

ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF PADA MESIN PENDINGIN SKALA KECIL

Wind as an Alternative Energy Source in Small-Scale Refrigeration

Oleh:

Alfin Yuwana Putra¹, Fis Purwangka^{1*}, Budhi Hascaryo Iskandar¹

¹Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-
IPB University, Indonesia

*Korespondensi penulis: fis@psp-ipb.org

ABSTRAK

Proses pendinginan merupakan salah satu proses penanganan hasil tangkapan yang sangat dibutuhkan oleh nelayan dalam mempertahankan mutu hasil tangkapan. Proses pendinginan atau pembekuan yang selama ini dilakukan oleh sebagian besar nelayan masih menggunakan es dan masih sangat bergantung kepada ketersediaan es. Pada beberapa kapal penangkap ikan sudah menerapkan teknologi refrigerasi, namun energi listrik yang dibutuhkan kebanyakan masih disuplai dari penggunaan motor bakar yang kurang ramah lingkungan. Hal tersebut memunculkan ide untuk mencari alternatif sumber energi agar didapatkan sebagian solusi dari masalah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui kecepatan angin minimal yang dibutuhkan untuk mengisi energi listrik ke sistem penyimpanan; (2) mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian daya ke sistem penyimpanan sampai penuh; dan (3) mengetahui waktu yang digunakan untuk menghabiskan energi yang tersimpan dan suhu yang dicapai. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan angin minimal yang dibutuhkan untuk memutarakan turbin angin yaitu sebesar 16,2 km/jam dan menghasilkan kecepatan putaran turbin sebesar 41,2 rpm. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi akumulator 45 Ah sampai penuh dengan kecepatan angin rata-rata 17,5 km/jam, kecepatan putaran turbin rata-rata 53,6 rpm dan arus listrik rata-rata yang dihasilkan 2,4 ampere adalah 18 jam 45 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan tegangan akumulator menjadi 6 volt adalah 2 jam 1 menit 59 detik dan menghasilkan suhu sebesar 3,5 °C. Hasil uji coba menunjukkan bahwa angin dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pada mesin pendingin skala kecil yang dirancang.

Kata kunci: angin, refrigerasi, turbin angin

ABSTRACT

The cooling process is one of the handling catches a very needed by fishermen in maintaining the quality of the catch. The process of cooling or freezing as long as this is done by most fishermen still use the ice and still highly dependent on the availability of the ice. On some fishing vessel refrigeration technology is implemented, but electrical energy needed is still mostly supplied from use of motor fuels that are less environmentally friendly. This gave rise to the idea to find alternative sources of energy in order to obtain some solution of the problem. The purpose of this research is: (1) find out the minimum wind speed needed to fill the electric power to the storage system; (2) know the length of time it takes to do the charging system into storage until it is full; and (3) find out the time used to spend the stored energy and temperature are achieved. The results of this research show that the minimum wind speed needed to play the wind turbines which amounted to 16.2 km/h and produces turbine rotation speed of 41.2 rpm. The time it takes to charge the accumulator 45 Ah to the brim with an average wind speed of 17.5 km/h, the average turbine rotation speed of 53.6 rpm and average electric current generated 2.4 ampere is 18 hours 45 minutes. The time it takes to reduce the accumulator voltage to 6 volts is 2 hours 1 minute 59 seconds and generate temperatures of 3.5 °C. Experimental

results show that the wind can be used as an alternative source of energy on a small scale refrigeration designed.

Key words: *refrigeration, wind, wind turbine*

PENDAHULUAN

Penanganan ikan hasil tangkapan di kapal merupakan perlakuan terpenting dari seluruh proses perjalanan ikan hingga sampai ke konsumen. Penurunan mutu ikan dapat dihambat dengan perlakuan suhu rendah. Penggunaan suhu rendah berupa pendingin dan pembeku dapat memperlambat proses-proses biokimia yang berlangsung dalam tubuh ikan yang mengarah pada penurunan mutu ikan (Baheramsyah dalam Huda 2013). Penanganan hasil tangkapan ikan menggunakan kapal ikan tradisional biasanya menggunakan pendinginan dengan es basah atau es batu. Penggunaan es merupakan salah satu cara yang paling mudah dilakukan. Penggunaan es juga relatif murah dan mudah. Namun penggunaan es basah ini akan menyebabkan beban pada kapal lebih besar dan ruang muat untuk ikan menjadi berkurang. Selain itu pendinginan dengan menggunakan es basah hanya dapat mempertahankan suhu rendah dalam waktu yang singkat (Huda 2013). Hal ini akan membatasi lama trip yang dilakukan nelayan karena sifat es yang mudah mencair. Apabila nelayan akan melakukan trip dalam waktu yang cukup lama, maka jumlah es yang dibawa akan banyak pula. Hal ini akan menyebabkan banyak ruang yang terpakai untuk penyimpanan es tersebut. Penggunaan sistem refrigerasi dalam penanganan hasil tangkapan dapat dijadikan solusi dari permasalahan tersebut. Pada beberapa kapal penangkap ikan sudah menerapkan teknologi tersebut, namun energi listrik yang dibutuhkan oleh sistem refrigerasi yang ada sebagian besar masih disuplai dari penggunaan motor bakar.

Penggunaan motor bakar dapat dikatakan masih kurang ramah lingkungan dikarenakan masih menggunakan bahan bakar fosil yang tergolong sebagai sumber energi tak terbarukan. Gas buang kendaraan bermotor mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan. Komponen utama bahan bakar fosil ini adalah hidrogen (H) dan karbon (C). Bahan pencemar yang terutama terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), senyawa hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NO_x), sulfur (SO_x), dan partikulat debu termasuk timbal (Pb) (Havendri 2008). Berbagai permasalahan timbul dari penggunaan energi tak terbarukan, mulai dari ketersediaannya yang semakin menipis hingga dampak yang ditimbulkan dari penggunaannya. Berbagai permasalahan tersebut diharapkan dapat diatasi dengan pemanfaatan sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang cukup potensial untuk dimanfaatkan adalah angin. Oleh karena itu, penelitian mengenai angin sebagai sumber energi alternatif pada mesin pendingin skala kecil, sebagai salah satu upaya penggunaan sumber energi alternatif perlu dilakukan.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui kecepatan angin minimal yang dibutuhkan untuk mengisi energi listrik ke sistem penyimpanan, mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian daya ke sistem penyimpanan sampai penuh, mengetahui lama waktu yang digunakan untuk menghabiskan energi yang tersimpan di dalam sistem penyimpanan oleh mesin pendingin skala kecil serta suhu yang dicapai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap, tahap pertama yaitu desain dan pembuatan alat yang dilaksanakan di *workshop* Kapal dan Transportasi Perikanan, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor pada bulan Februari dan Maret tahun 2013, tahap kedua yaitu pengambilan data yang dilaksanakan pada bulan April tahun 2013

di Palabuhanratu, Jawa Barat dan tahap ketiga yaitu pelaporan hasil penelitian di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode percobaan, yaitu dengan mendesain, membuat dan melakukan uji coba pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi alternatif pada mesin pendingin hasil tangkapan. Data primer yang diambil pada percobaan ini meliputi daya yang dihasilkan oleh turbin angin, lama waktu untuk mengisi *accumulator*, daya yang dihabiskan oleh mesin pendingin hasil tangkapan selama mesin tersebut dinyalakan. Data sekunder yang diambil berupa literatur turbin angin, alternator, *accumulator*, dan sistem refrigerasi, serta data kecepatan angin di Teluk Palabuhanratu.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: amperemeter, voltmeter, anemometer, tachometer, alat-alat pertukangan, laptop, mesin las, kamera. bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: bola plastik, resin, matt, *talc*, kobalt, pewarna resin, katalis, alternator, *accumulator*, kompresor goldstar 1/12 pk, kondensor, pipa kapiler, evaporator, kabel-kabel, tiang besi, plat besi, mur dan baut, *cool box*.

Data yang didapat ditabulasikan dan dihitung dengan menggunakan perhitungan matematika sederhana. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, selanjutnya dideskripsikan untuk mencapai tujuan penelitian. Tabel yang akan digunakan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil pengukuran arus yang dihasilkan berdasarkan putaran turbin angin

Kecepatan Angin (Km/Jam)	Putaran Turbin Angin (RPM)	Arus listrik yang Dihasilkan (Ampere)
1.		
2.		
....		

Tabel 2 Hasil pengukuran tegangan yang dibutuhkan oleh mesin pendingin

Waktu Pengukuran	Tegangan yang Dibutuhkan (Volt)	Suhu yang dihasilkan (°C)
1.		
2.		
...		

Menurut Suryatmo dalam Setiono (2006), perhitungan untuk mengetahui energi yang dihasilkan oleh angin dapat menggunakan persamaan berikut:

$$W = Pxt \quad (1)$$

Keterangan:

W = energi (Joule)

P = daya (watt)

t = waktu (detik)

Menurut Suryatmo dalam Setiono (2006), perhitungan untuk mengetahui daya yang dihasilkan alternator dapat menggunakan persamaan berikut:

$$P = ExI \quad (2)$$

Keterangan:

P = Daya (watt)

E = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

Perhitungan untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian accumulator dapat menggunakan persamaan berikut:

Lama pengisian arus (Anwar 2008):

$$T_a = \frac{Ah}{A} \quad (3)$$

Keterangan:

T_a = Lamanya pengisian arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas accumulator (ampere hours)

A = Besarnya arus pengisian ke accumulator (ampere)

Lama pengisian daya (Anwar 2008):

$$T_d = \frac{\text{daya Ah}}{\text{daya A}} \quad (4)$$

Keterangan:

T_d = Lamanya pengisian daya (jam)

Daya Ah = Besarnya daya yang didapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan accumulator (watt hours)

Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian A dengan besar tegangan accumulator (watt)

Selanjutnya untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menghidupkan mesin pendingin yaitu:

$$W = Pxt \text{ atau } t = W/p \quad (5)$$

Keterangan:

W = Energi yang dibutuhkan (watt jam)

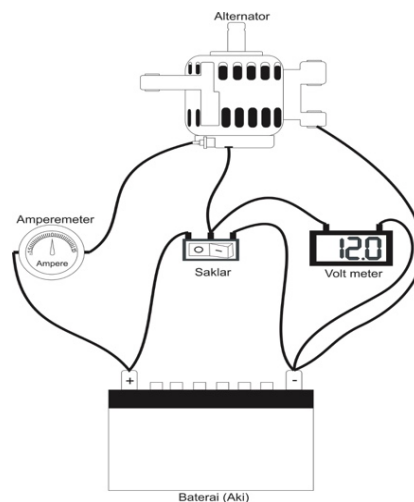
P = Daya yang dibutuhkan (watt)

T = waktu yang dibutuhkan (jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian Turbin Angin Pembangkit Listrik

Rangkaian turbin angin yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu: turbin angin, alternator, amperemeter, voltmeter, saklar, dan *accumulator*. Penjelasan mengenai rangkaian turbin angin disampaikan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Rangkaian sistem pembangkit listrik

Berdasarkan kedudukan poros, jenis-jenis turbin angin itu dapat dibagi ke dalam dua kategori, yakni: turbin angin dengan sumbu horisontal dan turbin angin dengan sumbu vertikal (Reksoatmodjo 2004). Berdasarkan prinsip kerjanya rotor vertikal secara umum dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe dengan pembangkit putaran komponen gaya hambat dan tipe dengan pembangkit putaran komponen gaya angkat (Atmadi dan Fitroh 2008). Penelitian ini menggunakan jenis turbin angin dengan sumbu vertikal dan ber-tipe pembangkit putaran komponen gaya hambat.

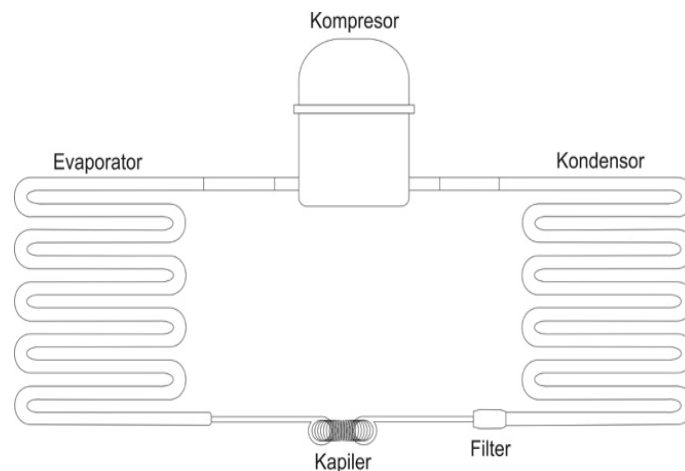
Pengubahan energi angin menjadi energi listrik pada alat-alat yang kecil dapat dilakukan memakai alternator mobil. Kelebihan pada alternator ialah tidak terdapat bunga api antara sikat-sikat dan slip ring, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus. Alternator yang digunakan adalah alternator Denso 27060 bz020.

Accumulator atau biasa disebut aki mampu mengubah tenaga kimia menjadi energi listrik. Proses elektrokimia reversibel yaitu proses pengubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik (*discharging*) di dalam aki pada saat aki dipakai. Saat diisi atau dimuati, terjadi proses pengubahan tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*) (Anwar 2008).

Rangkaian Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada di bawah temperatur lingkungan. Karena temperatur ruangan yang terkondisi tersebut selalu berada di bawah temperatur lingkungan, maka ruangan akan menjadi dingin, sehingga refrigerasi dapat juga disebut dengan metode pendinginan (Dalimunthe 2004). Sistem refrigerasi yang umum dan mudah dijumpai adalah sistem refrigerasi kompresi uap (*vapor compression refrigeration*). Pada sistem ini terdapat refrigeran (*refrigerant*), yakni suatu senyawa yang dapat berubah fase secara cepat dari uap ke cair dan sebaliknya (Tampubolon dan Samosir 2005).

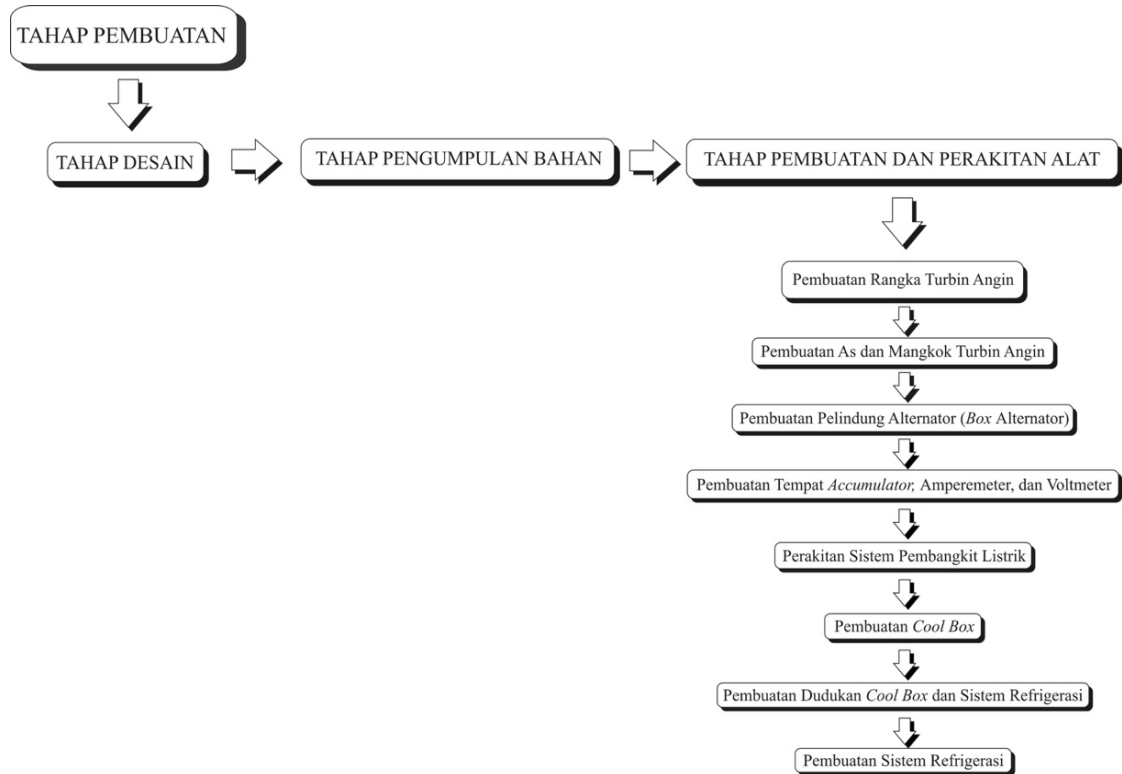
Sistem refrigerasi dalam penelitian ini terdiri dari rangkaian kompresor, kondensor, filter, pipa kapiler, dan evaporator. Prinsip kerja dari sistem refrigerasi pada penelitian ini yaitu uap jenuh refrigeran dari evaporator dikompresi oleh kompresor sehingga berubah menjadi uap refrigeran dengan temperatur dan tekanan yang tinggi. Selanjutnya uap refrigeran dengan temperatur dan tekanan yang tinggi masuk ke dalam kondensor dan terjadi proses kondensasi sehingga uap refrigeran dengan temperatur dan tekanan yang tinggi berubah fase menjadi refrigeran cair. Refrigeran cair selanjutnya melewati filter dan pipa kapiler menuju evaporator sehingga terjadi penurunan tekanan. Pada evaporator, refrigeran mengalami evaporasi sehingga menyerap kalor dan berubah menjadi uap jenuh. Selanjutnya refrigeran kembali ke kompresor untuk dikompresi kembali. Siklus tersebut terus berulang. Rangkaian sistem refrigerasi pada penelitian ini Disampaikan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Sistem refrigerasi

Tahapan Pembuatan

Tahapan dalam pembuatan alat ini disampaikan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3 Tahapan pembuatan alat

Bagian dari kompresor unit adalah motor induksi dan kompresor dimana motor induksi merubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik sedangkan kompresor merubah refrigeran dari tekanan rendah menjadi tekanan tinggi (Putro 2003). Kompresor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kompresor merk Goldstar dengan tenaga 1/12 PK. Kondensor dari sistem refrigerasi pada penelitian ini terbuat dari pipa tembaga dengan ukuran 6 mm. Pada kondensor ditambahkan sebuah kipas untuk mempercepat proses pelepasan kalor. Filter merupakan peralatan pendukung pada sistem refrigerasi. Filter dipasang pada *liquid line*, yakni saluran yang menghubungkan antara keluaran kondensor dengan alat ekspansi (Tampubolon dan Samosir 2005). Penggunaan filter dimaksudkan untuk menyaring kotoran dan uap air yang ada di sistem refrigerasi. Evaporator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tipe *plate-surface*. Menurut Hasan dan Widodo (2008), *evaporator bare-tube* dan *plate-surface* lazim digunakan untuk keperluan pendinginan air dan pendinginan udara yang suhunya di bawah 1 °C.

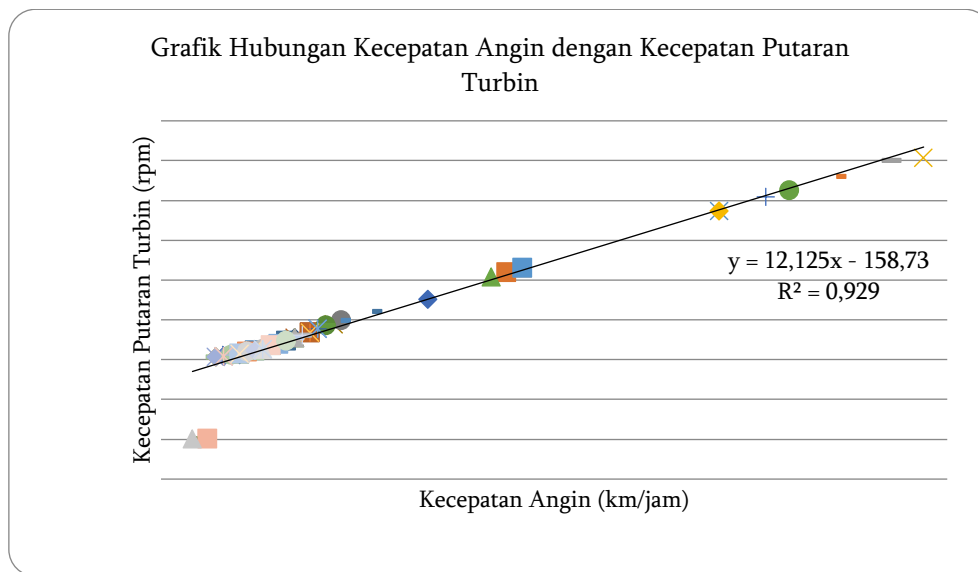
Jumlah Putaran Turbin Angin, Arus Listrik yang Dihasilkan, Penurunan Tegangan Akumulator dan Suhu yang Dicapai

Berdasarkan data hasil pengukuran kecepatan putaran turbin dan arus listrik yang dihasilkan, kecepatan putaran turbin paling tinggi yaitu sebesar 141,4 rpm pada kecepatan angin 25,2 km/jam dan menghasilkan arus listrik sebesar 3,7 ampere. Kecepatan putaran turbin paling rendah yaitu sebesar 0,0 rpm pada kecepatan angin 15,9 km/jam, 16,0 km/jam, dan 16,1 km/jam. Berdasarkan fakta tersebut dapat dikatakan bahwa, turbin akan berputar bila angin memiliki kecepatan minimal 16,2 km/jam. Kecepatan rata-rata putaran turbin selama 24 jam yang diukur setiap 15 menit yaitu sebesar 53,6 rpm dan menghasilkan arus listrik rata-rata sebesar 2,4 ampere. Jika dilihat dari arus rata-rata yang dihasilkan maka dibutuhkan waktu selama 18 jam 45 menit untuk mengisi *accumulator* sampai penuh.

Berdasarkan data hasil pengukuran penurunan tegangan *accumulator*, suhu yang dicapai dan lama waktu, dapat diketahui bahwa jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 3,5 °C adalah 2 jam 1 menit 59 detik dan menurunkan tegangan akumulator menjadi 6 volt. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu sebesar 0,1 °C adalah sebesar 33 detik. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kemampuan turbin angin dalam menghasilkan daya dan daya yang dibutuhkan oleh sistem refrigerasi tersebut belum seimbang. Sehingga menyebabkan adanya kemungkinan *accumulator* kehabisan daya. Kelemahan ini dapat disempurnakan dengan pemilihan jenis turbin angin dan/atau jenis alternator lain yang berbeda dengan turbin angin dan alternator yang digunakan pada penelitian ini.

Hubungan Kecepatan Angin dengan Kecepatan Putaran Turbin

Hubungan kecepatan angin dengan kecepatan putaran turbin dapat dilihat pada Gambar 4.



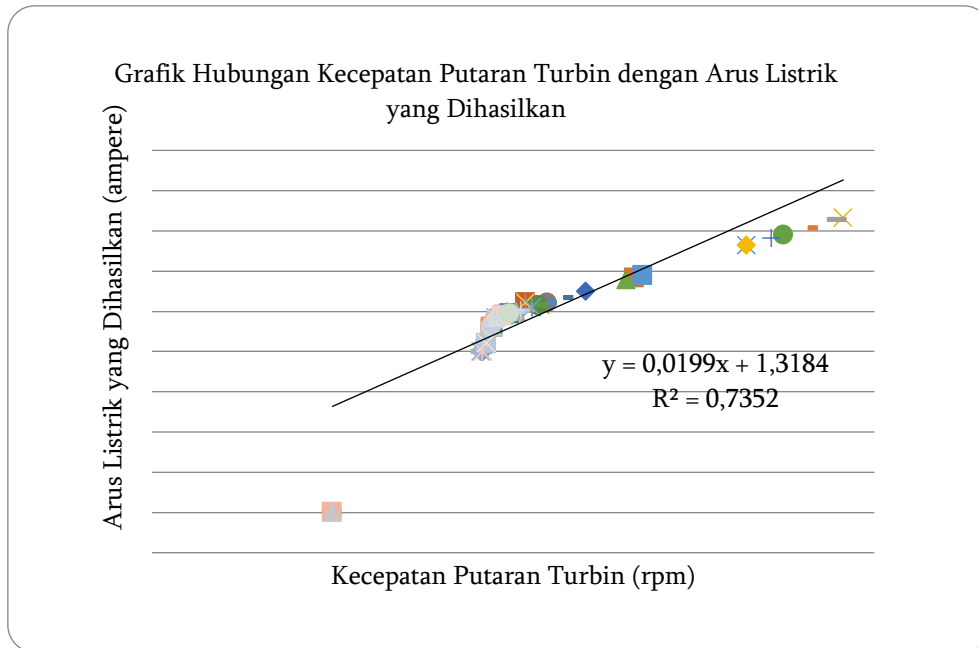
Gambar 4 Hubungan kecepatan angin dengan kecepatan putaran turbin

Grafik tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin minimal yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin adalah sebesar 16,2 km/jam dan menghasilkan kecepatan putaran turbin sebesar 41,2 rpm. Gradien atau kemiringan garis pada grafik tersebut adalah sebesar 12,125 dan setiap perubahan nilai kecepatan angin akan mempengaruhi nilai kecepatan putaran turbin sebesar -158,73.

Hubungan Kecepatan Putaran Turbin dengan Arus Listrik yang Dihasilkan

Hubungan kecepatan putaran turbin dengan arus listrik yang dihasilkan digambarkan oleh Gambar 5.

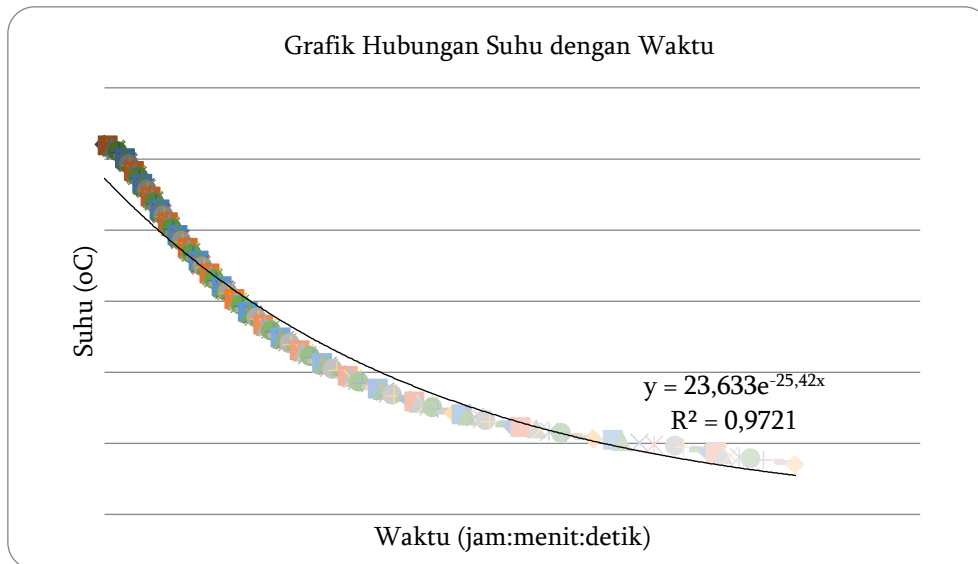
Gambar 5 menunjukkan bahwa arus listrik baru dapat dihasilkan ketika kecepatan putaran turbin sebesar 41,2 rpm dengan arus listrik yang dihasilkan sebesar 2,0 Ampere. Arus listrik tertinggi yang dihasilkan yaitu pada saat kecepatan putaran turbin sebesar 141,4 rpm dengan nilai arus listrik sebesar 3,7 Ampere. Gradien atau kemiringan garis pada grafik tersebut adalah sebesar 0,0199 dan setiap perubahan nilai kecepatan putaran turbin akan mempengaruhi nilai arus listrik yang dihasilkan sebesar 1,3184.



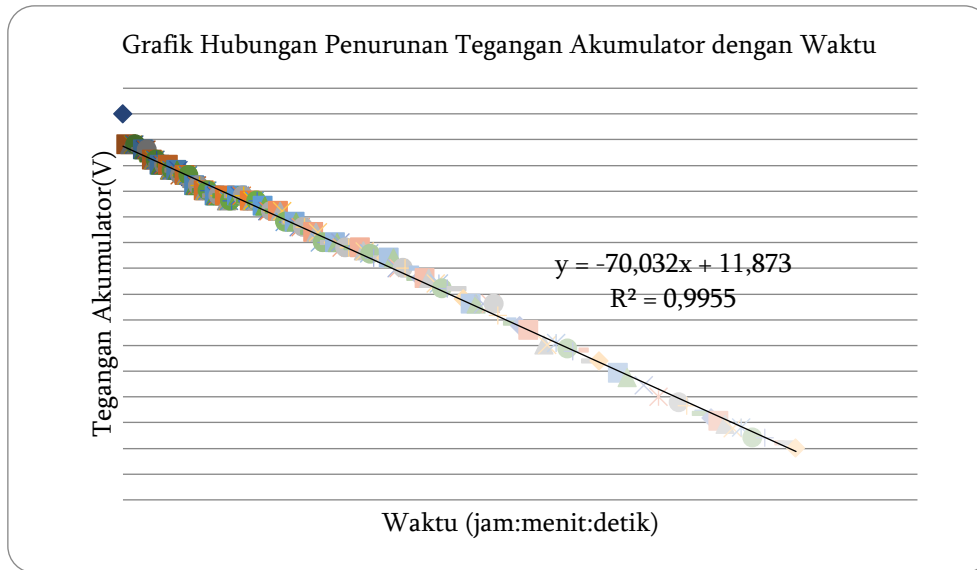
Gambar 5 Hubungan kecepatan putaran turbin dengan arus listrik yang dihasilkan

Hubungan Suhu yang Dicapai dengan Waktu dan Hubungan Penurunan Tegangan Accumulator dengan Waktu

Hubungan lama waktu dengan perubahan suhu yang terjadi disampaikan pada Gambar 6 dan hubungan lama waktu dengan penurunan tegangan pada akumulator disampaikan pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 6 Hubungan suhu dengan waktu



Gambar 7 Hubungan penurunan tegangan *accumulator* dengan waktu

Persamaan pada gambar 6 menjelaskan bahwa nilai suhu didapatkan dari 23,633 dipangkatkan dengan 25,42 kali nilai waktunya. Grafik hubungan suhu dengan waktu di atas menggambarkan fungsi eksponensial dengan eksponen negatif. Eksponen negatif ini menunjukkan bahwa semakin besar waktu maka nilai suhu akan semakin menurun.

Gambar 7 menunjukkan hubungan penurunan tegangan *accumulator* dengan waktu. Penurunan tegangan akumulator paling besar terjadi pada saat mesin pendingin baru dihidupkan, yaitu sebesar 0,5 Volt. Hal ini dikarenakan mesin pendingin tersebut membutuhkan daya awal yang cukup besar pada saat baru dihidupkan, sehingga berpengaruh terhadap penurunan tegangan *accumulator*. Gradien atau kemiringan garis dari grafik pada Gambar 7 adalah sebesar -70,032 dan setiap perubahan waktu akan mempengaruhi penurunan tegangan *accumulator* sebesar 11,873. Gambar 7 memperlihatkan bahwa dibutuhkan waktu selama 2 jam 1 menit 59 detik untuk menurunkan tegangan *accumulator* menjadi 6 Volt dalam penggunaan mesin pendingin pada penelitian ini.

Suhu minimal sebesar 3,5 °C dicapai dalam waktu 2 jam 1 menit 59 detik dengan suhu awal ruang pendingin 26 °C. Suhu minimal tersebut belum mencapai suhu stabil pada ruang pendingin yang diperkirakan akan stabil di bawah nol derajat celcius. Kemampuan dari *thermostat* pada mesin pendingin ini dapat mencapai suhu -2,1 °C. Ketika suhu ruang pendingin sudah mencapai suhu -2,1 °C, maka kompresor akan berhenti bekerja dan akan bekerja kembali jika terjadi peningkatan suhu. Hasil percobaan ini lebih diarahkan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari *accumulator* terisi penuh hingga dipertimbangkan tidak mampu lagi untuk menjalankan kompresor. Tegangan *accumulator* pada saat itu adalah 6 volt. Tegangan ini tidak dihabiskan karena tetap diperlukan tegangan cadangan pada saat proses pengisian *accumulator* dengan turbin angin. Dari percobaan ini dapat dikatakan bahwa *accumulator* dapat berfungsi baik selama maksimum 2 jam, setelah itu harus dilakukan pengisian ulang kembali. Pada kenyataannya di alam jarang ditemukan kondisi dimana tidak ada angin yang bertiup sama sekali dalam rentang waktu dua jam, sehingga proses pengisian ulang *accumulator* oleh alternator dengan turbin angin tetap dapat terjadi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kecepatan angin minimal yang dibutuhkan untuk memutarakan turbin angin yaitu sebesar 16,2 km/jam dan menghasilkan kecepatan putaran turbin sebesar 41,2 rpm.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi accumulator 45 Ah sampai penuh dengan kecepatan angin rata-rata 17,5 km/jam, kecepatan putaran turbin rata-rata 53,6 rpm dan arus listrik rata-rata yang dihasilkan 2,4 ampere adalah 18 jam 45 menit.
3. Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan tegangan accumulator menjadi 6 volt adalah 2 jam 1 menit 59 detik dan menghasilkan suhu sebesar 3,5 °C.

Saran

1. Penelitian yang menggunakan turbin angin dilakukan pada saat musim ketika angin yang bertiup cukup besar.
2. Desain kincir angin lebih disempurnakan agar kemampuan pengisian daya lebih maksimal dan dapat mengimbangi pemakaian daya.
3. Desain mesin pendingin lebih disempurnakan agar suhu yang dicapai dapat lebih rendah dan daya yang dibutuhkan dapat lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar MS. 2008. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Stasiun Pengisian Accu Mobil Listrik [Skripsi]. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Atmadi S, Fitroh AJ. 2008. Pengembangan Metode Parameter Awal Rotor Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius. *Jurnal Teknologi Dirgantara*. (6)1: 41-50.
- Dalimunthe IS. 2004. Pengantar Teknik Refrigerasi. Medan: Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Hasan S, Widodo S. 2008. Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Havendri, Adly. 2008. Kaji Eksperimental Perbandingan Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar dengan Biodiesel CPO, Minyak Jarak dan Minyak Kelapa. *Jurnal Teknika*. (29)1.
- Huda, Mas Alamil dkk. 2013. Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Campuran Es Kering dan Cold Ice yang Berbahan Dasar Propylene Glycol. *Jurnal Teknik Pomits*. (2)1.
- Putro SM. 2003. Perancangan Sistem Kontrol Kompresor AC Berbasis PC. Semarang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Reksoatmodjo TN. 2004. Vertical-Axis Differential Drag Windmill. *Jurnal Teknik Mesin*. (6)2: 65-70.
- Setiono P. 2006. Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin [Skripsi]. Semarang: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Tampubolon D dan Samosir R. 2005. Pemahaman Tentang Sistem Refrigerasi. *Jurnal Teknik Simetrika*. (4)1: 312-316.