

ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU(PLTB)MENGUNAKAN TIGA JENIS BENTUK TURBIN STUDI KASUS DI PANTAI JATISARI KAB. REMBANG

Ahmad Ali Miftadin¹⁾ H. M Taqijuddin Alawy²⁾ Bambang Minto B.³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

Abstrak

Listrik, menjadi elemen penting pada kehidupan sehari-hari. Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di Indonesia mempengaruhi kebutuhan energi listrik yang sangat besar. Listrik telah menjadi kebutuhan yang mendasar untuk berbagai aktifitas manusia yang kemudian digunakan untuk beragam fungsi kedepannya. Angin merupakan sumber energi yang tidak habis dan dapat terus dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar atau bahan dasar suatu energi. Energi angin merupakan energi yang fleksibel karena dapat diterapkan di mana-mana baik di dataran landai, dataran tinggi, dan laut. Pantai Jatisari di Kabupaten Rembang merupakan daerah pantai pesisir Jawa yang memiliki sumber potensi angin yang cukup besar. Pemilihan turbin menjadi kunci untuk pemanfaatan energi angin yang ada pada lokasi tersebut. Berdasarkan hasil dari perhitungan berbagai macam bentuk turbin diantaranya, Turbin Horizontal 3 Sudu dengan total daya maximum 48,197 kWh, Turbin Vertikal Savonius 8 Sudu dengan daya total maximum 3,217 kWh, dan Turbin Vertikal Darrius 2 Sudu dengan daya total maximum 11,059 kWh. Dari hasil perhitungan ketiga turbin didapatkan kesimpulan bahwa turbin horizontal 3 sudu dirasa sangat efisien untuk dimanfaatkan pada lokasi pantai Jatisari, dikarenakan mempunyai daya maximum paling tinggi dan sangat cocok diterapkan pada daerah bertebing dan rata.

PENDAHULUAN

Listrik, menjadi elemen penting pada kehidupan sehari-hari. Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di Indonesia mempengaruhi kebutuhan energi listrik yang sangat besar. Sejauh ini bahan penghasil listrik berasal dari energi fosil khususnya minyak bumi dan batu bara. Energi fosil merupakan energi yang tak terbarukan dimana energi fosil ini dapat habis secara perlahan lahan. Energi angin merupakan energi yang fleksibel karena dapat diterapkan di mana-mana baik di dataran landai, dataran tinggi, dan laut. Sebagaimana diketahui angin merupakan energi yang tidak habis dan dapat terus dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar atau bahan dasar suatu energi. Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Prinsipnya adalah bahwa angin terjadi karena adanya perbedaan suhu udara di beberapa tempat di muka bumi. (Abdul kadir, Energi;243-244).

Kecepatan angin di Indonesia umumnya di bawah 5,9 m/s yang secara ekonomi kurang layak untuk membangun pembangkit listrik. Namun, bukan berarti hal itu tidak bermanfaat,” kata Kepala Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Mineral (ESDM), Nenny Sri Utami, diseluruh Indonesia, lima unit kincir angin pembangkit berkapasitas masing-masing 80 kilowatt (kW) sudah dibangun. Tahun 2007, tujuh unit dengan kapasitas sama menyusul dibangun di empat lokasi, masing-masing di pulau Selayar tiga unit, Sulawesi Utara dua unit, dan Nusa Penida, Bali, serta Bangka Belitung,

masing-masing satu unit. Menurut Kepala Subdirektorat. Usaha Energi Baru dan Terbarukan Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi (LPE) ESDM Kosasih Abbas, mengacu pada kebijakan energi nasional, maka pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) harus mampu menghasilkan 250 megawatt (MW) pada tahun 2025

Kabupaten Rembang merupakan daerah pantai pesisir Jawa yang memiliki sumber potensi angin yang cukup besar. Salah satunya daerah pantai Jatisari Rembang yang dirasa tersimpan energi angin yang dapat di manfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga bayu. Sumberdaya angin yang ada di pantai Jatisari diyakini dapat membangkitkan tenaga listrik yang cukup besar. Melalui pendekatan dan penerapan teknologi yang tepat dapat dirancang turbin angin untuk PLTB (pembangkit listrik tenaga bayu) dengan teori yang ada. Pembangkit listrik tenaga bayu dapat di kembangkan sebagai energi alternatif untuk daerah pedesaan, daerah terpencil yang belum terjangkau oleh listrik PLN, meski daya yang dihasilkan kecil akan tetapi pembangkit listrik ini sangat membantu daerah pedesaan. Dengan pengembangan pembangkit listrik tenaga bayu ini selain dapat memenuhi penyediaan listrik juga dapat mendorong kegiatan ekonomi bagi masyarakat sekitar Pada penelitian ini akan di rancang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang memanfaatkan sumber angin yang berada di pantai Jatisari Rembang karena di daerah pantai ini dirasakan memiliki potensi sumber angin yang sangat besar untuk pembangkit listrik.

Rumusan Masalah

Dari pemaparan pada latar belakang, dapat diambil rumusan masalah sbb:

1. Bagaimana merencanakan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang sesuai dengan memanfaatkan angin yang ada di pantai Jatisari kabupaten Rembang ?
2. Berapa daya listrik yang dihasilkan pada turbin angin ?

Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini untuk menyederhanakan masalah maka dibuat batasan-batasan masalah yaitu data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tuban.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan pemanfaatan angin di pantai Jatisari kabupaten Rembang.
- b. Mengetahui kecepatan angin yang berada di pantai Jatisari Kab. Rembang.

Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh skripsi ini adalah:

- a. Sebagai dasar perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di daerah-daerah pantai lain.
- b. Menambah referensi dalam ilmu pengetahuan tentang teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.
- c. Untuk mengembangkan potensi sumber daya angin yang ada di pantai Jatisari Kabupaten Rembang menjadi potensi listrik.

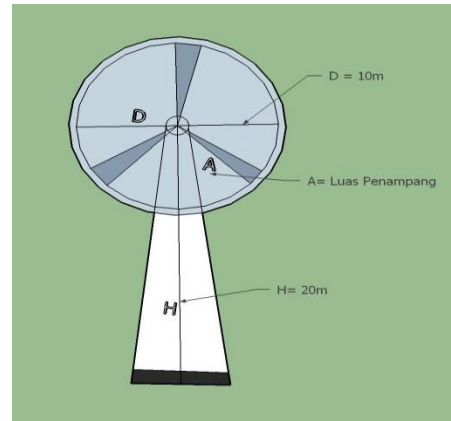
Pembahasan Dan Analisa

Penelitian tentang pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebagai catu daya tambahan pada masyarakat sekitar dilaksanakan pada pantai Jatisari Kabupaten Rembang, dibantu oleh instansi BMKG untuk mendapatkan data kecepatan angin. Waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 28 September 2017. Hal tersebutlah yang menjadikan perencanaan turbin angin sangat penting.

Diagram Alir Penelitian

perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu menggunakan turbin horizontal 3 blade/sudu, turbin vertikal savonius 8 blade/sudu, turbin vertikal darrius 2 blade/sudu

studi kasus di pantai Jatisari Kabupaten Rembang.



Gambar 1. Turbin Horizontal 3 Sudu

Pada lokasi penelitian pantai Jatisari Rembang ditetapkan bahwa kecepatan angin pada siang hari rata-rata $V = 3,39$ m/s, dan kecepatan angin malam $V = 4,01$ m/s, kepadatan udara $\rho = 1,226$ kg/m³ dan pada perencanaan turbin yang pertama ini besarnya diameter sudunya adalah 10 m yang dipasang pada ketinggian 20 meter diatas permukaan tanah pantai/laut yang mempunyai nilai kekasaran $V_{20}/V_n = 1,19$ (pada tabel 2.1). Maka besarnya daya total yang dihasilkan turbin bisa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Namun sebelumnya harus mencari dulu luas penampang sudunya. Luas penampang sudunya adalah :

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot R^2 \\ &= 3,14 \cdot 5^2 \\ &= 78,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah itu kecepatan rata-rata dikalikan dengan besarnya angka yang dipasang pada ketinggian 20 meter sehingga kecepatan rata-rata menjadi

$V_{\text{siang}} = 1,19 \times 3,39$ $= 4,03 \text{ m/s}$	$V_{\text{malam}} = 1,19 \times 4,01$ $= 4,79 \text{ m/s}$
---	---

Tabel 1.1 Perhitungan Kecepatan Angin Siang dan Malam

Sehingga hasil pada tabel.1.1 dapat dimasukkan dengan menggunakan rumus :

$P_{total} = \frac{1}{2} \rho A V^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 4,03^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 65,45$ $= 3149,486 \text{ Watt}$ (siang)	$P_{total} = \frac{1}{2} \rho A V^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 4,79^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 109,9$ $= 5288,442 \text{ Watt}$ (malam)
---	---

Tabel 1.2 Perhitungan Daya Total

Jadi besarnya daya total yang dihasilkan oleh turbin angin pada siang hari adalah 3149,486 Watt atau 3,149486 kW. dan malam hari adalah 5288,422 Watt atau 5,288422 kW

Dalam perencanaan ini agar dapat diperoleh secara akurat, maka efisiensi merupakan faktor terpenting yang harus dipertimbangkan. Efisiensi atau rugi-rugi pada perencanaan turbin horozontal ini $C_p = 0,59$. Untuk mencari daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dapat dengan menggunakan rumus :

$P_{max} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$ $P_{max} = 0,59 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 4,03^3$ $= 0,59 \cdot 0,5 \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 65,45$ $= 2367,13 \text{ Watt}$ (siang)	$P_{max} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$ $P_{max} = 0,59 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 4,79^3$ $= 0,59 \cdot 0,5 \cdot 1,226 \cdot 78,5 \cdot 109,9$ $= 3120,16 \text{ Watt}$ (malam)
--	--

Tabel 1.3 Perhitungan Maximum

Jadi besarnya daya maksimum yang diperoleh turbin horizontal pada siang hari adalah 2367,13 Watt atau bisa dijadikan 2,367 kW dan malam hari adalah 3120,16 Watt atau 3,120 kW

Perhitungan putaran yang dihasilkan turbin dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan diameter. RPM. Dengan demikian kecepatan angin akan bersesuaian dengan kenaikan RPM. Maka dari itu dapat dihitung menggunakan rumus:

$RPM = 60 \frac{\lambda V}{\pi D}$ $= 60 \frac{3 \cdot 4,03}{3,14 \cdot 10}$ $= 23,10$	$RPM = 60 \frac{\lambda V}{\pi D}$ $= 60 \frac{3 \cdot 4,79}{3,14 \cdot 10}$ $= 27,45$
--	--

Tabel.1.4 Perhitungan RPM

Untuk mengetahui besarnya energi yang dihasilkan oleh turbin horizontal 3 sudu dalam satu tahun yaitu dengan menggunakan rumus :

Diketahui dalam 1 tahun besarnya

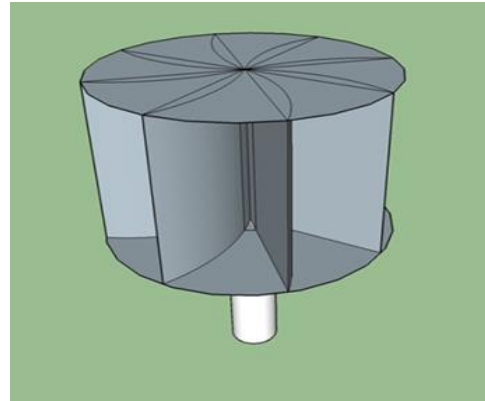
$$\Delta t = 8784 \text{ jam}$$

$$E = P_{siang} + P_{malam} \times \Delta t (\text{tahun})$$

$$= 2,367 + 3,120 \times 8784$$

$$= 5,487 \times 8784$$

$$= 48,197 \text{ kWh}$$



Gambar 2. Turbin Vertikal Savonius 8 Sudu

Sesuai data yang telah ditetapkan bahwa kecepatan angin pada siang hari rata-rata $V_{siang} = 3,39 \text{ m/s}$, dan kecepatan angin malam $V_{malam} = 4,01 \text{ m/s}$, kerapatan udara $\rho = 1,226 \text{ kg/m}^3$ dan pada perencanaan turbin savonius yang kedua ini besarnya diameter sudunya adalah 5 m yang dipasang pada ketinggian 10 meter diatas permukaan tanah pantai/laut yang mempunyai nilai kekasaran $V_{10}/V_n = 1,12$ (pada Tabel 2.1). Maka besarnya daya total yang dihasilkan turbin bisa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{total} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Namun sebelumnya harus mencari dulu luas penampang sudunya. Luas penampang sudunya adalah :

$$A = \pi \cdot R^2$$

$$= 3,14 \cdot 2,5^2$$

$$= 19,6 \text{ m}^2$$

Setelah itu kecepatan rata-rata dikalikan dengan besarnya angka yang dipasang pada ketinggian 10 meter sehingga kecepatan rata-rata menjadi :

$V_{siang} = 1,12 \times 3,39$ $= 3,79 \text{ m/s}$	$V_{malam} = 1,12 \times 4,01$ $= 4,49 \text{ m/s}$
---	---

Tabel.2.1 Perhitungan Kecepatan Angin Siang dan Malam

Sehingga hasil pada tabel 2.1 dapat dimasukkan dengan menggunakan rumus :

$P_{total} = \frac{1}{2} \rho A V^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 19,6 \cdot 3,79^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 19,6 \cdot 54,43$ $= 6539,65 \text{ Watt (siang)}$	$P_{total} = \frac{1}{2} \rho A V^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 19,6 \cdot 4,49^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 19,6 \cdot 90,51$ $= 1087,45 \text{ watt (malam)}$
--	--

Tabel.2.2 Perhitungan Daya Total

Jadi besarnya daya total yang dihasilkan oleh turbin angin pada siang hari adalah 6539,65 Watt atau 6,539 kW. dan malam hari adalah 1087,45 Watt atau 1,08745 kW.

Dalam perencanaan ini agar dapat diperoleh secara akurat. Maka efisiensi merupakan faktor terpenting yang harus dipertimbangkan. Efisiensi atau rugi-rugi pada perencanaan turbin savonius ini $C_p = 0,20$ Untuk mencari daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dapat dengan menggunakan rumus :

$P_{\max} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$ $= 0,20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.19,6.3,9^3$ $= 0,20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.19,6.543$ $= 139,79 \text{ Watt (siang)}$	$P_{\max} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$ $= 0,20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.19,6.4,^3$ $= 0,20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.19,6.91$ $= 217,49 \text{ Watt (malam)}$
---	---

Tabel 2.3 Perhitungan Maximum

Jadi besarnya daya maksimum yang diperoleh turbin savonius pada siang hari adalah 139,79 Watt atau bisa dijadikan 0,139 kW dan malam hari adalah 217,49 Watt atau 0,217 kW.

Perhitungan putaran yang dihasilkan turbin dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan diameter. Untuk kecepatan tangensial ujung rotor yang sama, maka pengecilan diameter akan secara langsung mengakibatkan kenaikan RPM. Dengan demikian kecepatan angin akan bersesuaian dengan kenaikan RPM. Maka dari itu dapat dihitung menggunakan rumus:

$RPM = 60 \frac{\lambda V}{\pi D}$ $= 60 \frac{1,3,79}{3,14.5}$ $= 14,48$	$RPM = 60 \frac{\lambda V}{\pi D}$ $= 60 \frac{1,4,49}{3,14.5}$ $= 17,15$
---	---

Tabel 2.4 Perhitungan RPM

Untuk mengetahui besarnya energi yang dihasilkan oleh turbin vertikal savonius 8 sudu dalam satu tahun yaitu dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} &\text{Diketahui dalam 1 tahun besarnya} \\ &\Delta t = 8784 \text{ jam} \\ &E = P_{\text{siang}} + P_{\text{malam}} \times \Delta t (\text{tahun}) \\ &= 0,139 + 0,217 \times 8784 \\ &= 0,356 \times 8784 \\ &= 3,217 \text{ kWh} \end{aligned}$$



Gambar 3 Turbin Vertikal Darrius 2 Sudu

Sesuai data yang telah ditetapkan bahwa kecepatan angin pada siang hari rata-rata $V_{\text{siang}} = 3,39 \text{ m/s}$, dan kecepatan angin malam $V_{\text{malam}} = 4,01 \text{ m/s}$, kerapatan udara $\rho = 1,226 \text{ kg/m}^3$ dan pada perencanaan turbin darrius yang ketiga ini besarnya diameter sudunya adalah 8 m yang dipasang pada ketinggian sekitar 1 meter diatas permukaan tanah pantai/laut yang mempunyai nilai kekasaran $V_n = 0,96$ (pada Tabel 2.1). Maka besarnya daya total yang dihasilkan turbin bisa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Namun sebelumnya harus mencari dulu luas penampang sudunya. Luas penampang sudunya adalah :

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot R^2 \\ &= 3,14.4^2 \\ &= 50,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah itu kecepatan rata-rata dikalikan dengan besarnya angka yang dipasang pada ketinggian sekitar 1 meter sehingga kecepatan rata-rata menjadi :

$V_{\text{siang}} = 0,96 \times 3,39$ $= 3,25 \text{ m/s}$	$V_{\text{malam}} = 0,96 \times 4,01$ $= 3,84 \text{ m/s}$
--	--

Tabel 3.1 Perhitungan Kecepatan Angin Siang dan Malam

Sehingga hasil pada table 3.1 dapat dimasukkan dengan menggunakan rumus :

$P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \rho A V^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.3,25^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.34,32$ $= 1056,11 \text{ (siang)}$	$P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \rho A V^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.3,84^3$ $= \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.56,62$ $= 1742,34 \text{ Watt (malam)}$
--	---

Tabel 3.2 Perhitungan Daya Total

Jadi besarnya daya total yang dihasilkan oleh turbin angin pada siang hari adalah 1056,11 Watt atau 1,05611 kW. dan malam hari adalah 1742,34 Watt atau 1,74234 kW.

Dalam perencanaan ini agar dapat diperoleh secara akurat. Maka efisiensi merupakan faktor terpenting yang harus dipertimbangkan. Efisiensi atau rugi-rugi pada perencanaan turbin savonius ini $C_p = 0,45$ Untuk mencari daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dapat dengan menggunakan rumus :

$P_{\max} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$ $= 0,45 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.3,25^3$ $= 0,45 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.34,32$ $= 475,25 \text{ Watt (siang)}$	$P_{\max} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho A V^3$ $= 0,45 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.3,84^3$ $= 0,45 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,226.50,2.56,6$ $= 784,05 \text{ Watt (malam)}$
--	---

Tabel 3.3 Perhitungan Maximum

Jadi besarnya daya maksimum yang diperoleh turbin savonius pada siang hari adalah 475,25 Watt atau bisa dijadikan 0,475 kW dan malam hari adalah 784,05 Watt atau 0,784 kW.

Perhitungan putaran yang dihasilkan turbin dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan diameter. Untuk kecepatan tangensial ujung rotor yang sama, maka pengecilan diameter akan secara langsung mengakibatkan kenaikan RPM. Dengan demikian kecepatan angin akan bersesuaian dengan kenaikan RPM. Maka dari itu dapat dihitung menggunakan rumus:

$\begin{aligned} \text{RPM} &= 60 \frac{\lambda V}{\pi D} \\ &= 60 \frac{4,3,25}{3,14,8} \\ &= 31,20 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{RPM} &= 60 \frac{\lambda V}{\pi D} \\ &= 60 \frac{4,3,84}{3,14,8} \\ &= 36,68 \end{aligned}$
---	---

Tabel 3.4 Perhitungan RPM

Untuk mengetahui besarnya energi yang dihasilkan oleh turbin vertikal darrius 2 sudu dalam satu tahun yaitu dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \Delta t &= 8784 \text{ jam} \\ E &= P_{\text{siang}} + P_{\text{malam}} \times \Delta t (\text{tahun}) \\ &= 0,475 + 0,784 \times 8784 \\ &= 1,259 \times 8784 \\ &= 11,059 \text{ kWh} \end{aligned}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu serta dari permasalahan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Cara merencanakan pembangkit listrik tenaga bayu dengan variasi tiga turbin dengan kecepatan angin rata-rata siang 3,39 m/s dan malam 4,01 m/s sesuai data perhitungan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) maka turbin yang menghasilkan daya yang paling efisien dan cocok digunakan yaitu turbin horizontal 3 sudu dengan jumlah daya 48,197 kWh, turbin vertikal savonius 8 sudu jumlah daya 3,217 kWh, turbin vertikal darrius 2 sudu dengan jumlah daya 11,059 kWh.
2. Pembangkit ini hanya bisa memenuhi kebutuhan listrik untuk skala rumah tangga antara 3,217 kWh – 48,197 kWh

Saran

Dalam pengembangan penelitian ini kedepannya:

1. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin ini, sebaiknya segera dibuat di bibir

pantai Jatisari, karena kecepatan angin di daerah pantai jatisari mempunyai potensi tenaga listrik yang sangat memadai.

2. Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dibuat di dekat perkampungan agar dapat dengan mudah menyalurkan listrik.
3. Dengan kapasitas daya yang kecil maka di desa pasti dapat dibuat beberapa PLTB agar dapat memenuhi kebutuhan listrik di desa itu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Afrilianto, Tomy. 2013 “Perancangan dan Pembuatan Turbin Angin Sederhana Untuk Penghasil Listrik”
2. Arismunandar, W. Penggerak Mula Turbin. Bandung : ITB PRESS
3. Badan Meterologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Tuban
4. Daryanto, 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Balai PPTAG-UPT-LAGG
5. Delly, Jenny. 2013 “Perancangan Teknologi Pembangkit Listrik Berbasis Kincir Angin Kecepatan Rendah Dengan Diffuser Untuk Perumahan di Daerah Pesisir Pantai Sulawesi Tenggara.
6. Haryono, Yang Yang. 2015 “Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Kapasitas 1800 Watt untuk Pembangkit Listrik di Pulau Ketapang Kabupaten Probolinggo” Skripsi :Universita Muhammadiyah Malang.
7. Kadir, Abdul. Energi;243-244. Penerbit Universitas Indonesia (UI-PRESS) Jakarta
8. Meriska, Lustia Dewi. 2010. “Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L untuk Optimasi Kinerja Turbin”. Surakarta :Universitas Sebelas Maret.
9. Prasetyo, Aji. M. D. 2015. “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin di daerah Puger dengan menggunakan perangkat lunak Homer”
10. Syukri, Himran, 2006. “energi angin”. CV Bintang Lamumpatue, Makasar