

PENGAPLIKASIAN TURBIN ANGIN SEBAGAI PENGGERAK DAN PENGHASIL DAYA PADA PROTOTYPE SMART BOAT

Chayani Novelina Tamba¹, Kenny Septian Simanjuntak², Ir. Rufinus Nainggolan, M.T.³

Teknik Konversi Energi^{1,2,3}, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan
chayanitamba@students.polmed.ac.id¹, kennysimanjuntak@students.polmed.ac.id²,
rufinusnainggolan@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Kapal adalah alat transportasi penting yang digunakan oleh nelayan untuk menjala ikan. Namun bahan bakar minyak sebagai energi utama dalam operasional nelayan menjadi permasalahan bagi lingkungan dan bagi nelayan. Solusi untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak adalah dengan menggunakan potensi energi terbarukan yang tersedia. Pengaplikasian turbin angin sebagai penggerak dan penghasil daya pada *prototype smart boat* ini berdampak positif terhadap lingkungan karena energi angin yang tak ada habisnya. Kinerja kincir angin adalah dengan menangkap energi angin lalu menggerakkan generator yang akan menghasilkan energi berupa tegangan yang dimanfaatkan untuk menggerakkan kapal.

Kata Kunci : *Prototype*, Energi Terbarukan, Daya Turbin Angin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah perairan mencapai 5,8 juta km² atau sama dengan 2/3 dari luas wilayah Indonesia, terdiri dari Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) 2,7 juta km² dan wilayah laut teritorial 3,1 juta km². Luas wilayah tersebut telah diakui sebagai Wawasan Nusantara oleh United Nation Convention of The Sea (UNCLOS, 1982). Dengan luasnya wilayah laut yang ada, Indonesia memiliki potensi kelautan dan perikanan yang sangat besar untuk memperbaiki perekonomian Negara.

Kapal adalah alat transportasi penting yang biasa digunakan oleh nelayan untuk menjala ikan. Namun, selain merusak lingkungan, semakin menipisnya ketersediaan sumber energi mengakibatkan Bahan Bakar Minyak sebagai energi utama dalam operasional nelayan terus mengalami kenaikan harga sehingga membebani nelayan (khususnya nelayan kecil). Salah satu solusi untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak adalah dengan menggunakan potensi energi terbarukan yang tersedia.

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan, pendingin ikan pada perahu nelayan dan lain lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di daerah yang landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. (Daryanto,2007:5).

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan, pendingin ikan pada perahu nelayan dan lain lain.

Selain itu, angin merupakan sumber energi yang tak ada habisnya sehingga pemanfaatan sistem konversi energi angin akan berdampak positif terhadap lingkungan. Adapun permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah tentang cara kerja turbin angin, faktor – faktor yang mempengaruhi efisiensi sistem turbin angin, dan nilai efisiensi sistem turbin angin sebagai penggerak dan penghasil daya pada *prototype smart boat*. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen dan cara kerja turbin angin, faktor yang mempengaruhi

efisiensi sistem turbin angin, dan mendapatkan hasil ukur tegangan dan arus untuk menghitung efisiensi sistem turbin angin sebagai penggerak dan penghasil daya pada *prototype smart boat*.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan atmosfer yang terjadi dari satu tempat ke tempat lain (Yusman, 2005). Penyebab perbedaan tekanan atmosfer ini adalah karena intensitas cahaya matahari yang mengenai suatu tempat. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan menggunakan rumus gas mulia dimana $v = n R T$. Udara yang terkena panas matahari memuai sehingga volumenya bertambah, sehingga tekanan udara menjadi rendah, sedangkan daerah yang terkena intensitas cahaya ringan membuat tekanan tinggi di tempat ini. Tenaga angin dapat dimanfaatkan misalnya untuk memompa air untuk irigasi, membangkitkan listrik untuk mengeringkan atau memotong tanaman, menganginkan kolam ikan, mendinginkan ikan di kapal nelayan dan lain-lain.

Energi angin juga dapat diubah menjadi bentuk energi lain, yaitu energi mekanik yang dapat menggerakkan generator untuk berproduksi dengan menggunakan turbin angin atau turbin. Oleh karena itu, turbin angin atau *wind turbine* sering disebut sebagai sistem konversi energi angin (SKEA). Penggunaan energi angin telah banyak dilakukan di negara-negara Eropa dengan kecepatan angin yang tinggi. Di Indonesia, sumber energi ini kurang dimanfaatkan karena kecepatan angin yang relatif rendah. Kecepatan angin dapat diukur dengan alat yang disebut anemometer. Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin bertiup di tempat dimana turbin angin akan dipasang. Karena data kecepatan angin sangat penting untuk merancang ukuran sudu turbin angin sehingga dapat disesuaikan dengan kecepatan angin yang terus berubah. (http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin, 2008).

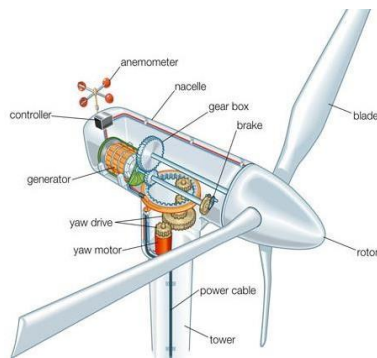
Tabel 1. Kecepatan Angin berdasarkan skala Beaufort

Angin	Kec. Angin (Km/jam)	Sebutan	Fenomena
0	<1.6	<i>Calm</i>	Asap bergerak vertical
1	1.6 – 4.8	<i>Light air</i>	Arah angin ditunjukkan oleh asap
2	6.4 – 11.3	<i>Light breeze</i>	Terasa pada muka, daun berisik, penunjuk angin mulai bergerak
3	12.9 – 19.3	<i>Gentle breeze</i>	Daun dan ranting bergerak tetap, bendera berkibar
4	20.9 – 29.0	<i>Moderate breeze</i>	Menggerakkan tangkai kecil, menghembus debu dan kertas
5	30.6 – 38.6	<i>Fresh breeze</i>	Pohon kecil yang berdaun mulai bergoyang
6	40.2 – 49.9	<i>Strong breeze</i>	Dahan besar bergoyang, kawat telpon berdering
7	51.6 – 61.1	<i>Moderate gale</i>	Seluruh pohon bergoyang
8	62.8 – 74.0	<i>Fresh gale</i>	Ranting pohon patah
9	75.6 – 86.9	<i>Strong gale</i>	Bangunan ringan rusak
10	88.5 – 101.4	<i>Whole gale</i>	Bangunan rusak, pohon tumbang
11	103.0 – 120.7	<i>Strom</i>	Kerusakan bangunan sangat banyak
12	>120.7	<i>Hurricane</i>	Kerusakan besar, dahsyat dan meluas

Sumber: <https://www.geografi.org/2022/03/skala-beaufort-untuk-mengukur-kecepatan.html>

Turbin Angin

Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir adalah turbin yang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak melintasi permukaan bumi. Sejak zaman dahulu, angin telah memberikan kontribusi bagi kehidupan manusia, termasuk para nelayan. Selain itu, turbin angin diproduksi untuk memenuhi kebutuhan petani dalam penggilingan padi, irigasi, pemompaan dan penggilingan jagung. Penggunaan turbin angin berkembang untuk memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama di daerah dengan aliran udara yang relatif tinggi sepanjang tahun.



Gambar 1. Turbin Angin

Sumber: <https://www.builder.id/turbin-angin/amp/>

Turbin angin digunakan untuk menghasilkan listrik di Denmark sejak tahun 1890. Dan dalam beberapa dekade terakhir, kekhawatiran tentang menipisnya bahan bakar fosil telah membantu mengembangkan dan mempopulerkan turbin angin untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Namun, sementara angin saat ini merupakan salah satu energi yang relatif berkembang pesat dibandingkan dengan sumber energi lain, pembangunan turbin angin sejauh ini belum mampu menyaingi pembangkit listrik. Pengkajian potensi angin dilakukan dengan mengukur serta menganalisa kecepatan maupun arah angin. Biasanya kincir angin turbin angin dibagi menjadi dua jenis (horizontal dan vertikal), yang paling umum adalah tipe horizontal. Turbin jenis ini berputar secara horizontal terhadap tanah (sederhana, sejajar dengan arah angin).

Prinsip pengoperasian turbin angin adalah mengubah energi mekanik dari putaran turbin angin menjadi energi listrik dengan cara induksi magnet. Turbin angin bekerja dengan cara yang berlawanan dengan kipas. Angin yang ditangkap oleh sudu-sudu turbin memutar rotor generator di belakang turbin angin. Generator menggunakan teori medan elektromagnetik untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Sebuah feromagnet permanen melekat pada poros generator. Kemudian ada stator di sekitar poros, gulungan kawat yang membentuk lingkaran. Ketika poros generator mulai berputar, fluks magnet stator berubah, menghasilkan tegangan dan arus yang konstan. Energi listrik ini disimpan dalam baterai sebelum digunakan. Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin dengan diameter kipas R adalah:

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3$$

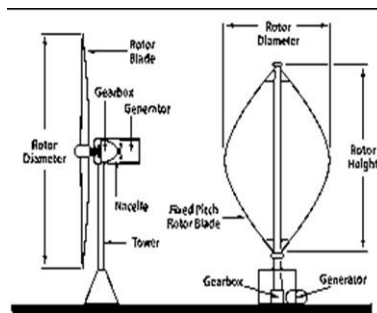
Dimana ρ adalah kerapatan angin pada waktu tertentu dan v adalah kecepatan angin pada waktu tertentu. Umumnya daya efektif yang dapat dipanen oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 20% - 30%. Jadi rumus di atas dapat dikalikan dengan 0,2 atau 0,3 untuk mendapatkan hasil yang sangat cukup eksak.

Klasifikasi Turbin Angin

Berdasarkan prinsip aerodinamik, turbin angin terbagi menjadi dua bagian yaitu jenis drag (*drag type*) dan jenis lift (*lift type*) (Hemami, 2012). Kedua prinsip aerodinamik yang dimanfaatkan oleh turbin angin memiliki perbedaan putaran pada rotornya. Prinsip gaya drag memiliki putaran rotor yang relatif rendah dibandingkan turbin angin yang rotornya menggunakan prinsip gaya lift. Dilihat dari arah sumbu rotasi rotor, turbin angin dibagi menjadi dua bagian yaitu turbin angin sumbu vertikal dan turbin angin sumbu horizontal.

Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (TASV) adalah turbin angin yang sumbu putarnya tegak lurus dengan arah aliran angin atau permukaan tanah (Arwoko, 1999). Kelebihan turbin ini yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin yang rendah, cocok dioperasikan pada daerah yang berkecepatan rendah-sedang. Perhatikan gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2. Turbin Angin Sumbu Vertikal

Sumber: <https://images.app.goo.gl/WDLPbsguJXf8yhGP7>

Prinsip kerja turbin angin sumbu vertikal mirip dengan turbin angin sumbu horizontal, bedanya bahwa baling-baling berputar pada bidang yang sejajar dengan tanah.

1. Kelebihan TASV

- Turbin angin tidak memerlukan perawatan ekstra, sehingga tidak diperlukan biaya perawatan tambahan.
- Turbin angin dekat dengan tanah dan mudah dirawat.
- Turbin angin ini memiliki kecepatan awal angin yang lebih lambat daripada turbin horizontal.

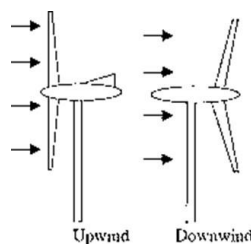
2. Kelemahan TASV

- Efisiensi berkurang. Turbin angin vertikal kurang efisien dibandingkan turbin angin horizontal. Hal ini dikarenakan adanya hambatan ekstra saat bilah memutar angin.
- Kecepatan angin lambat. Hal ini karena rotor turbin angin sumbu vertikal dekat dengan tanah.

Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal adalah turbin angin yang mempunyai sumbu putar yang letaknya sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotor yang searah dengan arah angin. (Arwoko, 1999). Turbin angin ini bergerak ke arah sumbu horizontal, dan baling-balingnya berputar pada bidang vertikal seperti baling-baling pesawat terbang. Turbin angin biasanya memiliki bilah berbentuk 8 cakram khusus yang memungkinkan aliran udara di satu sisi bergerak lebih cepat daripada aliran udara di sisi lain saat angin melewatinya. Ini menciptakan area bertekanan rendah di belakang blade dan area bertekanan tinggi di depan *blade*. Kelebihan dari turbin angin sumbu horizontal adalah lebih efisien daripada sumbu vertikal karena sudu selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin. Kekurangannya adalah memerlukan kontrol sebagai mekanisme untuk mengarahkan sudu ke arah angin. Ada dua jenis turbin angin sumbu horizontal, tergantung pada posisi rotor dan jumlah sudu yang digunakan. Tipe-tipe turbin angin sumbu horizontal dibedakan menjadi 2 menurut letak rotor dan jumlah sudu yang digunakan.

- Menurut letak rotor, turbin angin sumbu horizontal dibedakan menjadi 2 antara lain sebagai berikut:

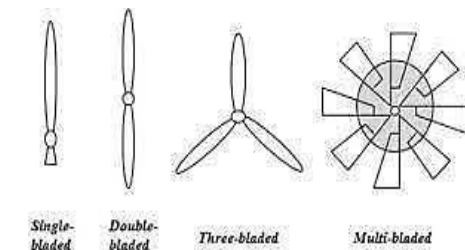


Gambar 3. Upwind dan Downwind

Sumber: <https://images.app.goo.gl/fLo7mcwPgVAHV3L6A>

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

- a. *Upwind Turbine*, Turbin Upwind merupakan jenis turbin angin sumbu horizontal yang rotornya menghadap arah datangnya angin.
 - b. *Downwind Turbine*, Turbin Downwind merupakan jenis turbin angin sumbu horizontal yang letak rotornya membelakangi arah datangnya angin.
2. Menurut jumlah sudu yang digunakan, turbin angin sumbu horizontal dibedakan menjadi 4 antara lain sebagai berikut:



Gambar 4. Jenis Turbin Angin Berdasarkan Jumlah Sudu
Sumber: Sathyajith Mathew, hal 17

- a. Turbin angin satu sudu (*single blade*), turbin angin ini sulit untuk diseimbangkan dan turbin angin membutuhkan angin yang sangat kuat untuk memutar turbin.
- b. Turbin angin dua sudu (*double blade*), Turbin angin ini lebih mudah diseimbangkan daripada jumlah sudu, tetapi masih bisa bergeser.
- c. Turbin angin tiga sudu (*three blade*), Turbin angin dengan konsep ini lebih mudah diseimbangkan daripada jumlah satu dan dua sudu dan dapat menangkap angin secara efektif.
- d. Turbin angin banyak sudu (*multi blade*), turbin angin konsep multi sudu menghasilkan momen gaya awal yang besar yang dapat digunakan pada kecepatan angin rendah. Secara umum, ia memiliki bilah datar dengan kurva lembut dan struktur yang kokoh.

Komponen Utama Turbin Angin

Dalam mengkonversi energi kinetik menjadi energi mekanik suatu *wind turbine* memerlukan beberapa komponen-komponen yang mempunyai fungsi masing-masing. Komponen-komponen tersebut antara lain :

1. Sudu
Sudu adalah baling – baling pada turbin angin. Sudu pada turbin angin sendiri biasanya dihubungkan dengan rotor pada turbin angin. Sudu merupakan salah satu bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi menerima energi kinetik dari angin dan merubahnya menjadi energi gerak putar pada poros penggerak, angin yang menghembus menyebabkan turbin tersebut berputar.
2. Rotor
Rotor terdiri dari bilah kipas dan penghubung poros.
3. *Gear box*
Gearbox merupakan komponen yang membantu mengatur kecepatan turbin. *Gearbox* turbin angin biasanya dapat meningkatkan kecepatan dari 30-60 rpm menjadi 1000-1800 rpm untuk memutar generator. *Gearbox* generator turbin angin (PLTB) biasanya menggunakan *gearbox* tipe pelat. Rodagigi planet adalah roda gigi besar yang dikelilingi oleh roda gigi kecil.
4. Tower
Tower atau tiang penyangga adalah bagian struktural dari turbin angin horizontal dan berfungsi sebagai struktur penyangga utama untuk bilah, poros, dan generator dari komponen sistem yang terhubung.
5. Generator
Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik dapat berasal dari panas, air, uap, dan sebagainya. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator dapat berupa arus bolak-balik (*alternating current*) atau arus searah (*direct current*). Hal ini tergantung pada desain generator yang digunakan di pembangkit listrik.

Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday. Berikut hasil dari Hukum Faraday “ bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik”.

a. Generator AC

Generator AC merupakan jenis praktis untuk menghasilkan arus bolak –balik tiga fase dengan frekuensi yang tergantung dan jumlah putaran motor. Hal ini praktis tidak memungkinkan penghubungan jaringan (50Hz), kecuali kalau dengan perantaraan pengaturan putaran jaringan dapat disinkronisasikan. Jika generator ini dihubungkan dengan sebuah jembatan perata arus, maka dapat diperoleh arus searah dengan keuntungan tersebut.

b. Generator DC

Pengoperasian generator DC didasarkan pada interaksi medan magnet stator dan rotor. Arus tiga fase yang terhubung menciptakan medan magnet yang berputar pada belitan stator. Ini menciptakan medan magnet di rotor dan menyebabkan arus mengalir melalui belitan hubung singkat. Akibatnya, arus ini mengubah medan rotor saat rotor berputar. Bidang rotor dan stator terus berubah. Jika tidak, motor tidak akan bekerja. Oleh karena itu, rotor tidak berputar sinkron dengan medan rotor. Saat motor berputar, rotor berputar sesuai dengan medan stator. Perbedaan antara rotasi rotor dan medan stator disebut slip dan diwakili oleh proses dan rotasi sinkron. Jika rotor ini berputar lebih cepat dan berputar di medan stator, motor bertindak sebagai generator. Ada juga catatan di sini. Tegangan yang dihasilkan sefasa dengan tegangan listrik. Fluktuasi putaran (dalam batas-batas tertentu) diserap oleh slip.

6. Baterai

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 accu mobil.

Prinsip pengoperasian baterai adalah sebagai berikut:

- a. Proses pengosongan (*discharging*) sel. Ketika sel dihubungkan ke suatu beban, elektron mengalir dari anoda melalui beban katoda, kemudian ion negatif mengalir ke anoda dan ion positif mengalir ke katoda.
- b. Pengisian terjadi ketika sel dihubungkan ke catu daya, elektroda positif menjadi anoda, dan elektroda negatif menjadi katoda.

Kerangka Kapal

Kerangka kapal adalah bagian utama dari mesin yang berfungsi untuk menopang atau tempat disusunnya komponen komponen mesin yang digunakan dalam system pembangkit. Dalam hal ini bentuk, ukuran, dan kekuatan dari kerangka harus diperhitungkan agar nantinya tidak mengganggu kerja sistem.

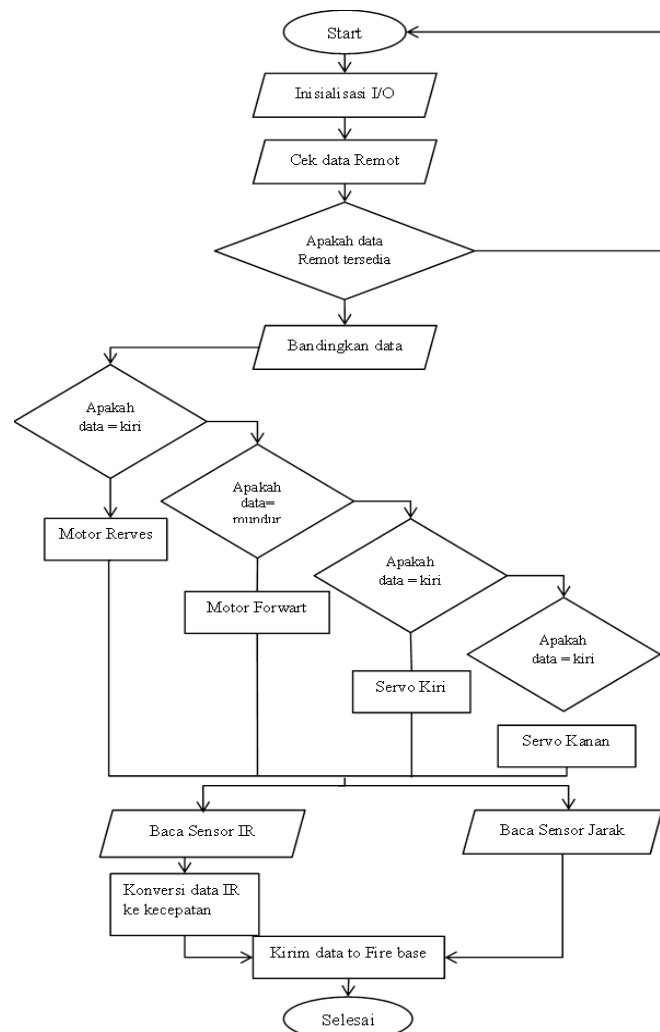
Pada kerangka alat harus disesuaikan ukuran agar nilai estetika dan keefisienan alat dapat dicapai dengan semaksimal mungkin. Dalam hal ini kerangka alat dibuat dari balsa dengan ukuran 70cm x 40 cm. Pemilihan dengan bahan ini karena beratnya yang ringan.



Gambar 5. Kerangka Alat Sumber : Dokumentasi Pribadi

METODE PENELITIAN

Diagram alir (*flowchart*) dari penelitian laporan akhir ini adalah digambarkan sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram alir (*flowchart*) dari penelitian

Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian yang dilakukan menggunakan metode studi kasus atau secara langsung dengan cara mempelajari kompilasi kepustakaan dan selanjutnya menetapkan untuk melakukan pengaplikasian turbin angin sebagai penggerak dan penghasil daya pada *prototype smart boat*. Pengujian turbin angin menggunakan metode pendekatan kuantitatif dan eksperimen.

Parameter pengukuran yang dilakukan pada proses pengambilan data ketika pengujian, diambil dari beberapa data Spesifikasi dan data operasional yang berupa data kecepatan angin, suhu, tegangan yang dihasilkan oleh alat, dan data arus yang dihasilkan alat. Data yang didapatkan merupakan hasil dari pengukuran secara manual. Pengujian secara manual yaitu dengan pengukuran menggunakan alat ukur anemometer untuk kecepatan angin dan multimeter untuk mengukur tegangan dan arus. Pengukuran dilakukan pada saat kapal diam dengan menembakkan angin dengan kecepatan yang berbeda. Kemudian data yang tersebut akan diolah untuk mendapatkan nilai efisiensi sistem menggunakan rumus – rumus yang sebenarnya.

a. Daya Angin

$$PA = 1/2 \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v^3$$

Dimana :

PA = Daya angin (Watt)

ρ = Massa jenis udara (Kg/m^3) R = Diameter Turbin (m)

v = Kecepatan angin (m/s)

b. Daya Generator

Daya generator turbin dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$Pg = V \cdot I$$

Dimana :

P : Daya generator (watt) V : Tegangan listrik (volt)

I : Kuat arus listrik (ampere)

c. Efisiensi sistem

Efisiensi sistem merupakan perbandingan antara daya generator angin dan daya angin dari turbin angin, dapat ditulis dengan persamaan

$$\eta = Pg / PA \times 100\%$$

Dimana :
 η = efisiensi system (%) Pg = daya generator (watt) PA = daya angin (watt)

Lokasi Penelitian

Lokasi pengujian alat serta pengambilan data dilakukan di daerah Simpang Selayang Kota Medan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Tabel berikut merupakan data hasil pengukuran yang didapatkan pada saat pengujian.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran

No.	Kec. Angin(m/s)	Suhu($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan (V) (Batas Ukur 20 V)	Arus (mA) (Batas Ukur 200mA)	Keadaan Lampu (LED)
1.	3,3	30,2	0,70	143	Redup
2.	3,7	30,1	0,80	178	Agak terang
3.	4,0	30,1	1,18	186	Terang
4.	4,1	30,2	1,20	190	Terang
5.	4,4	30,1	1,43	198	Terang

Perhitungan Efisiensi Sistem

Untuk dapat menghitung efisiensi sistem, maka perlu diketahui

Massa Jenis Udara

$$T_1 = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad \rho = P/(R.T)$$

$$\rho = (1,01325 \times [10]^5 \text{ Pa}) / (287 \text{ J}(\text{Kg.K}) (30+273)\text{K}) \quad \rho = (1,01325 \times [10]^5 \text{ Pa}) / (86961 \text{ J/Kg})$$

$$\rho = 1,165 \text{ kg/m}^3$$

Daya Angin

$$P_{\text{angin}} = 1/2 \pi R^2 \rho v^3$$

$$P_{\text{angin}} = 1/2 \cdot \pi \cdot [(0,05)]^2 \cdot 1,165 \cdot [(4,0)]^3 \quad P_{\text{angin}} = 0,2927 \text{ Watt}$$

Daya Generator $Pg = V \cdot I$

$$Pg = 1,18 \text{ Volt} \times 0,186 \text{ Ampere} = 0,2194 \text{ Watt}$$

Sehingga,

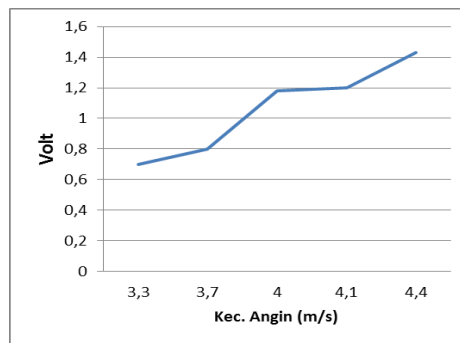
$$\eta_{\text{sistem}} = (P_{\text{generator}}) / (P_{\text{angin}}) \times 100\% \quad \eta_{\text{sistem}} = 0,2194 / 0,2927 \times 100\%$$

$$\eta_{\text{sistem}} = 74,9 \%$$

Hubungan Kecepatan Angin dengan Tegangan

Di bawah ini adalah grafik hubungan antara kecepatan angin dengan tegangan yang dihasilkan oleh turbin.

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022



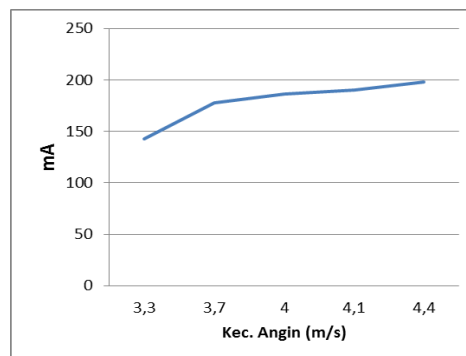
Gambar 7. Grafik Hubungan Kecepatan Angin dengan Tegangan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan, artinya semakin besar kecepatan angin yang diberikan, maka semakin besar tegangan yang dihasilkan.

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan sangatlah kecil. Tegangan minimal yang dihasilkan adalah sebesar 0,70 Volt pada kecepatan angin 3,3 m/s; tegangan maksimum adalah sebesar 1,43 Volt pada kecepatan angin 4,4 m/s; tegangan rata – rata adalah sebesar 1,062 Volt.

Hubungan Kecepatan Angin dengan Arus

Di bawah ini adalah grafik hubungan antara kecepatan angin dengan Arus yang dihasilkan oleh turbin.



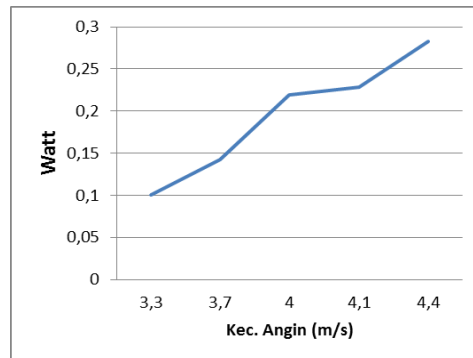
Gambar 8. Grafik Hubungan Kecepatan Angin dengan Arus

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan, artinya semakin besar kecepatan angin yang diberikan, maka semakin besar arus yang dihasilkan.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa arus minimal yang dihasilkan adalah sebesar 143 mA pada kecepatan angin 3,3 m/s; arus maksimum adalah sebesar 198 mA pada kecepatan angin 4,4 m/s; arus rata – rata adalah sebesar 179 mA.

Hubungan Kecepatan Angin dengan Daya

Di bawah ini adalah grafik hubungan antara kecepatan angin dengan daya yang dihasilkan.



Gambar 9. Grafik Hubungan Kecepatan Angin dengan Daya

Dari grafik dan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh turbin. Namun seperti yang kita lihat, bahwa daya yang dihasilkan oleh turbin sangatlah kecil. Daya terkecil yang dihasilkan oleh turbin yaitu 0,1001 Watt pada kecepatan angin 3,3 m/s; daya terbesarnya adalah 0,2831 Watt pada kecepatan angin 4,4 m/s; dan daya rata – ratanya adalah 0,1946 Watt.

SIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa data yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Cara kerja turbin angin sebagai penghasil daya yaitu dengan menangkap energi angin yang memutar generator lalu mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik.
2. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh turbin angin dapat digunakan sebagai sumber daya oleh Arduino Uno yang merupakan sistem kontrol pada prototype smart boat
3. Kecepatan angin berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin cepat turbin berputar dan menghasilkan tegangan dan arus yang dihasilkan. Sehingga diperlukan kecepatan angin yang lebih tinggi agar dapat menghasilkan daya yang besar bagi motor untuk menggerakkan prototype smart boat.
4. Nilai efisiensi sistem dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu massa jenis udara, kecepatan angin, luas penampang sudu, dan daya generator. Nilai efisiensi sistem terbesar yang dihasilkan adalah sebesar 74,9 %. Nilai efisiensi juga tidak konstan karena kecepatan angin yang berbeda – beda.
5. Pada kecepatan konstan, luas penampang blade mempengaruhi nilai efisiensi sistem. Semakin besar luas penampang, maka akan semakin kecil nilai efisiensi sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlie, T. A., Amir, F., & Effendi, Z. (2015). Analisa biaya pembuatan turbin angin sumbu horizontal di wilayah pesisir kota langsa. *Jurutera*, 2(02), 1-7.
- Andika M.N, Trharyanto Y.T, Prasetya R.O., 2007, *Kincir Angin Sumbu Horizontal Bersudu Banyak*, Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- Daryanto, Y. “Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu” Yogyakarta : Balai PPTAGG.
- Harijono, 2001. “Konversi Energi Angin” Jakarta : Lokakarya.

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

Komponen Turbin Angin. Inameq. Diakses Juni, 2022 dari <https://inameq.com/auxiliary/marine-energy/dasar-turbin-angin-komponen-turbin-angin/>.

Latif, M., Nazir, R., & Reza, H. (2013). Analisa Proses Charging Akumulator Pada Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Pantai Purus Padang. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(1).

Sahid, Slamet Priyoatmojo (2019). "*Rancang Bangun Turbin Angin Poros Horizontal Tiga Sudu Flat Berlapis Tiga Dengan Variasi Sudut Dan Posisi Sudu*" dalam *EKSERGI Jurnal Teknik Energi Vol 15 No. 1 Januari 2019; 14- 19*. Semarang: Politeknik Negeri Semarang.

Skala Beaufort. Geografi. Diakses Juni, 2022 dari <https://www.geografi.org/2022/03/skala-beaufort-untuk-mengukur-kecepatan.html>.

Taufan Arif Adlie, Teuku Azuar Rizal, Arjuanda (2015). "*Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 KW*" Aceh : Universitas Samudra, Vol 02, No.2.

Turbin Angin. Wikipedia. Diakses Mei, 2022 dari https://id.m.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin.

Wilayah Perairan Laut Indonesia. Tirto. Diakses Juni, 2022 dari <https://tirto.id/wilayah-perairan-laut-indonesia-kontinen-teritorial-dan-zee-gbgK>.

Zul Ardiansyah (2021). *Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran Angin Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Turbin Pada Plt Bayu Di Masjid Taqwa Muhammadiyah Kecamatan Sawit Sebrang Langkat*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.