:35	5,8	33	14,8	3,9	Utara
15	14:50	5,2	32,8	14,8	4	Utara
16	15:05	5	30,8	14,9	4,1	Utara
17	15:20	4,2	30,5	14,6	3,6	Utara
18	15:35	5	30,4	14,5	3,3	Utara
19	15:50	6,7	29,3	14,8	4,5	Utara
20	16:05	4,8	29,7	14,4	4	Utara
21	16:20	5,2	28,8	14,6	3,5	Utara
22	16:35	3,5	29,5	13,8	2	Utara
23	16:50	2,8	28,8	13,7	1,2	Utara
24	17:05	2,9	28,4	13,5	1,2	Utara
25	17:20	1,9	28,6	13,6	0,9	Utara
26	17:35	2,1	27,8	13,7	1,3	Utara
27	17:50	1,9	27,4	12,8	0,7	Utara

Tabel 1.3 Hasil pengambilan data hari ketiga (tanggal 12-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	11:55	2,2	30,8	13,3	1,0	utara
2	12:10	2,5	31,4	13,4	1,3	utara
3	12:25	2,6	33,6	13,4	1,5	utara
4	12:40	3,6	33,4	14,1	2,5	utara
5	12:55	3,5	32,9	13,8	1,9	utara
6	13:10	5,1	33,6	14	3	utara
7	13:25	4,6	33,7	13,5	2,2	utara
8	13:40	5,3	33,4	15	3,0	utara
9	13:55	5,4	33,2	14,5	5	utara
10	14:10	3,6	34,6	14	3	utara

11	14:25	3,9	31,6	14	2,5	utara
12	14:40	4,1	32	14	3	utara
13	14:55	3,6	33	14,1	2,5	utara
14	15:10	4,8	30,2	14,2	3	utara
15	15:25	3,6	32,8	14	1,5	utara
16	15:40	2,6	34,5	13,4	1,5	utara

Tabel 1.4 Hasil pengambilan data hari ke-empat (13-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	12:10	3,2	31,5	13	1,6	timur
2	12:25	2,5	31,9	13	1,5	timur
3	12:40	2,9	32,7	13	1,5	timur
4	12:55	2,3	32,7	13	0,9	timur
5	13:10	2,4	32,2	12,8	0,6	timur
6	13:25	2,6	32,2	13	0,9	timur
7	13:40	2,6	31,7	13	1,0	timur
8	13:55	3,6	30	13,5	1,7	timur
9	14:10	3,6	32,1	13,1	1,4	timur
10	14:25	2,6	33	12,8	0,7	timur
11	14:40	2,3	32,1	12,9	0,7	timur
12	14:55	2,4	31,4	13,1	0,9	timur
13	15:10	2,3	31,5	12,9	1,1	timur
14	15:25	2,2	31,7	12,7	0,6	timur
15	15:40	1,9	29,8	12,7	0,6	timur

Tabel 1.5 Hasil pengambilan data hari kelima (14-05-08)

No	Waktu (Menit)	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	12:00	2,2	29,4	13,1	0,8	Utara
2	12:15	2,6	30,6	13,2	1,1	Utara
3	12:30	3,3	30,7	13,5	1,7	Utara
4	12:45	3,7	30,9	13,5	2,1	Utara
5	13:00	3,4	31	13,6	1,8	Utara

6	13:15	3,9	31,4	13,7	2,2	Utara
7	13:30	4,3	31,8	14,1	2,5	Utara
8	13:45	8,2	31,7	14,8	4	Utara
9	14:00	4,6	31,5	14,6	2,5	Utara
10	14:15	7,4	31,9	14,5	3,5	Utara
11	14:30	6,8	31,3	14,5	3,1	Utara
12	14:45	5,9	31,1	14,3	2,5	Utara
13	15:00	7,3	30,6	14,8	3,5	Utara
14	15:15	8,2	30,2	15	3,7	Utara
15	15:30	7,4	29,8	14,8	3,7	Utara
16	15:45	4,8	29	14,8	3,5	Utara
17	16:00	7,2	28	15	4	Utara
18	16:15	4,0	28	14,6	3,1	Utara
19	16:30	3,8	28	14,9	3,5	Utara
20	16:45	2,9	28,3	14,1	1,9	Utara

Tabel 1.6 Hasil pengambilan data hari keenam (15-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	11:30	2,3	29,9	12,8	0,7	utara
2	11:45	2,5	31,0	13,0	0,9	utara
3	12:00	2,5	31,2	13,1	0,8	utara
4	12:15	2,3	32,1	12,7	0,6	utara
5	12:30	2,6	32,8	13,0	0,8	utara
6	12:45	2,8	32,1	13,1	1,5	utara
7	13:00	3,2	32,6	13,1	1,7	utara
8	13:15	5,1	32,3	14,0	2,5	utara
9	13:30	3,8	32,6	13,5	1,6	utara
10	13:45	3,6	33,1	13,5	1,6	utara
11	14:00	4,2	33,2	13,6	2,0	utara
12	14:15	2,6	33,7	13,1	0,8	utara
13	14:30	2,5	33,9	13,1	0,8	utara
14	14:45	4,6	33,3	13,7	2,0	utara
15	15:00	6,4	33,5	14,5	3,0	utara
16	15:15	4,1	32,8	13,4	2,2	utara
17	15:30	4,6	32,8	13,6	2,1	utara

18	15:45	2,5	32,5	13,2	1,0	utara
19	16:00	3,0	32,9	13,1	1,1	utara
20	16:15	2,8	32,9	13,2	1,2	utara
21	16:30	4,5	32,7	13,6	2,0	utara
22	16:45	2,1	31,8	12,3	0,5	utara
23	17:00	2,3	29,6	13,5	0,5	utara

Tabel 1.7 Hasil pengambilan data hari ketujuh (16-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	11:45	2,4	29,6	12,8	0,6	timur
2	12:00	2,5	30,2	13,0	0,9	timur
3	12:15	3,1	30,8	13,2	1,4	utara
4	12:30	3,1	30,8	13,4	1,4	utara
5	12:45	3,6	31,1	13,6	1,5	timur
6	13:00	3,6	31,1	13,7	1,7	timur
7	13:15	6,0	32,0	14,1	2,1	timur
8	13:30	5,7	31,6	14,2	1,8	timur
9	13:45	2,8	30,3	13,8	1,2	timur
10	14:00	3,0	29,7	14	1,2	timur
11	14:15	4,9	29,8	13,9	1	timur
12	14:30	5,2	31,0	14	1,5	timur
13	14:45	3,0	29,8	13,8	1,2	timur
14	15:00	4,4	30,2	13,5	0,6	timur
15	15:15	4,4	29,3	13,4	0,6	timur
16	15:30	3,0	30,0	13,8	0,9	timur
17	15:45	2,9	30,3	13,8	0,7	timur
18	16:00	3,7	29,7	13,5	1,1	timur
19	16:15	2,3	28,7	13,0	1,0	timur
20	16:30	2,0	28,1	13,1	0,8	timur

Tabel 1.8 Hasil pengambilan data hari kedelapan dengan menggunakan beban Aki Kering 12 V (17-05-08)

No	Waktu	Kecepatan Angin (m/det)	Suhu (°C)	Konverter		Arah Angin
				Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	
1	11:30	3,2	29,1	21	0,15	utara
2	11:45	3,5	29,4	25	0,17	utara
3	12:00	4,0	29,6	30	0,45	utara
4	12:15	3,1	31,1	21	0,15	utara
5	12:30	3,6	30,2	24	0,7	utara
6	12:45	4,8	31,8	26	1,5	utara
7	13:00	3,2	30,4	15	0,6	utara
8	13:15	4,0	30,9	16	1,5	utara
9	13:30	4,7	30,7	17	2,0	utara
10	13:45	3,4	30,9	17	1,8	utara
11	14:00	5,6	31,9	20	3,0	utara
12	14:15	3,4	31,1	15	0,8	utara
13	14:30	3,1	32,7	14	1,1	utara
14	14:45	4,4	2,6	15	2,0	utara
15	15:00	3,0	30,2	14	0,7	utara
16	15:15	3,1	30	15	1,0	utara
17	15:30	2,9	29,8	13,8	0,5	utara



Tabel 2.1 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar 50 watt pada hari pertama

No.	Waktu (menit)	Inverter		Keterangan
		Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	
1	0-5	205	0,23	menyala
2	10-May	205	0,23	menyala
3	15-Oct	205	0,23	menyala
4	15-20	205	0,23	menyala
5	20-25	205	0,23	menyala
6	25-30	205	0,23	menyala
7	30-32	205		padam

Tabel 2.2 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar pada hari kedua.

No.	Waktu	Beban AC			Inverter		Keterangan
		50 watt	100 watt	150 watt	Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	
1	5-10				205	0,52	menyala
2	12						padam
3	12-15				205	0,45	menyala
4	15						padam
5	15-24				205	0,21	menyala
6	24						padam

Tabel 2.3 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar pada hari ketiga

No.	Waktu (menit)	Beban		Inverter		Keterangan
		50 watt	100 watt	Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	
1	0-5			205	0.46	menyala
2	5-10			205	0.46	menyala
3	10-15			205	0.46	menyala
4	15-20			205	0.46	menyala
5	20-25			205	0.46	menyala
6	25-30					padam
7	30-35			205	0.23	menyala
8	35-40			205	0.23	menyala
9	40-45					padam

Tabel 2.4 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar 50 watt pada hari keempat

No.	Waktu (menit)	Inverter		Keterangan
		Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	
1	0-5	205	0,24	menyala
2	5-10	205	0,24	menyala
3	10-15	205	0,24	menyala
4	16			padam

Tabel 2.5 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar 50 watt pada hari kelima

No.	Waktu (menit)	Inverter		Keterangan
		Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	
1	0-5	205	0,26	menyala
2	5-10	205	0,26	menyala
3	10-15	205	0,26	menyala
4	15-20	205	0,26	menyala
5	20-25	205	0,26	menyala
6	25-30	205	0,26	menyala
7	30-35	205	0,26	menyala
8	35-40	205	0,21	menyala
9	40-50	205	0,21	menyala
10	50-53			padam

Tabel 2.6 Hasil pemakaian untuk beban lampu pijar pada hari keenam

No.	Waktu (menit)	Beban		Inverter		Keterangan
		100 watt	200 watt	Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	
1	0-5			213	0.91	menyala
2	5-8			213	0.91	menyala
3	9				0.46	padam
4	9-13			213	0.46	menyala
5	14				0.46	padam

Tabel 2.7 Hasil pemakaian untuk beban lampu DC 10 watt pada hari ketujuh

No.	waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Keterangan
1	0 - 5	12	0,26	Menyala
2	5-10	12	0,26	Menyala
3	10-15	12	0,26	Menyala
4	15-20	12	0,25	Menyala
5	20-25	12	0,25	Menyala
6	25-30	12	0,24	Menyala
7	30-35	12	0,24	Menyala
8	35-40	12	0,24	Menyala
9	40-45	12	0,23	Menyala
10	45-50	12	0,23	Menyala
11	50-55	12	0,23	Menyala
12	55-60	12	0,22	Menyala
13	60-65	12	0,22	Menyala
14	65-70	12	0,22	Menyala
15	70-75	12	0,22	Menyala
16	75-78	12	0,61	Padam

Tabel 2.8 Hasil pemakaian untuk beban lampu neon DC 10 watt pada hari kedelapan

No.	waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Keterangan
1	0-10	12	0.03	menyala
2	10-20	12	0.03	menyala
3	20-30	12	0.03	menyala
4	30-40	12	0.03	menyala
5	40-50	12	0.03	menyala
6	50-60	12	0.03	menyala
7	60-70	12	0.03	menyala
8	70-80	12	0.03	menyala
9	80-90	12	0.03	menyala
10	90-100	12	0.03	menyala
11	100-110	12	0.03	menyala
12	110-120	12	0.03	menyala
13	120-130	12	0.03	menyala
14	130-140	12	0.03	menyala
15	140-150	12	0.03	menyala
16	150-160	12	0.03	menyala
17	160-163	12		padam

Tabel hasil analisa data

Tabel 3.1 Hasil analisa data pada hari pertama (09-05-08)

No	ρ	P _{input}	P _{out}	$\eta(\%)$
1	1.5849	108.07	20.25	18.7
2	1.5815	89.91	22.78	25.3
3	1.5849	189.51	27.4	14.4
4	1.538	95.89	19.8	20.6
5	1.4978	63.79	19.8	31
6	1.5447	28.53	11.61	40.6
7	1.5949	164.14	14.74	8.9
8	1.5782	127.75	20.25	15.8
9	1.5715	149.11	21.44	14.3
10	1.6016	174.49	23.12	13.2
11	1.605	191.92	22.95	11.9
12	1.5748	117.14	18.9	16.1
13	1.5815	133.84	13.1	9.7
14	1.6418	45.57	11.7	25.6
15	1.6719	26.86	11.79	43.8
16	1.6753	35.36	13	36.7
17	1.6954	27.24	11.79	43.2
18	1.6954	27.24	10.48	38.4
19	1.6954	20.17	8.96	44.4
20	1.7021	31.44	11.79	37.5
rata-rata	1.6108	92.39	16.782	25.5

Tabel 3.2 Hasil analisa data hari kedua (10-05-08)

No	ρ	P _{input}	P _{out}	$\eta(\%)$
1	1.6485	39.53	13.2	33.3
2	1.6289	55.62	17.42	31.3
3	1.6217	131.85	20.25	15.3
4	1.6217	154.39	20.25	13.1
5	1.538	146.42	24.3	16.5
6	1.5447	147.05	33.6	22.8
7	1.5346	259.16	25.84	9.9
8	1.5413	184.3	33.36	18.1

9	1.548	335.75	51.1	15.2
10	1.5949	345.89	42.05	12.1
11	1.5949	597.7	52.92	8.8
12	1.5815	653.94	56.62	8.6
13	1.5648	557.58	60.68	10.8
14	1.5681	530.83	57.72	10.8
15	1.5748	384.18	59.2	15.4
16	1.6418	332.2	61.09	18.3
17	1.6518	212.32	52.56	24.7
18	1.6514	358.14	47.85	13.3
19	1.692	882.92	66.6	7.5
20	1.6786	644.16	57.6	8.9
21	1.7088	161.87	51.1	12.2
22	1.6853	125.36	27.6	0.22
23	1.7088	65.08	16.44	25.2
24	1.7221	72.87	16.2	22.2
25	1.7155	20.41	12.24	59.9
26	1.7422	27.99	17.81	63.6
27	1.7556	20.89	8.96	42.8
rata-rata	1.6318	275.86	37.205	20.8

Tabel 3.3 Hasil analisa data hari ketiga (12-05-08)

No	ρ	P_{input}	P_{out}	$\eta(\%)$
1	1.6418	30.33	13.3	43.1
2	1.6217	43.96	17.42	39.6
3	1.548	47.2	20.1	42.5
4	1.5547	125.85	35.25	28
5	1.5715	116.9	26.22	22.4
6	1.548	356.27	42	11.7
7	1.5447	260.86	29.7	11.3
8	1.5547	401.58	45	11.2
9	1.5614	426.57	72.5	16.9
10	1.5145	122.59	42	34.2
11	1.615	166.21	35	21
12	1.6016	191.51	42	21.9
13	1.5681	126.93	35.25	27.7
14	1.6619	318.88	42.6	13.3

15	1.5748	127.47	21	16.4
16	1.5179	46.28	20.1	43.4
rata-rata	1.5750	181.83	33.715	25.2

Tabel 3.4 Hasil analisa data hari keempat (13-05-08)

No	ρ	P _{input}	P _{out}	$\eta(\%)$
1	1.6183	92	20.8	22.6
2	1.605	43.51	19.5	44.8
3	1.5782	66.78	19.5	29.2
4	1.5782	33.31	11.7	35.1
5	1.5949	38.25	1.08	20.07
6	1.5949	48.63	11.7	24.05
7	1.6117	49.14	13	26.4
8	1.6686	135.07	22.95	16.9
9	1.5983	129.37	18.34	14.1
10	1.5681	47.81	8.96	18.7
11	1.5983	33.73	9.03	26.7
12	1.6217	35.19	11.79	33.5
13	1.6183	34.16	14.19	41.6
14	1.6117	29.77	7.62	25.5
15	1.6753	19.93	7.62	38.2
rata-rata	1.6095	55.77	13.18	27.8

Tabel 3.5 hasil analisa data hari kelima (14-05-08)

No	ρ	P _{input}	P _{out}	$\eta(\%)$
1	1.6887	31.19	10.48	33.6
2	1.6485	50.26	14.52	28.8
3	1.5451	96.33	22.95	23.8
4	1.6384	143.98	28.35	19.6
5	1.6351	111.5	24.48	21.9
6	1.6217	166.9	30.14	18
7	1.6083	221.85	35.25	15.8
8	1.6117	666.43	59.2	8.8
9	1.6183	273.29	36.5	13.3
10	1.605	1128.41	50.75	4.4

11	1.625	886.5	44.95	5
12	1.6317	581.42	35.75	6.1
13	1.6485	1112.64	51.8	4.6
14	1.6619	1589.81	55.5	3.4
15	1.6753	1177.84	54.76	4.6
16	1.7021	251.56	51.8	20.5
17	1.7355	1123.88	60	5.3
18	1.7355	192.7	45.26	23.4
19	1.7355	140.48	52.15	37.1
20	1.7255	73.01	26.79	36.6
rata-rata	1.6548	500.10	39.56	16.73

Tabel 3.6 Hasil analisa data hari keenam (15-05-08)

No	ρ	P_{input}	P_{out}	$\eta(\%)$
1	1.6719	35.29	8.96	25.3
2	1.6351	44.32	11.7	26.3
3	1.6289	44.15	10.48	23.7
4	1.5983	33.73	7.62	22.5
5	1.5748	48.02	10.4	21.6
6	1.5983	60.87	19.65	32.2
7	1.5815	89.91	22.27	24.7
8	1.5916	366.3	35	9.5
9	1.5815	150.56	21.6	14.3
10	1.5648	126.66	21.6	70.5
11	1.5614	200.07	27.2	13.5
12	1.5447	47.1	10.48	22.2
13	1.538	41.69	10.48	25.1
14	1.5581	263.12	27.4	10.4
15	1.5514	705.6	43.5	6.1
16	1.5748	188.31	29.48	15.6
17	1.5748	265.94	28.56	10.7
18	1.5849	42.95	13.2	30.7
19	1.5715	73.61	14.41	19.5
20	1.5715	59.85	15.84	25.8
21	1.5782	249.51	27.2	10.9
22	1.6083	25.84	6.15	23.8
23	1.682	35.5	6.75	19

rata-rata	1.5881	139.08	18.69	21.9
-----------	--------	--------	-------	------

Tabel 3.7 Hasil analisa data hari ketujuh (16-05-08)

No	ρ	P_{input}	P_{out}	$\eta(\%)$
1	1.682	40.34	7.68	19
2	1.6619	45.03	11.7	25.9
3	1.6418	84.86	18.48	21.7
4	1.6418	84.86	18.76	22.1
5	1.6317	132.08	20.4	15.4
6	1.6317	132.08	23.29	17.6
7	1.6016	600.21	29.61	4.9
8	1.615	518.91	25.56	4.9
9	1.6585	63.16	16.56	26.2
10	1.6786	78.63	16.8	21.3
11	1.6753	341.96	13.9	4
12	1.6351	398.89	21	5.2
13	1.6753	78.47	16.56	21.1
14	1.6619	23.06	8.1	35.1
15	1.692	250.05	8.04	3.2
16	1.6686	78.16	12.42	15.8
17	1.6585	50.57	9.66	19.1
18	1.6786	147.52	14.85	10.1
19	1.7121	36.14	13	35.9
20	1.7322	24.01	10.48	43.8
rata-rata	1.6620	160.44	15.84	18.6

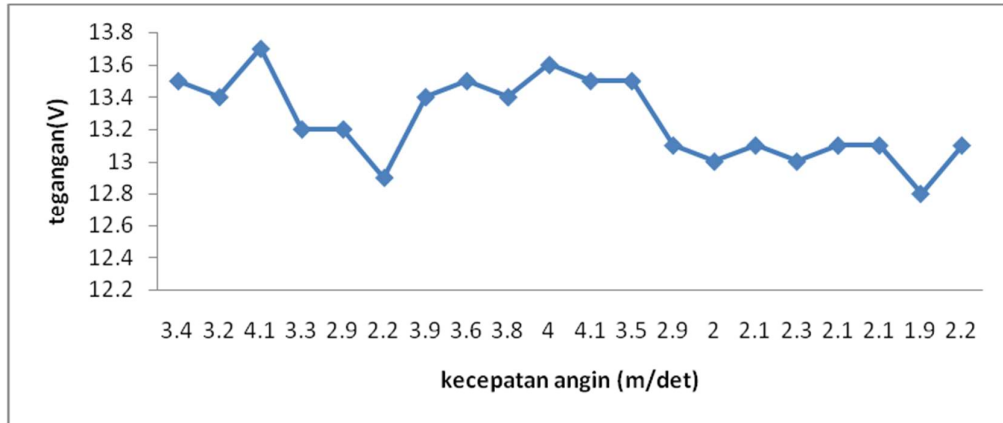
Tabel 3.8 Hasil analisa data hari kedelapan (18-05-08)

No	ρ	P_{input}	P_{out}	H(%)
1	1.7437	99.13	3.15	3.1
2	1.6887	125.61	4.25	3.3
3	1.682	186.76	13.5	7.2
4	1.6317	84.33	3.15	3.7
5	1.6619	134.52	16.8	12.4
6	1.6083	308.59	39	12.6
7	1.6552	94.1	9	9.5
8	1.6384	181.92	24	13.1
9	1.6451	296.33	34	11.4
10	1.6384	111.72	30.6	27,3
11	1.605	498.03	60	12.2
12	1.6317	111.26	12	10.7
13	1.5782	81.537	15.4	18.8
14	1.5815	116.86	30	25.6
15	1.6619	77.85	9.8	12.5
16	1.6686	86.26	15	17.3
17	1.6753	70.89	6.9	9.7
rata-rata	1.6468	156.805	19.20	12.3

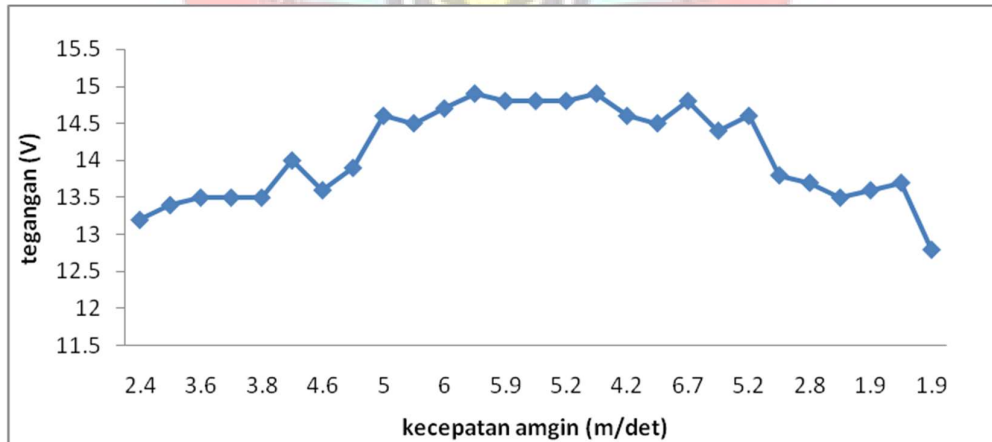
Tabel 4.1 Efisiensi turbin dari hari pertama sampai hari kedelapan percobaan

NO	tanggal	η rata-rata
1	9/5/2008	25.5
2	10/5/2008	20.8
3	12/5/2008	25.2
4	13/5/2008	27.8
5	14/5/2008	16.7
6	15/5/2008	21.9
7	16/5/2008	18.6
8	17/5/2008	12.3
rata-rata		21.1

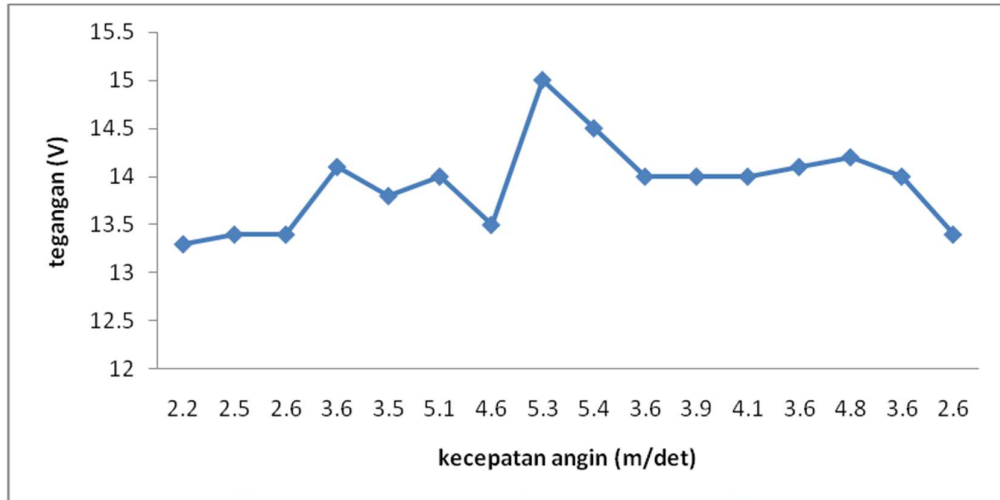
Grafik 1.1 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari pertama



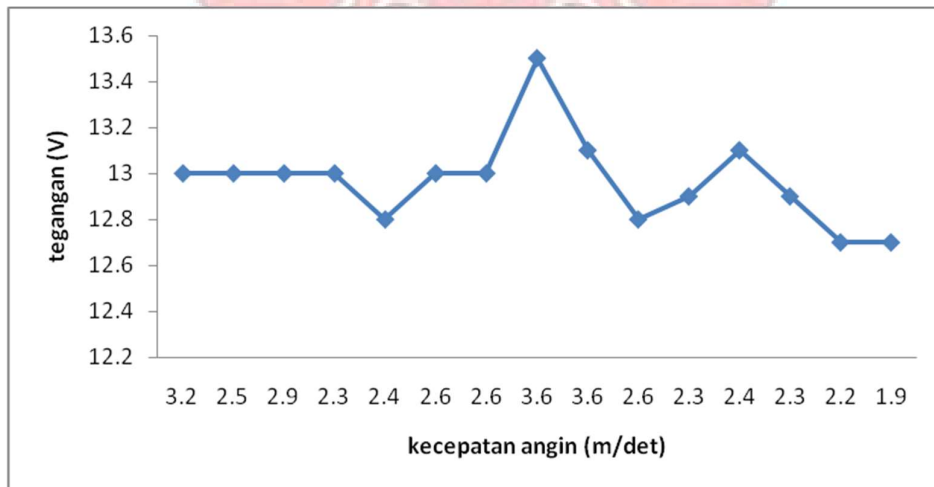
Grafik 1.2 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari kedua



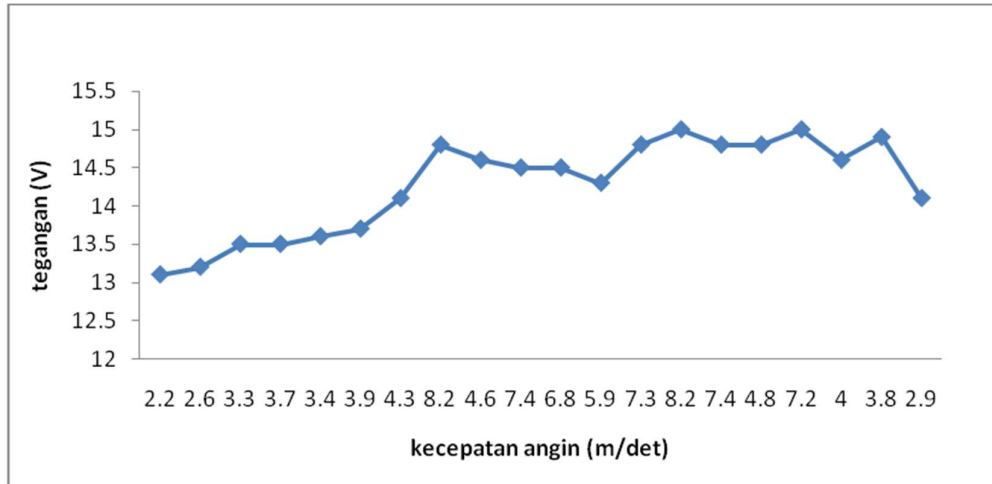
Grafik 1.3 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari ketiga



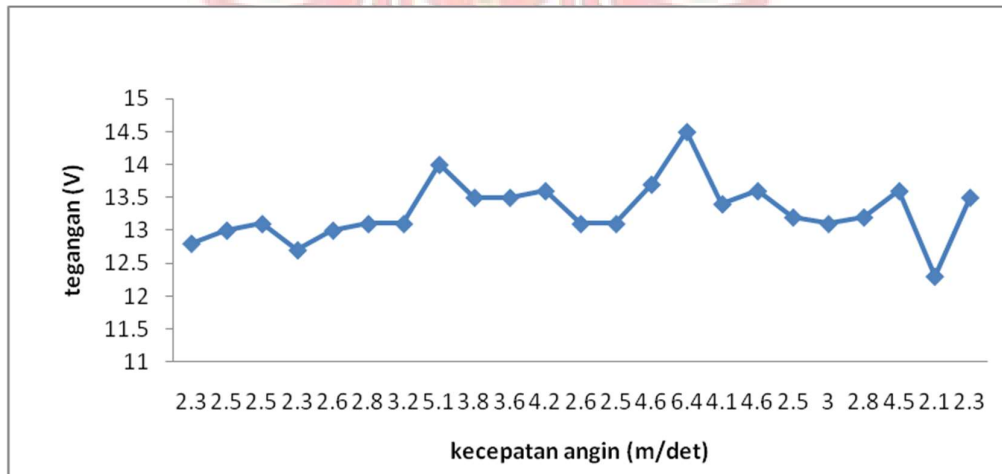
Grafik 1.4 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari keempat



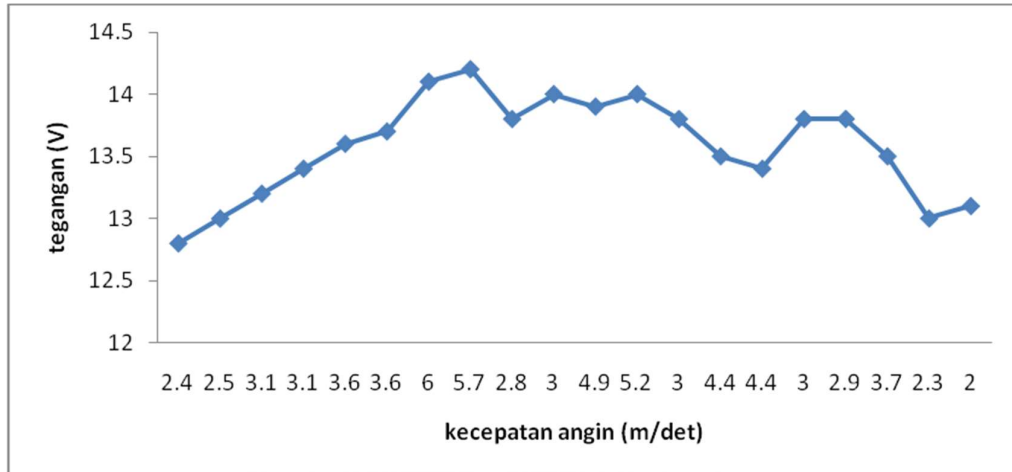
Grafik 1.5 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari kelima



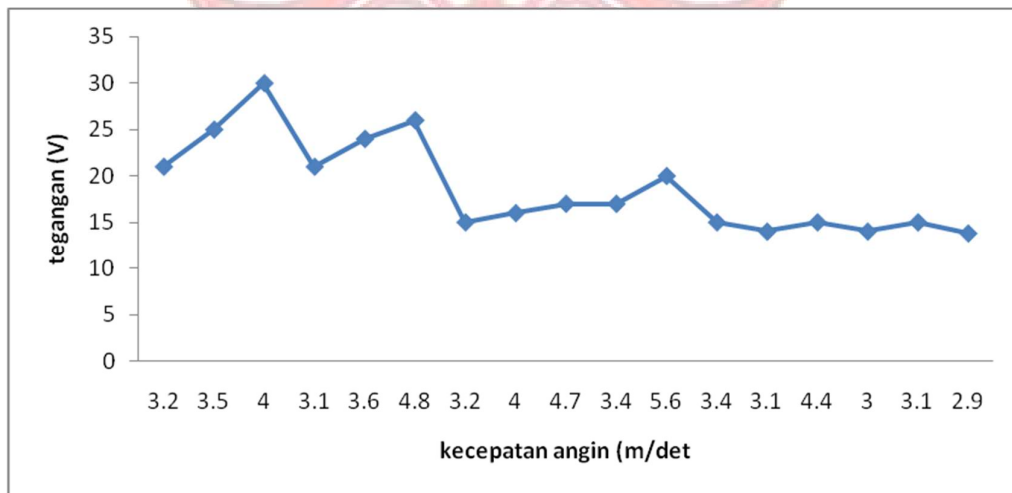
Grafik 1.6 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari keenam



Grafik 1.7 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari ketujuh

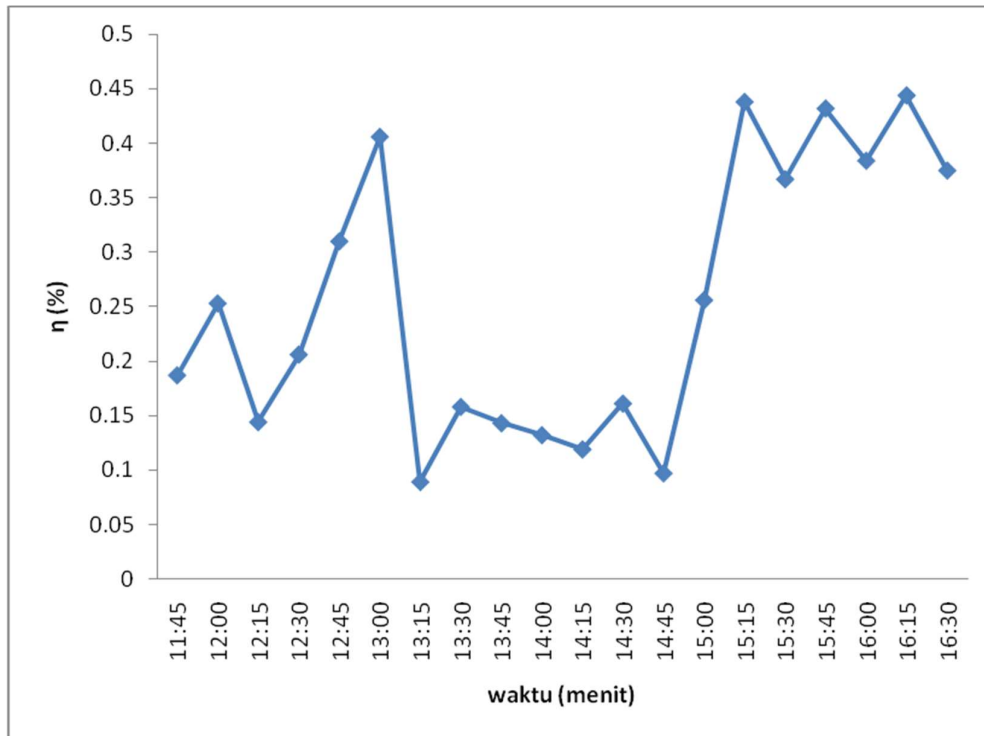


Grafik 1.8 hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluran konverter pada hari kedelapan

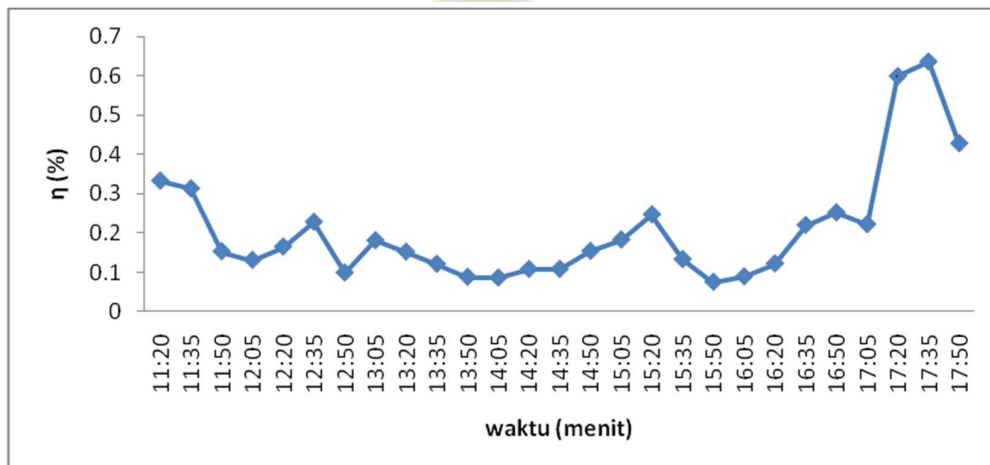


Grafik efisiensi turbin

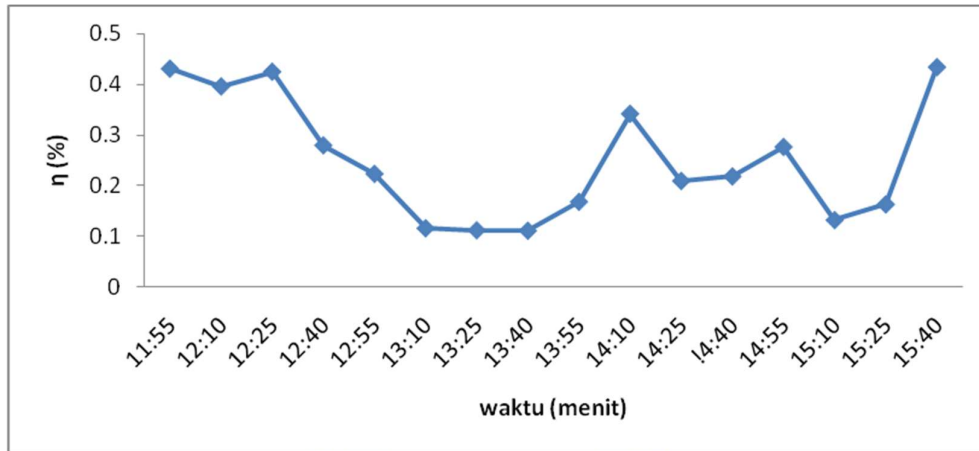
Grafik 2.1 efisiensi turbin pada hari pertama



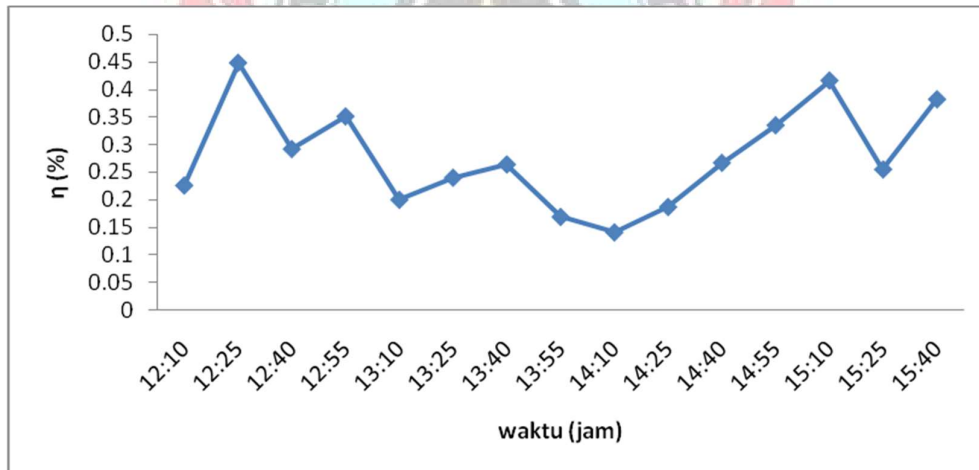
Grafik 2.2 efisiensi turbin pada hari kedua



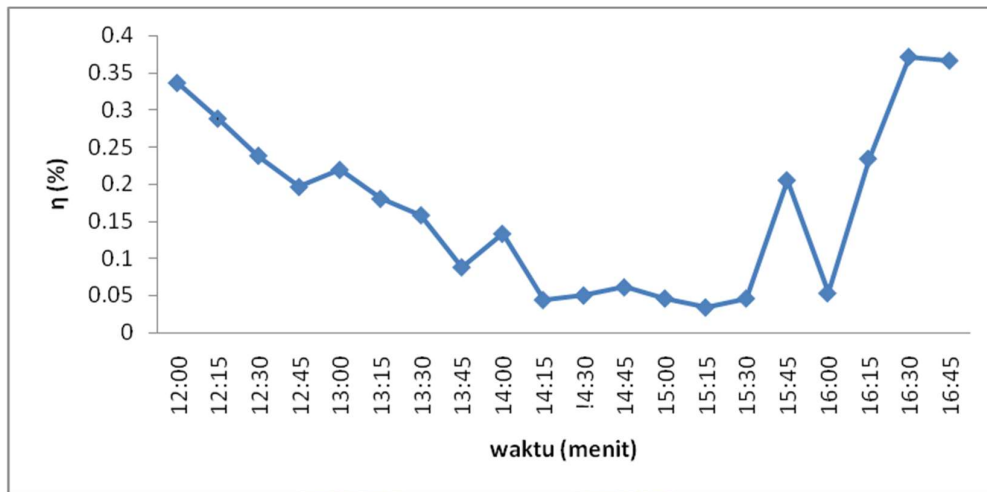
Grafik 2.3 efisiensi turbin pada hari ketiga



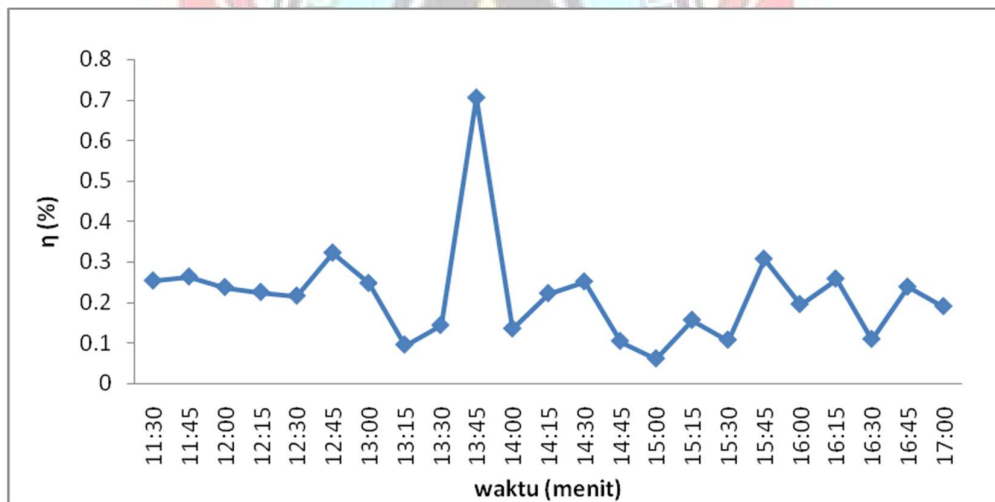
Grafik 2.4 efisiensi turbin pada hari keempat



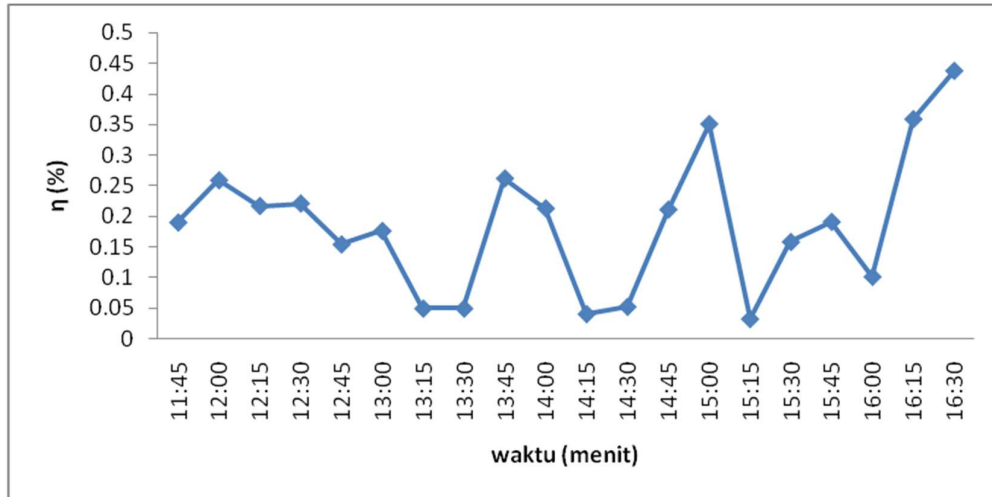
Grafik 2.5 efisiensi turbin pada hari kelima



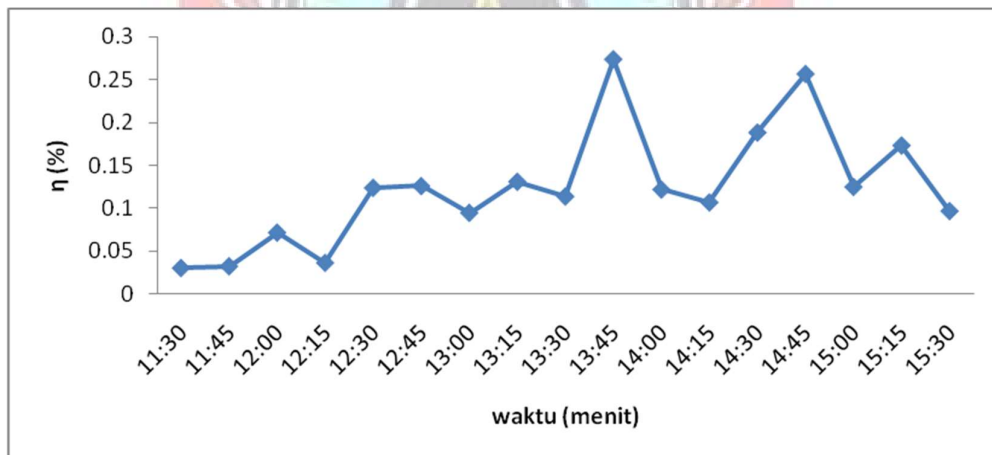
Grafik 2.6 efisiensi turbin pada hari keenam



Grafik 2.7 efisiensi turbin pada hari ketujuh



Grafik2.8 efisiensi turbin pada hari kedelapan



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Daya *ouput* turbin angin yang diperoleh adalah antara 3.15 Watt sampai dengan 60 Watt. Dengan nilai efesiensi antara 34% sampai dengan 63.6%, besar kecilnya efesiensi dari turbin tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin dan massa jenis udara.
2. Semakin tinggi kecepatan angin maka daya *input* semakin tinggi dan daya output cenderung naik.
3. Penggunaan satu buah turbin angin ini belum bisa memberikan kebutuhan akan energi listrik yang maksimal untuk kebutuhan rumah tangga.
4. Energi listrik yang di hasilkan turbin angin tersebut dapat disimpan dengan menggunakan batteray (aki) apabila energi tersebut belum digunakan

Saran

Perlu dilakukan penelitian dengan mengupayakan agar turbin angin diletakkan dengan variasi ketinggian yang berbeda dari permukaan tanah.

LAMPIRAN 1

Data Spesifikasi Turbin



24 Volt DC Battery Charging
120 Volt, 60 Hz AC (Optional)
230 Volt, 50 Hz AC (Optional)
(off-grid use only)



BWC XL.1

1 kW CLASS WIND TURBINE

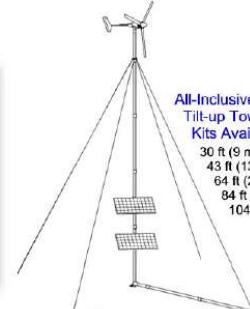
- 5-YEAR WARRANTY
- MAINTENANCE FREE DESIGN
- NEARLY SILENT OPERATION
- EXCELLENT LOW WIND PERFORMANCE
- AUTO FURL, AUTOMATIC STORM PROTECTION
- STATE-OF-THE-ART AIRFOIL (PAT. PENDING)
- DIRECT-DRIVE NEODYMIUM PM ALTERNATOR
- POWERCENTER MULTI-FUNCTION CONTROLLER
- BATTERY-FRIENDLY OPTICCHARGE REGULATION
- OPTIONAL INTEGRATED 500 W SINE INVERTER
- COMPLETE TUBULAR TILT-UP TOWERS AVAILABLE
- COMPLETE "PLUG AND PLAY" SYSTEMS AVAILABLE

The Bergey XL.1 is the most technically advanced small wind turbine ever. It comes from the world's leading manufacturer of small wind turbines and is backed by a full 5-year warranty. The XL.1 wind turbine is designed for high reliability, low maintenance, and automatic operation in adverse weather conditions. And the XL.1's "all-in-one" PowerCenter provides complete hybrid system integration, including an optional on-board sine wave inverter. Owner installations are a snap with Tilt-up Tower options from 30 - 104 ft.

Easy to install, extremely reliable, and a solid value, the Bergey XL.1 is the clear choice for your home energy system.



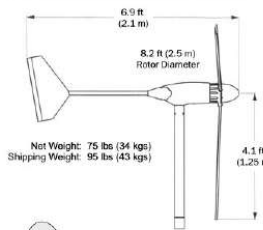
BWC XL.1 PowerCenter Controller



All-Inclusive Tilt-up Tower Kits Available:
30 ft (9 m)
43 ft (13 m)
64 ft (20 m)
84 ft (26 m)
104 ft (32 m)

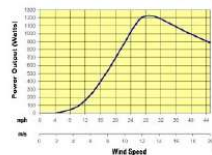
30 ft Tilt-up Tower, with Optional 200 W Solar Array

THE ONLY MOVING PARTS ARE THE PARTS YOU SEE MOVING



Performance

Start-up Wind Speed ... 6.7 mph (3 m/s)
Cut-in Wind Speed ... 5.6 mph (2.5 m/s)
Rated Power ... 1,000 Watts
Rated Wind Speed ... 24.6 mph (11 m/s)
Rated Rotor Speed ... 450 RPM
Furling Wind Speed ... 29 mph (13 m/s)
Max. Design Wind Speed ... 120 mph (54 m/s)



Predicted Energy Production

Wind Speeds Taken at Top of Tower

Annual Average Wind Speed (mph)	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	
Production	Daily	1.9	2.8	3.9	5.1	6.4	7.7	8.9
	in kWh (24 VDC)	59	89	115	150	196	230	278
	Annually	688	1,070	1,418	1,958	2,346	2,730	3,268

Wind Speeds Taken at 10 meters (per standard wind resource maps)

US DOE Wind Power Class	1	2	3	4	6	6	7
Annual Average Wind Speed (mph)	8.5	10.7	12.1	13.0	13.9	15.0	16.8
Annual Average Wind Speed (m/s)	4.0	4.8	5.4	5.8	6.2	6.7	8.4
Production	Daily	2.6	4.3	6.8	8.3	9.2	11.7
	in kWh (24 VDC)	80	130	175	205	248	305
	Annually	292	477	638	738	888	1108
	Annually	1,044	1,716	2,313	2,694	3,240	4,044

Assumptions: Inland site, Rayleigh Wind Distribution, Shear Exponent = 0.20, Air Dens = 1.20 kg/m³ (7.65 lb/ft³)
Note: Battery charge regulation. Batteries full and when run losses will reduce actual kWh performance.

Your Performance May Vary.

Dealer:



SIMPLICITY • RELIABILITY • PERFORMANCE

2001 PRIESTLEY AVE.
NORMAN, OK 73069
T: 405-364-4212
F: 405-364-2078
SALES@BERGEY.COM
www.bergey.com

LAMPIRAN 2

Tabel sifat udara pada tekanan atmosfer

T, K	ρ kg/m ³	c_p , kJ/kg · °C	μ , kg/m · s × 10 ⁵	ν , m ² /s × 10 ⁶	k , W/m · °C	α , m ² /s × 10 ⁴	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

† Dari Natl. Bur. Stand (U. S.) Circ. 564, 1965

LAMPIRAN 3
Foto-foto kegiatan







