

## ANALISIS POTENSI SUMBER ENERGI ANGIN DI DESA SIMAN KABUPATEN LAMONGAN: ESTIMASI MENGGUNAKAN PEMODELAN SISTEM TURBIN ANGIN

Jauharotul Maknunah<sup>1</sup>, Yussi Anggraini<sup>2</sup>, Ahmad Husni Mubarok<sup>2</sup>, Siti Duratun N. Rosady<sup>3</sup>,  
Eli Novita Sari<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Billfath

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

Email: [1jauharotul@polindra.ac.id](mailto:1jauharotul@polindra.ac.id)

### Abstrak

*Abstrak--* Energi angin yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik tentunya membutuhkan kecepatan angin yang cukup sehingga turbin angin dapat berputar dan menghasilkan gerakan mekanik berupa torsi putaran yang selanjutnya dapat diubah menjadi energi listrik. Sebelum diadakan penerapan teknologinya, diperlukan studi ini untuk mengkaji potensi energi angin yang dihasilkan di Desa Siman, Kabupaten Lamongan. Untuk menghasilkan profil daya dari sumber energi angin, maka dilakukan terlebih dahulu pengukuran kecepatan angin yang kemudian dilanjutkan pemodelan mekanik dan pemodelan listrik Turbin angin. Daya listrik maksimal yang dihasilkan dari simulasi konversi energi listrik menggunakan turbin angin, adalah 11.94 Watt dengan kecepatan angin maksimum sebesar dengan kecepatan angin maksimum sebesar 3.5 m/s. Jika dikonversikan dalam satuan energi, maka dalam sehari energi angin yang mampu diekstrak menjadi energi listrik sebesar 286.56 Watt.h. Jika dibandingkan dengan kebutuhan energi listrik harian dalam sektor rumah tangga (9364 watt.h) energi listrik yang dihasilkan melalui pemodelan, mampu memenuhi 3,1% kebutuhan listrik dalam sehari.

**Kata Kunci:** Energi, angin, pemodelan, turbin angin, daya.

### Abstract

*Wind energy that can be utilized into electrical energy certainly requires sufficient wind speed so that the wind turbine can rotate and produce mechanical movement in the form of rotational torque which can then be converted into electrical energy. Before the application of the technology is carried out, this study is needed to examine the potential of wind energy produced in Siman Village, Lamongan Regency. To produce a power profile from wind energy sources, wind speed measurements are first carried out, followed by mechanical modeling and wind turbine electrical modeling. The maximum electric power generated from the simulation of electrical energy conversion using a wind turbine is 11.94 Watt with a maximum wind speed of 3.5 m/s. If converted in energy units, then in a day the wind energy that can be extracted into electrical energy is 286.56 Watt.h. When compared with the daily electrical energy needs in the household sector (9364 watt.h) the electrical energy generated through modeling is able to meet 3.1% of electricity needs in a day.*

**Keywords:** Energy, wind, modeling, wind turbines, power.

## I. PENDAHULUAN

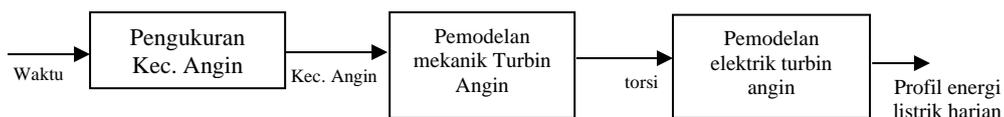
Kebutuhan energi saat ini mengalami peningkatan terutama kebutuhan akan energi listrik. Pada tahun 2018, Indonesia masih mengimpor sumber energi minyak bumi dalam upaya pemenuhan kebutuhan energi listriknya (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019). Sehingga, banyak pengembangan teknologi dalam menghasilkan energi listrik dengan sumber energi yang melimpah ketersediaannya dan tidak menimbulkan limbah apapun terutama yang merusak lingkungan sekitar. Sumber energi angin merupakan sumber energi kinetik yang pada dasarnya dapat diubah wujud menjadi energi lainnya. Pemanfaatan energi angin sejauh ini mengalami berbagai perkembangan. Salah satu alasannya adalah energi angin memiliki beberapa keuntungan antara lain ramah lingkungan, bebas polusi dan umumnya tidak terbatas ketersediaannya (Al Hakim, 2020).

Energi angin yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik tentunya membutuhkan kecepatan angin yang cukup. Kecepatan angin tersebut digunakan untuk menggerakkan baling-baling turbin angin sehingga dapat berputar dan menghasilkan gerakan mekanik berupa torsi putaran yang selanjutnya dapat diubah menjadi energi listrik (Sarathi *et al.*, 2015). Ketersediaan energi angin di Indonesia cukup merata di berbagai daerah terutama daerah-daerah yang berdekatan dengan pantai. Daerah Jawa Timur termasuk kategori wilayah dengan kecepatan angin rata-rata di atas 3 m/s (Rachman and Warjito, 2012). Kecepatan angin tersebut selanjutnya dapat dijadikan masukan sebagai energi penggerak turbin angin sehingga menghasilkan keluaran berupa daya listrik (Tentra Sandika, Christover and Rozikin, 2019) dan diuji kelayakannya (Yunginger and Nawir, 2015; Fachri and Hendrayana, 2017; Gusmeri *et al.*, 2019; Alim *et al.*, 2021). Hasil uji kelayakan adalah rekomendasi penggunaan turbin angin dengan jenis yang sesuai dengan kebutuhan.

Pemanfaatan teknologi konversi energi baru dan terbarukan terutama energi angin, di Desa Siman masih belum banyak bahkan belum terlihat. Sehingga, perlu adanya studi mengenai potensi energi baru dan terbarukan untuk kemudian diaplikasikan pada teknologinya. Studi ini untuk mengkaji potensi energi angin yang dihasilkan di Desa Siman, Kabupaten Lamongan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan profil daya harian energi angin di Desa Siman Kabupaten Lamongan. Penelitian mengenai analisa profil daya energi angin ini memiliki prospek ke depan yang baik dan bermanfaat baik dari segi ilmu maupun aplikasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menjadi acuan untuk perkembangan sistem energi baru dan terbarukan di masa depan baik dalam bidang industri ataupun pemerintahan. Dalam bidang industri, energi angin dapat dimaksimalkan penuh sehingga menjawab kelangkaan sumber energi fosil yang selama ini menjadi sumber energi utama pada sektor industri. Mekanisme pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan tersebut diharapkan pula mampu menjawab tantangan dunia mengenai konversi sumber energi yang awalnya bergantung pada energi fosil menjadi energi baru dan terbarukan sehingga mampu menjadi percontohan pemanfaatan energi baru dan terbarukan untuk negara lain.

## II. METODE

Profil daya sumber angin di suatu daerah bisa didapatkan melalui pengukuran kecepatan angin yang merupakan variabel untuk menggerakkan turbin angin sehingga mampu menghasilkan energi putar (mekanik) yang dirubah menjadi energi listrik menggunakan turbin angin. Sehingga pada penelitian ini, dilakukan terlebih dahulu pengukuran kecepatan angin yang kemudian dilanjutkan pemodelan mekanik dan pemodelan listrik Turbin angin. Ilustrasi tersebut sesuai dengan blok diagram melalui Gambar 1 sedangkan alur penelitian ditunjukkan melalui diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan alat ukur anemometer, di tempat yang lapang dan tidak ditutupi oleh bangunan tinggi di sekitarnya. Keluaran dari pengukuran ini

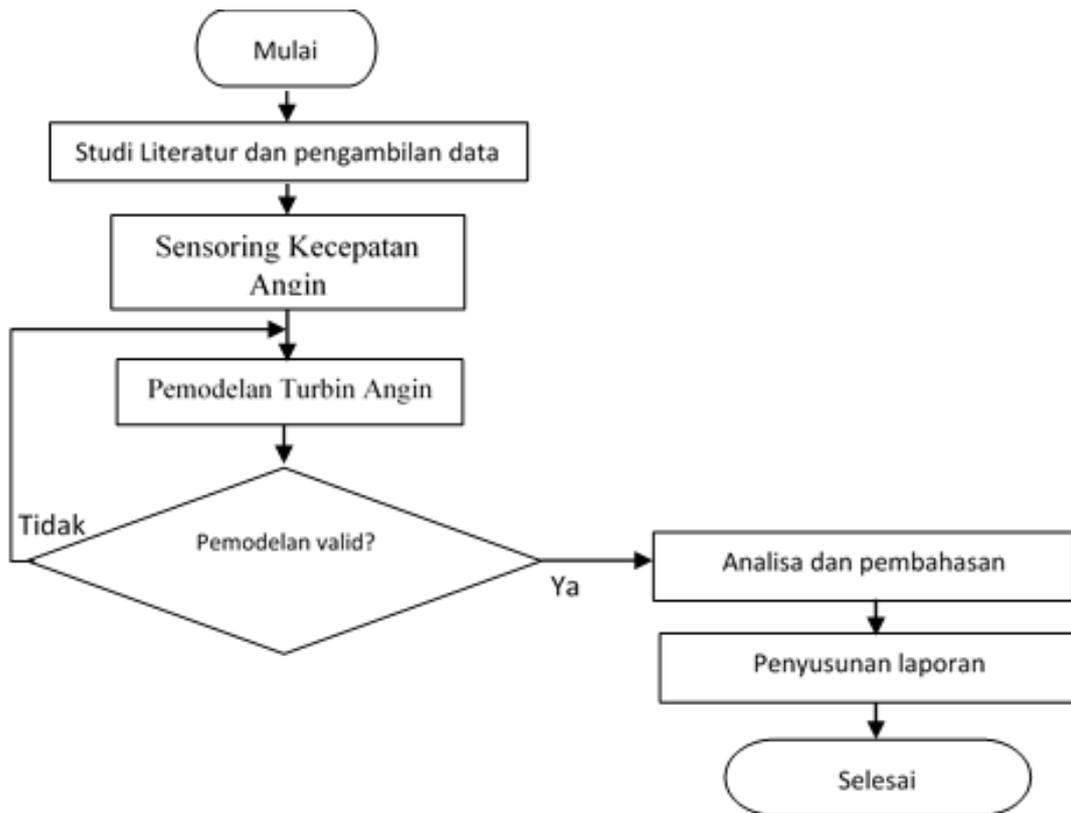
merupakan data berupa kecepatan angin dengan satuan meter per detik (m/s). Pengukuran dilakukan dalam kurun waktu satu hari penuh, yaitu mulai dari pukul 07.00 hingga pukul 17.00 waktu setempat.

Pengukuran kecepatan angin di Desa Siman ditunjukkan melalui Gambar 3.

Data hasil pengukuran kecepatan angin selanjutnya dijadikan masukan untuk pemodelan turbin angin. Pemodelan turbin angin dibedakan menjadi dua yakni pemodelan mekanik dan pemodelan listrik (generator). Pemodelan mekanik untuk mengubah energi gerak angin menjadi energi putar yang selanjutnya dijadikan masukan untuk pemodelan listrik (generator) yang mengubah energi putar menjadi energi listrik.

Turbin angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik memanfaatkan energi

kinetik angin. Energi kinetik angin tersebut menyentuh penampang bilah turbin angin yang kemudian bilah kincir angin akan bergerak pada porosnya. Pemodelan aerodinamik pada turbin angin menggunakan persamaan daya turbin angin yang dirubah menjadi Torsi mekanik ( $T_m$ ). Nilai daya tersebut bergantung terhadap nilai  $C_p$  dari turbin angin dimana nilai  $C_p$  tersebut merupakan fungsi persamaan dari sudut pitch pada turbin angin ( $\beta$ ) dan tip speed ratio ( $\lambda$ ). Persamaan aerodinamik dari turbin angin tersebut ditunjukkan melalui persamaan:



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer di Desa Siman - Lamongan

Data hasil pengukuran kecepatan angin selanjutnya dijadikan masukan untuk pemodelan turbin angin. Pemodelan turbin angin dibedakan menjadi dua yakni pemodelan mekanik dan pemodelan listrik (generator). Pemodelan mekanik untuk mengubah energi gerak angin menjadi energi putar yang selanjutnya dijadikan masukan untuk pemodelan listrik (generator) yang mengubah energi putar menjadi energi listrik.

Turbin angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik memanfaatkan energi kinetik angin. Energi kinetik angin tersebut menyentuh penampang bilah turbin angin yang kemudian bilah kincir angin akan bergerak pada porosnya. Pemodelan aerodinamik pada turbin angin menggunakan persamaan daya turbin angin yang dirubah menjadi Torsi mekanik ( $T_m$ ). Nilai daya tersebut bergantung terhadap nilai  $C_p$  dari turbin angin dimana nilai  $C_p$  tersebut merupakan fungsi persamaan dari sudut pitch pada turbin angin ( $\beta$ ) dan tip speed ratio ( $\lambda$ ). Persamaan aerodinamik dari turbin angin tersebut ditunjukkan melalui persamaan (Wauran, 2019):

$$P_A = \frac{1}{2} \rho v^3 C_p \tag{1}$$

$$C_p = C_1 \left( \frac{C_2}{\lambda_i} - C_3 \beta - C_4 \right) e^{-\frac{C_5}{\lambda_i}} + C_6 \lambda \tag{2}$$

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1} \tag{3}$$

$$\lambda = \frac{\omega_r R}{v} \tag{4}$$

$$T_m = \frac{P_A}{\omega_r} \tag{5}$$

Nilai kecepatan angin yang diterapkan pada simulasi tersebut berkisar antara 1 hingga 6 m/s. Nilai tersebut berdasarkan data cuaca mengenai kecepatan angin di Indonesia yang mampu menghasilkan kecepatan angin berkisar pada nilai tersebut. Nilai diameter blade dari turbin angin sebesar 3 m. Sedangkan untuk massa jenis udara sebesar 1.2 kg/m<sup>3</sup>. Parameter lainnya pemodelan mekanik turbin angin ditunjukkan melalui Tabel I.

Tabel I Parameter pemodelan aerodinamik turbin angin

Parameter	Nilai
Kecepatan Angin	1 – 6 m/s
Diameter Blade	3 m
C1	0,5176
C2	116
C3	0,4
C4	5
C5	21
C6	0,0068

Keluaran Turbin Angin yang merupakan gerakan mekanik berupa torsi rotor dapat dirubah menjadi energi listrik arus searah (DC) menggunakan

generator DC. Cara kerja dari generator DC berupa arah arus induksi yang tidak mengalami perubahan. Mekanisme ini terjadi karena pada generator DC menggunakan cincin belah (komutator) yang menyebabkan terjadinya komutasi. Peristiwa komutasi adalah suatu poses mengubah arus yang dihasilkan generator menjadi arus searah (Portela, Sepúlveda and Esteves, 2008).

Generator DC memiliki komponen yang sama persis dengan motor listrik DC. Pada skema di atas, rotor generator diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (armature) yang membentuk persegi panjang. Pada ujung kawat angker terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah menjadi dua, komponen ini sering disebut cincin belah. Cincin belah termasuk bagian dari rotor, sehingga ia ikut berputar dengan rotor. Sedangkan stator generator tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik yang dibangkitkan pada kawat angker ke rangkaian di luar generator. Pemodelan generator DC dapat dilakukan melalui pemodelan matematis yang diturunkan dari rangkaian ekuivalen generator dc (Maknunah *et al.*, 2019; Widodo, Tangkuman and Luntungan, 2019).

Secara mekanik, masukan generator DC dari turbin angin dijelaskan melalui persamaan sebagai berikut:

$$B_1 \omega_m + J \frac{d\omega_m}{dt} = T_e - T_L \tag{6}$$

Dimana,  $B_1$  merupakan koefisien *viscous friction*,  $T_e$  merupakan Torsi Elektromekanis, dan  $T_L$  merupakan torsi pada beban. Sedangkan berdasarkan persamaan 9 generator dc membutuhkan nilai berupa kecepatan sudut putar generator. Sehingga, persamaan 7 dibutuhkan untuk mengubah nilai torsi mekanik turbin angin menjadi nilai kecepatan sudut putar generator (Syafaruddin *et al.*, 2013; Bere *et al.*, 2015). Parameter pemodelan generator turbin angin ditunjukkan melalui Tabel II.

$$B_1 \omega_m + J \frac{d\omega_m}{dt} = T_e - T_L \tag{8}$$

$$E_c + R_a \cdot i_a(t) + L_a \frac{di_a}{dt} = U_a \tag{9}$$

$$E_c = K_b \omega_m \tag{10}$$

Tabel II Parameter Pemodelan Generator DC pada Turbin Angin

Parameter	Nilai
Amature resistansi	19.8 ohm
Amature induktansi	105 mH
Torsi konstan	0,2 N.m
Friction factor	0,01 p.u

Hasil Pemodelan tersebut selanjutnya dianalisa dan divalidasi berdasarkan spesifikasi aerodinamik dan generator dc turbin angin yang sudah ada. Pada pengambilan data kecepatan angin, dilakukan dengan mengukur kecepatan angin harian di daerah Siman. Sedangkan daya listrik yang dihasilkan diperoleh dari simulasi pemodelan turbin angin menggunakan Simulink dari Matlab. Data yang diolah merupakan data keluaran profil daya energi listrik harian yang dihasilkan dari energi angin di daerah Siman.

Kebutuhan listrik dalam sektor rumah tangga secara harian didapatkan melalui survei yang telah dilakukan oleh salim d.k.k. (Ikaningsih and Saefudin, 2018; Santoso and Salim, 2019). Hasil survey menunjukkan rata-rata konsumsi energi listrik harian dalam sektor rumah tangga sebesar 9.364 watt.h dalam sehari. Nilai ini dijadikan rujukan dalam menganalisa persentase energi listrik yang dapat dihasilkan dalam sehari jika dibandingkan dengan kebutuhan energi listrik harian dalam sektor rumah tangga.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

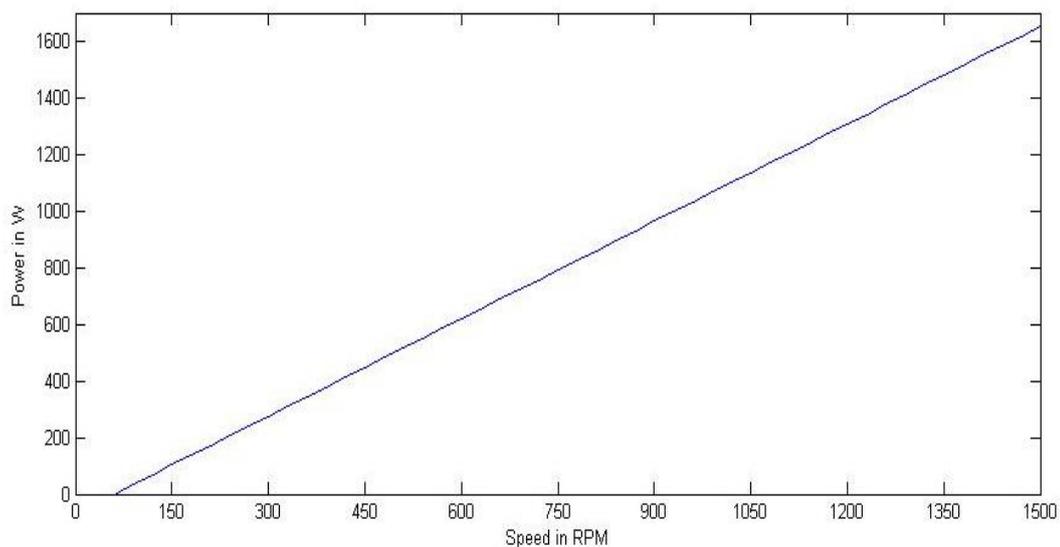
Pemodelan turbin angin secara keseluruhan disimulasikan menggunakan Matlab dengan masukan angin bervariasi mulai dari 2 m/s hingga 5 m/s untuk diketahui karakteristik respon keluaran dari sistem mekanik turbin angin tersebut. Daya mekanik pada sistem turbin angin tersebut akan meningkat seiring meningkatnya kecepatan sudut

pada rotor turbin angin akan tetapi akan menurun pada nilai tertentu sesuai dengan nilai Coefficient of performance ( $C_p$ ) dari karakteristik sistem turbin angin. Nilai  $C_p$  maksimal adalah 0.59.

#### Pemodelan Turbin Angin

Pemodelan generator DC pada turbin angin mengacu pada pemodelan alternator turbin angin dengan memilih kapasitas daya yang sesuai dengan kondisi sistem turbin angin yang digunakan (jenis Alternator 145STK2M), yang ditunjukkan oleh Gambar 4, dengan masukan berupa nilai putaran rotor dalam satuan radian per minute (rpm). Respon generator tersebut dibandingkan dengan respon dari datasheet. Dan menunjukkan error respon daya sebesar 8.05% pada saat rpm 650 dan error 5.59% pada saat rpm 1500. Jika dilihat dari kapasitas daya dan bentuk responnya, hasil pemodelan motor dc telah menunjukkan respon daya yang sama. Sehingga, untuk selanjutnya pemodelan generator dc tersebut dapat digunakan pada pemodelan sub-sistem turbin angin.

Selanjutnya pemodelan turbin angin tersebut disimulasikan dengan data hasil pengambilan data angin di Desa Siman untuk selanjutnya dianalisa energi listriknya dalam sehari dan dibandingkan dengan kebutuhan energi listrik dalam skala rumah tangga.



Gambar 4. Respon daya hasil pemodelan generator dc

#### Pengukuran Kecepatan Angin di Desa Siman

Pengukuran kecepatan angin dibutuhkan sebagai masukan simulasi sistem turbin angin sebelumnya.

Untuk mem-voidasinya, kecepatan angin tersebut juga dibandingkan dengan rentang kecepatan angin yang ada di Indonesia secara umum. Hasil keduanya direpresentasikan pada bentuk grafik.

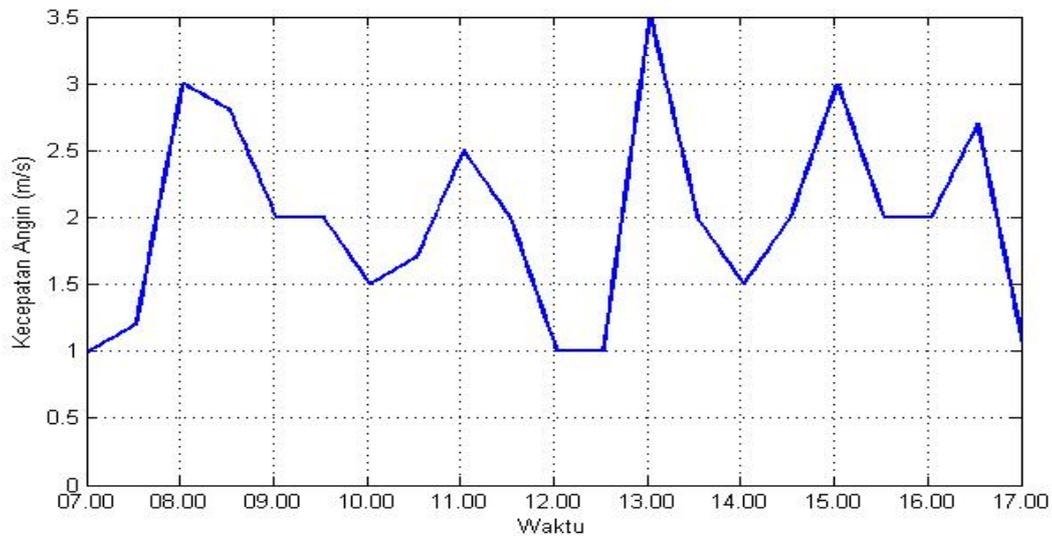
Grafik hasil pengukuran tersebut ditunjukkan oleh gambar 5. Data kecepatan angin yang didapatkan dari hasil pengukuran, menunjukkan nilai yang cenderung fluktuatif. Data kecepatan angin tersebut mengalami fluktuasi dari paling rendah 1 m/s hingga 3.5 m/s. Kecepatan angin tersebut telah sesuai dengan profil energi angin harian yang ada di Indonesia (Rachman and Warjito, 2012).

### Profil Energi Listrik Harian di Desa Siman

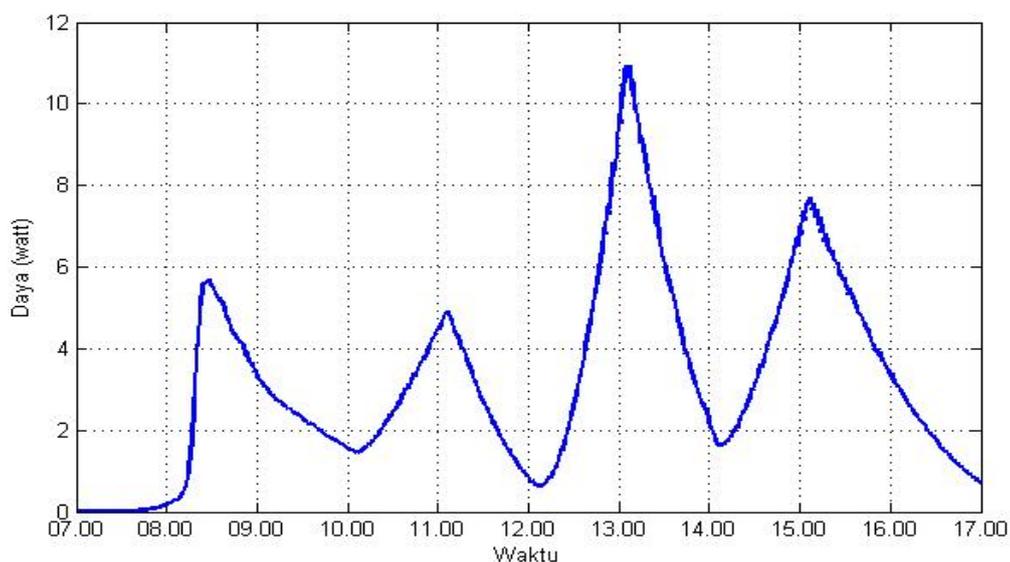
Hasil simulasi data pengukuran kecepatan angin ditunjukkan oleh gambar 6. Daya hasil simulasi turbin angin pada saat kecepatan angin 3.5 m/s adalah 11.94 Watt. Jika diambil nilai daya maksimalnya, maka energi listrik yang dapat dihasilkan oleh turbin angin dalam sehari sebesar 286.56 Watt.h. Sehingga, jika dibandingkan dengan

kebutuhan listrik sehari-hari (Santoso and Salim, 2019), turbin angin mampu memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga sebesar 3.1%.

Persentase pemenuhan kebutuhan listrik tersebut selanjutnya dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk melakukan desain sistem konversi energi baru dan terbarukan. Berdasarkan persentasi yang dihasilkan pada penelitian ini, maka energi angin dapat dijadikan sumber energi listrik yang mampu menggantikan sumber energi lainnya yang memiliki keterbatasan ketersediaan seperti energi surya. Sumber energi surya memiliki keterbatasan waktu, yaitu hanya ada pada siang hari saja. Selain itu, cuaca juga mempengaruhi ketersediaan sumber energi surya juga. Sehingga, energi angin dapat dijadikan skema hybrid untuk menggantikan energi surya dalam pemenuhan energi listrik harian.



Gambar 5. Hasil pengukuran kecepatan angin di desa siman



Gambar 6. Simulation results of the electrical energy conversion system from wind energy

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah daya listrik maksimal yang dihasilkan dari simulasi konversi energi listrik menggunakan turbin angin, adalah 11.94 Watt dengan kecepatan angin maksimum sebesar 3.5 m/s. Apabila dikonversikan dalam satuan energi, maka dalam sehari energi angin yang mampu diekstrak menjadi energi listrik di Desa Siman – Lamongan sebesar 286.56 Watt.h. Jika dibandingkan dengan kebutuhan energi listrik harian dalam sektor rumah tangga (9364 watt.h) energi listrik yang dihasilkan melalui pemodelan, mampu memenuhi 3,1% kebutuhan listrik dalam sehari.

##### Saran

Saran dari hasil penelitian terkait profil daya energi angin di Desa Siman adalah realisasi pemanfaatan energi angin tersebut dengan menerapkan hybrid dengan sistem energi lainnya yang memungkinkan seperti energi surya. Sehingga, pemanfaatan energi baru dan terbarukan dapat dimaksimalkan dalam pemanfaatan energi tersebut untuk kebutuhan listrik sehari-hari di Desa Siman – Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Alim, S. *et al.* (2021) 'AUDIT ENERGI SISTEM PENCAHAYAAN DAN SISTEM TATA UDARA PADA GEDUNG ADMIN PLTU TANJUNG JATI B UNIT 3 & 4', *Jurnal DISPROTEK*, 12(2), pp. 78–84. doi: 10.34001/jdpt.v12i2.2638.
- Bere, F. M. *et al.* (2015) 'Analisis Performansi Turbin Angin Poros Horisontal Model Double Rotor Contra Rotating dengan Posisi Rotor Saling Berhimpitan', *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 02(01), pp. 15–22.
- Fachri, M. R. and Hendrayana, H. (2017) 'Analisa Potensi Energi Angin dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh', *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1), pp. 1–8. doi: 10.22373/crc.v1i1.1377.
- Gusmeri *et al.* (2019) *POTENSI ENERGI ANGIN LEPAS PANTAI DI GAMPONG ULEE LHEUE UNTUK KETENAGALISTRIKAN BANDA ACEH*. Available at: [https://bappeda.bandaacehkota.go.id/wp-content/uploads/2020/12/1.-SAINTEK\\_1\\_Potensi-Energi-Angin-Lepas-Pantai-di-Gp-Ulee-Lheue.pdf](https://bappeda.bandaacehkota.go.id/wp-content/uploads/2020/12/1.-SAINTEK_1_Potensi-Energi-Angin-Lepas-Pantai-di-Gp-Ulee-Lheue.pdf).
- Al Hakim, R. R. (2020) 'Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review', *ANDASIH Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(1), pp. 1–11. Available at: <http://jurnal.umitra.ac.id/index.php/ANDASIH/article/view/374/253>.
- Ikaningsih, M. A. and Saefudin, D. B. (2018) 'Pemodelan Kekuatan Bilah Turbin Angin Horisontal Multimaterial', *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 17(1), pp. 27–35. doi: 10.26874/jt.vol17no1.67.
- Maknunah, J. *et al.* (2019) 'Estimation of solar radiation per month on horizontal surface using adaptive neuro-fuzzy inference system (case study in surabaya)', in *AIP Conference Proceedings*, pp. 030018.1-030018.9. doi: 10.1063/1.5095323.
- Portela, P., Sepúlveda, J. and Esteves, J. S. (2008) 'Alternating Current and Direct Current Generator', *International Journal on Handson Science*, 1(1), pp. 44–46. doi: 10.1371/journal.pone.0173372.
- Rachman, A. and Warjito (2012) *Analisis Dan Pemetaan Potensi Energi Angin Di Indonesia*.
- Santoso, A. D. and Salim, M. A. (2019) 'Household Electricity Savings to Support National Energy Stability and Environmental Sustainability', *Jurnal Teknologi Lingkungan, BPPT*, 20(2), pp. 263–270. doi: 10.29122/jtl.v20i2.3242.
- Sarathi, Y. *et al.* (2015) 'STUDY ON WIND TURBINE AND ITS AERODYNAMIC PERFORMANCE', *IJMERR (International Journal of Mechanical ENgineering and Robotic Research)*, 4(1), pp. 249–256. Available at: [http://www.ijmerr.com/v4n1/ijmerr\\_v4n1\\_28.pdf](http://www.ijmerr.com/v4n1/ijmerr_v4n1_28.pdf).
- Syafaruddin *et al.* (2013) 'Pemodelan dan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk Koneksi Grid', *Journal of Interprofessional Education*, 19(03), pp. 1–7.
- Tentra Sandika, A. Y. P., Christover, D. and Rozikin, M. S. (2019) 'Analisis Kecepatan Angin Pesisir Pantai Monpera sebagai Sumber Energi Terbarukan Kota Balikpapan', *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 7(1), pp. 45–51. doi: <https://doi.org/10.32487/jtt.v7i1.624>.
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional (2019) 'Indonesia Energy Outlook 2019', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699. Available

- at:  
<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasa-indonesia.pdf>.
- Wauran, A. S. (2019) 'Pemodelan Penggunaan Energi Turbin Angin Untuk Daerah Manado', *Jurnal MIPA*, 8(3), pp. 188–191. doi: 10.35799/jmuo.8.3.2019.26195.
- Widodo, A. P., Tangkuman, S. and Luntungan, H. (2019) 'Simulasi Dan Pemodelan Turbin Angin Tipe Darrieus Dengan Konfigurasi Rotor Tipe H Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Skala Mikro', ... *Online Poros Teknik* ..., 8, pp. 1–13. Available at: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/poros/article/view/34702%0Ahttps://ejournal.unsra t.ac.id/index.php/poros/article/viewFile/34702/32551>.
- Yunginger, R. and Nawir, N. S. (2015) 'Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo', *Universitas Negeri Gorontalo*, 15, pp. 1–15.