



Kelayakan Pengembangan Teknologi Elektrifikasi Pedesaan di Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Melalui Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) Di Kabupaten Wakatobi

Eva Safitri Maladeni¹, Alfian Ishak²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lakidende

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Lakidende

Korespondensi: evasafitrimaladeni@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian menganalisa potensi daya listrik tenaga angin sebagai sumber (alternatif) energi listrik di Kabupaten Wakatobi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif statistik dan survei. Data disajikan secara statistik dalam bentuk tabel. Hasil penelitian diketahui bahwa di Pulau Wangi-Wangi potensi energi listrik yang dihasilkan antara 1.921,14 KWh-2.379,81 KWh/years, Pulau Kaledupa antara 2.615,36 - 3.364,54 KWh/years, Pulau Tomia antara 3.433,82 - 3.556,84 KWh/years, dan Pulau Binongko antara 3.532,30 KWh/ - 4.076,49 KWh/years. Total energi listrik tenaga angin di Pulau Wangi-Wangi adalah 10.934,44 KWh, dapat melayani sekitar 24 Rumah Tangga. Pulau Kaledupa energi listrik yang dihasilkan sebesar 12.434,96 dapat melayani sekitar 28 Rumah Tangga. Total energi listrik di Pulau Tomia sebesar 13.960,88 mampu melayani sekitar 32 Rumah Tangga, sedangkan di Pulau Binongko menghasilkan total energi listrik sebesar 14.768,53 mampu melayani 33 Rumah Tangga. Dengan demikian, maka pengembangan listrik tenaga angin layak dilakukan.

SEJARAH ARTIKEL

Diterbitkan 28 Juni 2021

KATA KUNCI

Angin, Listrik, Kelayakan

1. Pendahuluan

Dengan jumlah penduduk yang sedemikian besar, kebutuhan energi di Indonesia menjadi amat tinggi. Tingginya permintaan energi tersebut menyebabkan Indonesia rentan akan krisis energi (Rumbayan, dkk, 2018). Pemenuhan kebutuhan listrik masih menjadi masalah di Indonesia. Setiap tahun, tambahan kebutuhan listrik masyarakat sekitar 5.000 MW, sementara PLN hanya mampu menyediakan tambahan pasokan listrik sekitar 4.000 MW setiap tahunnya (Komite Ekonomi dan Industri Nasional, 2019).

Saat ini pemenuhan kebutuhan listrik nasional masih mengandalkan BBM (bahan bakar minyak) yang dimasa depan ketersediaan dimasa depan semakin berkurang bahkan habis (Padmika, dkk, 2017), dari pasokan kebutuhan BBM untuk energi sebagian masih harus diimpor (Bawan, 2019), padahal Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar dengan energi yang terbarukan matahari, air, angin (Bachtiar dan Hayattul, 2018), panas bumi, gelombang laut, dan bio fuel (Permadi, dkk, 2014).

Pemakaian angin sebagai sumber energi di Indonesia cukup potensial terutama untuk wilayah pesisir pantai yang rata-rata memiliki angin yang cukup besar (Habibie, dkk, 2011). Bahan baku sistem PLTB hanya memerlukan kincir atau turbin serta pengatur dan penyimpan energi yang mana alat tersebut muda didapat, serta telah dikuasai oleh orang Indonesia dan beberapa industri lokal telah mampu membuatnya dengan baik (Sutrisna, 2009).

Potensi energi angin di Indonesia rata-rata cukup prospektif dengan kecepatan angin tahunan sebesar 3,4 – 4,5 m/detik atau menghasilkan listrik 200-1000 kWh/m (Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (Kementerian ESDM) RI, 2008). Potensi ini sudah dapat dimanfaatkan untuk pembangkit energi listrik skala kecil sampai 10 kW dan tersebar di beberapa wilayah di Indonesia (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT, 2015). PLTB mempunyai potensi mengurangi emisi CO₂ sebesar 700 gram untuk setiap kWh energi listrik yang dibangkitkan (Sutrisna, 2009).

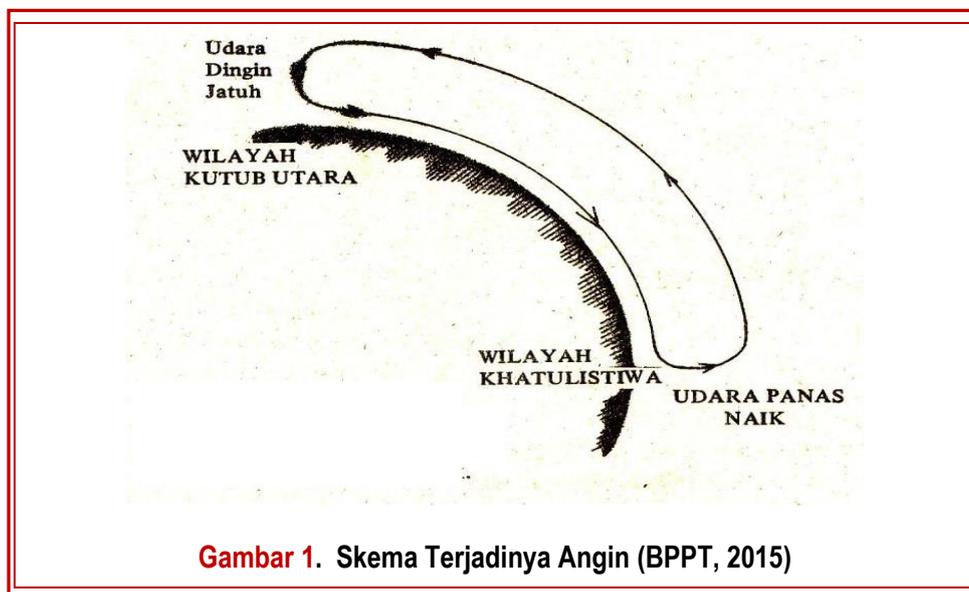
Batas minimum kecepatan angin adalah 3 m/s dan batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik adalah 17,1 m/s (Habibie, dkk, 2011). Di sekitar pantai Ciheras, Tasikmalaya memiliki kecepatan angin berkisar 3-12 m/s, mampu menghasilkan rata-rata daya listrik melalui simulasi Homer sebesar 137 W (Bachtir dan Hayattul, 2018). Di pesisir Maluku seperti Tual dan Saumlaki juga memiliki potensi kecepatan angin diatas 3 m/s (Habibie, dkk, 2011).

Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara memiliki kecepatan angin rata-rata 4 m/s yang dapat digunakan untuk memutar kincir angin dengan model 3 (tiga) daun dan menghasilkan tenaga listrik sebesar 200 - 1.000 KWh/m dan dapat melayani 2-3 rumah tangga dengan daya 450 volt Amper atau 450 watt (Bappeda Kabupaten Wakatobi, 2012). Pengembangan PLTB di Kabupaten Wakatobi, dapat menjawab permasalahan yang ada. Pelayanan listrik masih terbatas di Pulau Wanci dan Tomia, sementara di pulau Kaledupa, Binongko dan beberapa daerah lainnya masih melayani dari pukul 18.00 hingga 06.00 WITA (BPS, Kabupaten Wakatobi, 2018).

2. Landasan Teori

Angin adalah massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis (Kandary, 2011). Angin adalah pergerakan udara yang disebabkan adanya perbedaan tekanan udara yang mengakibatkan adanya hembusan atau tiupan disuatu tempat atau daratan (Bachtir dan Hayattul, 2018).

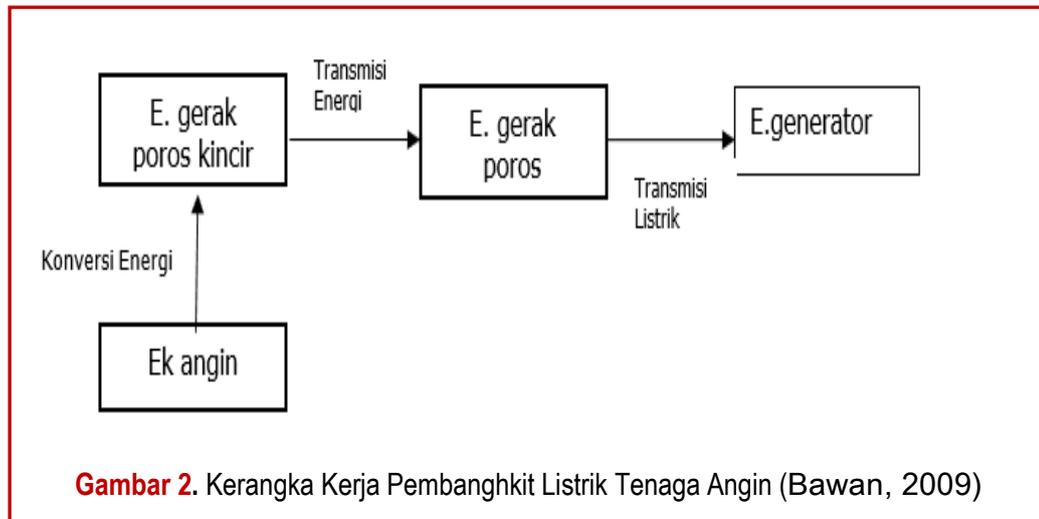
Angin terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin yang menyebabkan terjadinya suatu perputaran udara berupa perpindahan udara (Tjukup, 2010). Di daerah khatulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah (Akbar, 2012). Sehingga terjadilah suatu perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi (Rustandi, 2011). Dalam pemanfaatan energi angin diperlukan data atau informasi mengenai potensi energi angin aktual yang tersedia di lokasi pemasangan dan pemanfaatan sesuai kebutuhan di lokasi tersebut (Kandary, 2011).



Ada tiga sifat angin yang dapat dirasakan orang awam yaitu :(1) angin menyebabkan tekanan terhadap permukaan yang menentang arah angin tersebut, (2) angin mempercepat pendinginan dari benda yang panas, (3) kecepatan angin sangat beragam dari tempat ke tempat dan dari waktu ke waktu (Kandary, 2011). Daya angin yang tersedia adalah potensi energi angin di suatu lokasi dan dikoreksi dengan menggunakan faktor pola energi, k_E yang didefinisikan sebagai:

$$\text{Daya angin yang tersedia} \\ k_E = \frac{\text{Daya kecepatan rata-rata}}{\text{Daya angin yang tersedia}}$$

Pada turbin angin dikenal istilah Batasan Betz (Betz limit) yang menyatakan bahwa daya maksimum yang diserap oleh turbin angin tidak melebihi 59,3% dari daya angin yang tersedia (Handjoko dan Satwiko, 2012).



Konveksi arus yang ditimbulkan oleh lautan dan atmosfer bergabung membentuk suatu energi yang besarnya 3.7.10 Watt, Sementara itu, energi angin dapat memberikan daya sebesar 2.10 Watt. Bila 1% dari perkiraan daya dimanfaatkan, suatu daya sebesar 2.10 Watt akan diperoleh. Angka ini merupakan 3% dari kebutuhan energi dunia tahun 1972 (Nursuhud, 2008). Konversi kecepatan angin menjadi sebuah tenaga pembangkit adalah suatu proses perpindahan massa satuan angin menjadi massa satuan listrik. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh:

$$R_L = \frac{U_w}{U_L}$$

Dimana:

U_w = Kecepatan angin di atas laut

U_L = Kecepatan angin di atas darat

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut (Bahari, 2015):

$$UA = 0,71 U_w^{1,23}$$

U_w adalah Kecepatan angin di atas laut dalam m/d.

Energi angin adalah energi yang terkandung pada massa udara yang bergerak. Energi angin berasal dari energi matahari. Pemanasan bumi oleh sinar matahari menyebabkan perbedaan massa jenis udara. Perbedaan massa jenis ini menyebabkan perbedaan tekanan pada udara sehingga akan terjadi aliran fluida dan menghasilkan angin (Kandary, 2011). Bentuk energi yang terdapat pada angin yang dapat diekstraksi oleh turbin angin adalah energi kinetiknya. Angin adalah massa udara yang bergerak. Besarnya energi yang terkandung pada angin tergantung pada kecepatan angin dan massa jenis angin atau udara yang bergerak tersebut (Suryanto, 2010).

Model sederhana dari turbin angin mengambil dasar teori dari momentum, angin dengan kecepatan tertentu menabrak rotor yang memiliki performa sayap atau propeller. Dalam model sederhana, dimana memungkinkan newtonian mechanics digunakan, aliran diasumsikan steady dan mendatar, udara diasumsikan incompressibel dan inviscid, dan aliran downstream (aliran setelah melalui rotor) diasumsikan konstan disekeliling bagian streamtube dengan tidak ada diskontinuitas tekanan di seberang perbatasan streamtube.

Energi kinetik dari sebuah benda dengan massa m dan kecepatan u adalah $E = 0.5.m.u^2$, dengan asumsi bahwa kecepatan u tidak mendekati kecepatan cahaya, dituliskan sebagai berikut:

$$E = 0,5m.u^2$$

Keterangan :

E = energi (joule)

m = massa udara (kg)

u = kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor dan menghasilkan besar energi angin yang dapat diserap oleh turbin angin (John M S.A, 2010). Prinsip dasar turbin angin adalah mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik. Putaran kincir dapat terjadi dengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desain batang kincir (*blade*). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin.

Gibson mengemukakan bahwa ada dua gaya yang bekerja pada batang kincir yaitu gaya lift dan drag, pada model kincir diatas maka batang kincir bergerak/terangkat karena gaya lift. Dengan menghubungkan poros/shaft rotor ke generator maka akan didapatkan energi listrik yang dapat disimpan dalam accu atau langsung digunakan untuk memenuhi beban alat listrik rumah tangga. Daya Turbin Angin dapat diukur dengan persamaan berikut (Suryantoro, dkk, 2010):

$$\text{Power} = 1/2 C_p \rho A V^3$$

Dimana:

P = Power output, kilowatts

C_p = Maximum power coefficient, 0.25 - 0.45,

ρ = Air density, kg/m³

A = Rotor swept area, m² V = Wind speed, m/s

Analisis kelayakan dibedakan menjadi aspek pasar, teknis, keuangan, hukum, dan ekonomi negara. Pada aspek manajemen, yang diketahui adalah masa pembangunan proyek, siapa pelaksana proyek, bagaimana jadwal penyelesaian proyek tersebut dan siapa yang melakukan studi terhadap aspek-aspek lainnya (Husnan, 2008).

3. Metode Penelitian

Pendekatan penelitian ini adalah kualitatif statistik dan survei. Sampel (wilayah) ditentukan secara sengaja (purposive sampling). Alat yang digunakan adalah GPS, Anemometer, Stopwatch, Aplikasi (Software) GIS, Komputer dan alat tulis menulis serta kamera. Pengumpulan dilakukan dengan survey, wawancara, pengamatan atau observasi, dokumentasi dan studi kepustakaan (*library research*). Analisis spasial temporal yang dilakukan dengan menumpang susunkan (overlay) data spasial dengan Software GIS selanjutnya dideskripsikan secara kuantitatif dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Pengukuran Potensi Angin

Wilayah/Lokasi	Kekuatan Angin (kg/m ³)	Arah Angin (m ³)	Kecepatan Angin (m/s)	Potensi Listrik (KWh/m)
Pulau Wangi-Wangi				
• Lokasi/kordinat				
Pulau Kaledupa				
• Lokasi/kordinat				
Pulau Tomia				
• Lokasi/kordinat				
Pulau Binongko				
• Lokasi/kordinat				

Sumber: Suryanto, (2010)

Tabel 2. Proyeksi Kebutuhan Listrik menurut Kapasitas Distribusi

No.	Wilayah 1	Variabel Kapasitas Listrik 2	Jumlah/Keterangan 3
1.	Pulau Wanci (Kordinat)	a. Luas wilayah Ha
		b. Jumlah Penduduk RT
		c. Tren Kebutuhan %
		d. Potensi lokasi optimal	Potensial/Tidak
2.	Pulau Kaledupa (Kordinat)	a. Luas wilayah Ha
		b. Perkantoran RT

	c. Sekolah/Pendidikan %
	d. Tempat Ibadah	Potensial/Tidak
3. Pulau Tomia (Kordinat)	a. Luas wilyah Ha
	b. Jumlah Penduduk RT
	c. Tren Kebutuhan %
	d. Potensi lokasi optimal	Potensial/Tidak
4. Pulau Binongko (Kordinat)	a. Luas wilyah Ha
	b. Jumlah Penduduk RT
	c. Tren Kebutuhan %
	d. Potensi lokasi optimal	Potensial/Tidak

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Potensi Daya Listrik

Kabupaten Wakatobi terdiri dari empat pulau yakni Pulau Wangi-Wangi, Pulau Kaledupa, Pulau Tomia dan Pulau Binongko. Hasil analisis potensi angin sebagai sumber energi alternatif untuk listrik tenaga angin masing-masing diuraikan dibawah.

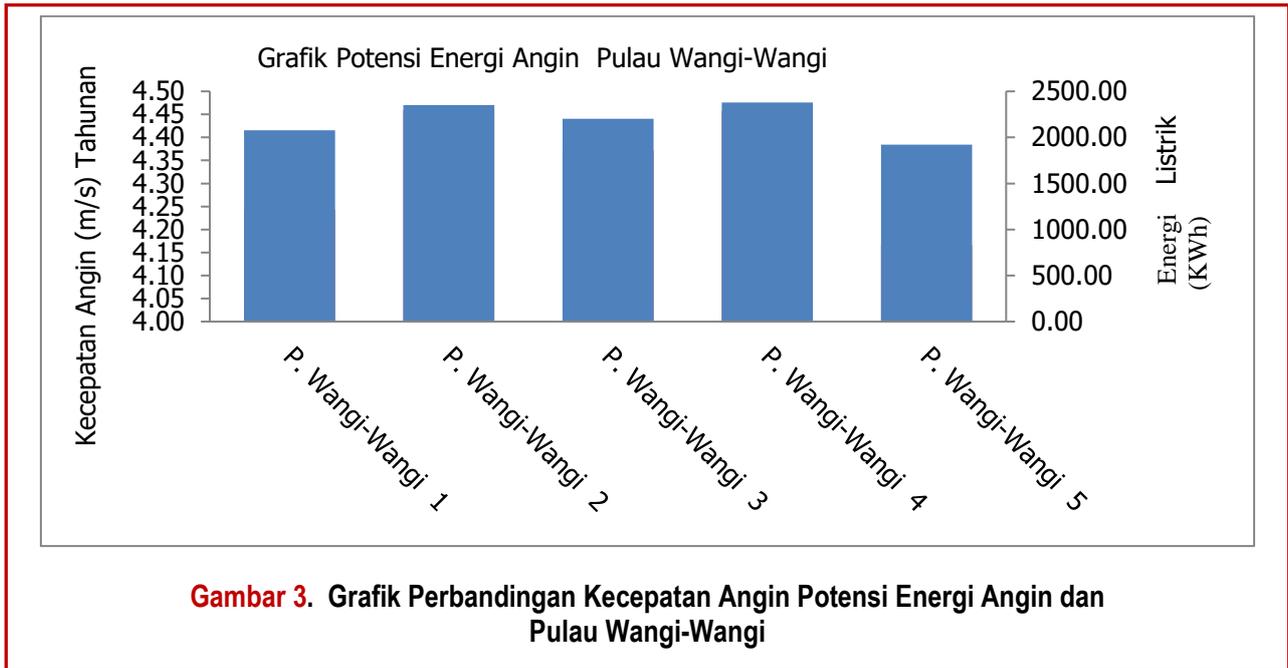
A. Pulau Wangi-Wangi

Hasil analisis potensi daya listrik pada Pulau Wangi-Wangi, diketahui bahwa terdapat 5 titik yang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yaitu: P.Wangi-Wangi 1, P.Wangi-Wangi 2, P. Wangi-Wangi 3 dan P. Wangi-Wangi 4. dan P. Wangi-Wangi 5.

P. Wangi-Wangi 1 memiliki potensi energi listrik yang dihasilkan pada Musim Barat berkisar antara 326-623,21 KWh/month dan potensi energi listrik yang dihasilkan pada Musim Timur berkisar antara 526,34-6059,88 KWh/month dengan rata-rata pertahun 2.078,94 KWh/years. P. Wangi-Wangi 2 potensi energi listrik Musim Barat berkisar antara 391,39-742,26 KWh/month dan potensi energi listrik yang dihasilkan pada Musim Timur berkisar antara 568,26-6246,41KWh/month dengan rata-rata potensi energi listrik tahunan 2352,38 KWh/years.

P. Wangi-Wangi 3 memiliki energi listrik yang dihasilkan pada musim Barat berkisar antara 372,70-762,12 Kwh/month dengan rata-rata 542,06/month. Potensi energi listrik pada Musim Timur P. Wangi-Wangi 3 berkisar antara 554,94-5.838,48 KWh/month KWh/month dengan rata-rata energi listrik yang dihasilkan 2.202,17 KWh/years. Di P. Wangi-Wangi 4, rata-rata energi listrik yang dihasilkan pada Musim Barat berkisar antara 414,31-688,38 KWh/month dan Musim Timur potensi energi listrik yang dihasilkan secara keseluruhan berkisar antara 578,31-6366,44/month dengan rata-rata pontensi energi tahunan dihasilkan sebesar 2.379,81 KWh/years. Sedangkan P. Wangi-Wangi 5 (Gambar 5.5) rata-rata energi listrik yang dihasilkan pada musim barat berkisar antara 308,22-659,82 KWh/month dan potensi energi listrik Musim Timur berkisar antara 514,93-5.117 KWh/month dengan rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 1.912,14 KWh/years.

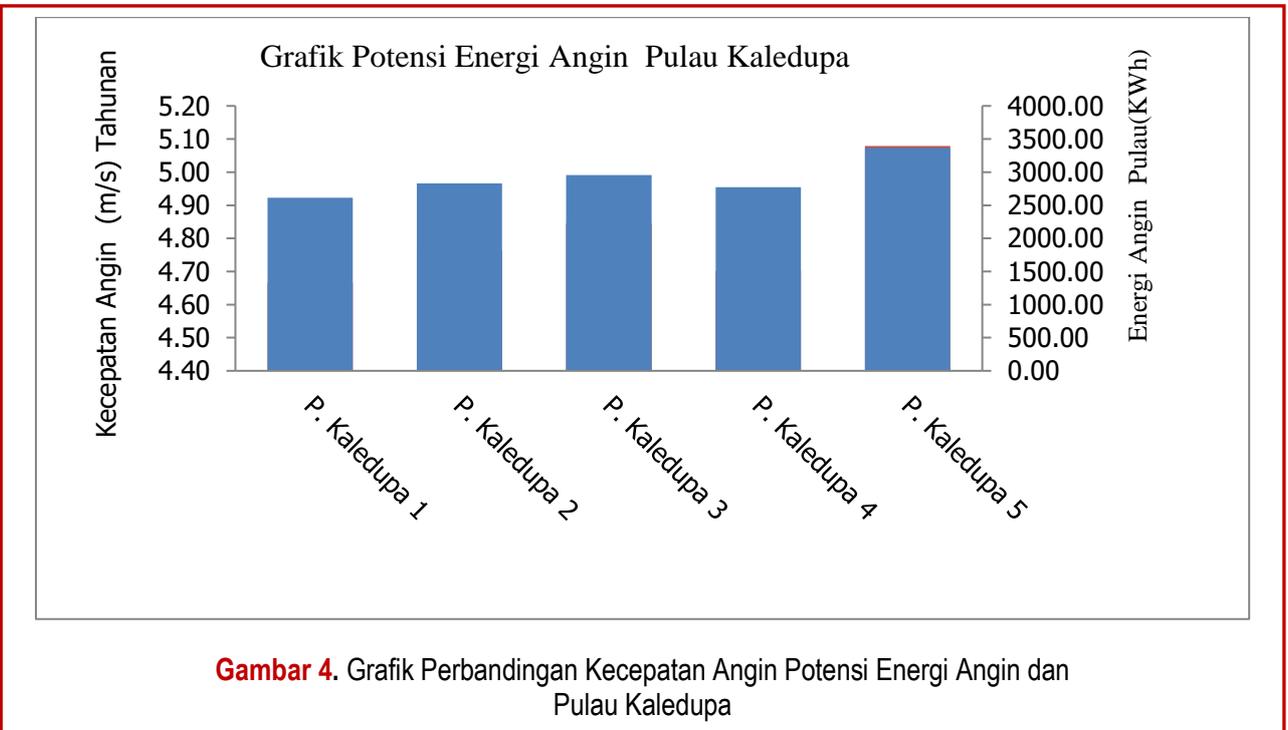
Potensi energi listrik tahunan yang dihasilkan pada Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi secara keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 7. P. Wangi-Wangi 4 memiliki potensi energi listrik paling tinggi sebesar 2.379,81 KWh/years, diikuti Pulau Wangi-Wangi 2 dengan potensi energi listrik yang dihasilkan sebesar 2.352,38 KW/years. Selanjutnya pada P.Wangi-Wangi 1 dan P.Wangi-Wangin 3 masing masing memiliki potensi energi listrik yang dihasilkan sebesar 2.202,38 KWh/years dan 2.078,94 KWh/years. Sedangkan energi listrik terendah adalah P.Wangi-Wangi 5 adalah 1.921,14 KWh. Dapat direkomendasikan 5 (lima) titik spasial yang potensial untuk pembangunan Pembangkit listrik tenaga angin di Pulau Wangi-Wangi.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin Potensi Energi Angin dan Pulau Wangi-Wangi

B. Pulau Kaledupa

Hasil analisis potensi daya listrik yang dihasilkan pada Pulau Kaledupa, didapatkan lima daerah yang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yaitu P.Kaledupa 1, P.Kaledupa 2, P. Kaledupa 3. P. Kaledupa 4 dan P.Kaledupa 5. Pada P. Kaledupa 1 memiliki potensi energi listrik yang dihasilkan berkisar antara 485,48- 987,02 KWh/month dan pada musim Timur potensi energi listrik yang dihasilkan berkisar antara 607,74-6216,20 KWh/month dengan rata-rata energi listrik yang dihasilkan sebesar tahunan 2.615,36 KWh/years.



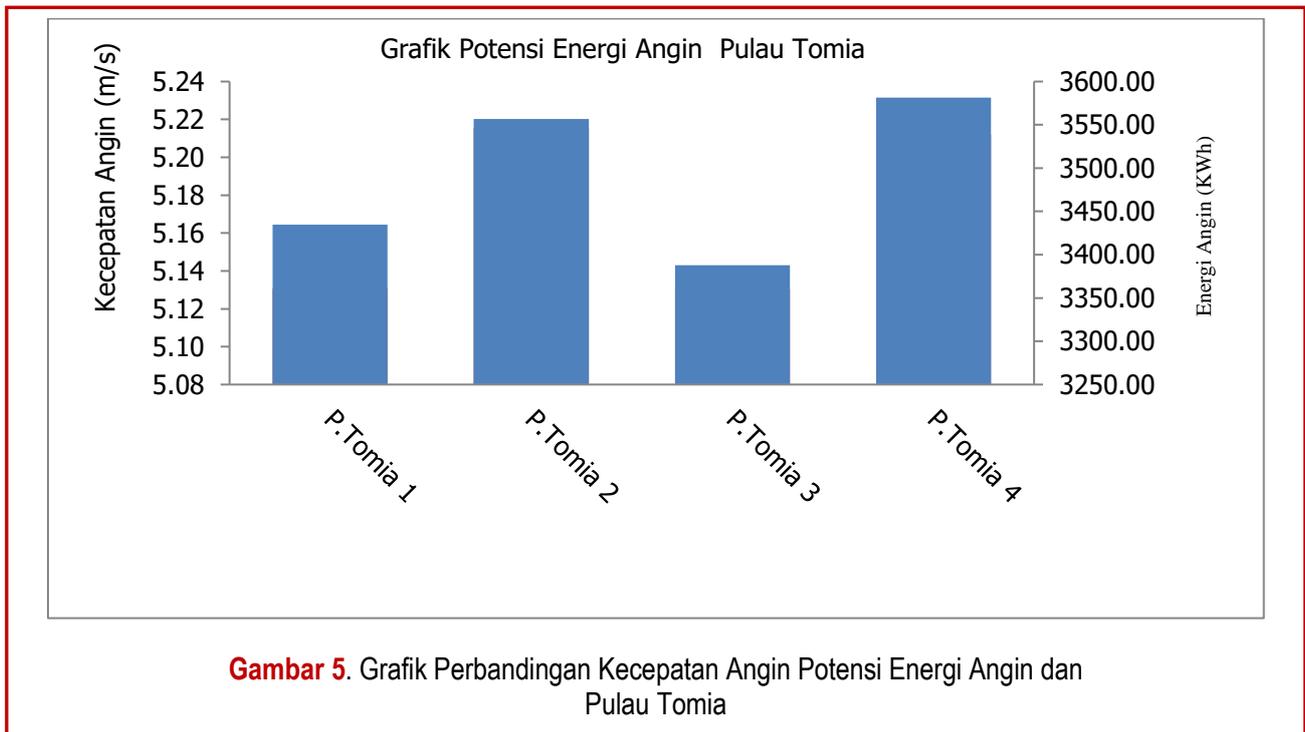
Gambar 4. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin Potensi Energi Angin dan Pulau Kaledupa

Pada P. Kaledupa 2 memiliki potensi energi listrik berkisar antara 509,34-990,74 KWh/month dan potensi energi listrik yang dihasilkan pada Musim Timur P. Kaledupa 2 berkisar antara 620,16-7445,60 KWh/month. rata-rata potensi energi listrik yang dihasilkan P.Kaledupa 2 pertahun adalah 2831,60 KWh/years. Selanjutnya, P. Kaledupa 3 rata-rata memiliki potensi energi listrik pada Musim Barat berkisar antara 532,04-1.107,81KWh/month dan Musim Timur potensi

energi listrik yang dihasilkan berkisar antara 616,21-7484,12 KWh/month dan potensi energi listrik tahunan yang dihasilkan sebesar 2.956,98 KWh/month. Untuk P. Kaledupa 4 rata-rata memiliki potensi energi listrik pada Musim Barat berkisar antara 483,18-870,67 KWh/month dan Potensi energi listrik yang di hasilkan pada Musim Timur pada P. Kaledupa 4 berkisar antara 617,04-7.359,97 KWh/month dengan rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.775,08 KWh/years. Terakhir adalah P. Kaledupa 5 rata-rata energi listrik yang dihasilkan pada musim barat berkisar antara 613,75-1,255,94 KWh/month dengan rata-rata sebesar 967,69 KWh/month pada musim Barat. Sementara pada Musim Timur rata-rata energi listrik yang dihasilkan berkisar antara 636,43-8.393,21 KWh dengan rata-rata energi listrik 4.562,96 KWh/month. Rata-Rata energi listrik tahunan dihasilkan 8.393 KWh/years. Dengan demikian, Pulau Kaledupa yang memiliki titik spasial potensi energi listrik yang terbesar adalah P. Kaledupa 5 sebesar 3.364,54 KWh/years. Sedangkan titik spasial memiliki potensi energi listrik yang terendah di Pulau Kaledupa adalah P. Kaledupa 1 sebesar 2.615,36 KWh/years.

C. Pulau Tomia

Terdapat empat daerah yang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yaitu P.Tomia 1, P.Tomia 2.P.Tomia 3 dan P.Tomia 4. Di Pulau P. Tomia 1 rata-rata potensi energi listrik bulanan pada Musim Barat berkisar antara 673,29-1.485,29 KWh/month. Sedangkan pada Musim Timur rata-rata potensi energi listrik bulanan berkisar antara 627,63-8.567,33 KWh/month dengan rata-rata energi listrik tahunan sebesar 3.434,82 KWh/years. Di P. Tomia 2 dapat ditunjukkan rata-rata Potensi energi listrik pada P. Tomia 2 pada Musim Barat berkisar antara 703,91-2.198,27 KWh/month. Sedangkan pada Musim Timur rata-rata potensi energi listrik P. Tomia 2 berkisar antara 629,99-8.965,04 KWh/month dengan rata-rata potensi energi listrik sebesar 3.556,84 KWh/years. Rata-rata potensi energi listrik pada Musim Barat P. Tomia 3 berkisar antara 698,73-1.610,69 KWh/month sedangkan pada Musim Timur rata-rata potensi energi listrik pada P. Tomia 3 berkisar antara 621,63-8.619,87 KWh/month dengan rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 3.387,81 KWh/years. Di P. Tomia 4 pada Musim Barat berkisar 724,09-1.633,49 KWh/month. Dan pada Musim Timur rata-rata potensi energi listrik bulanan berkisar antara 622,92-9.129,45 KWh/month dengan rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 3.581,41 KWh/years.

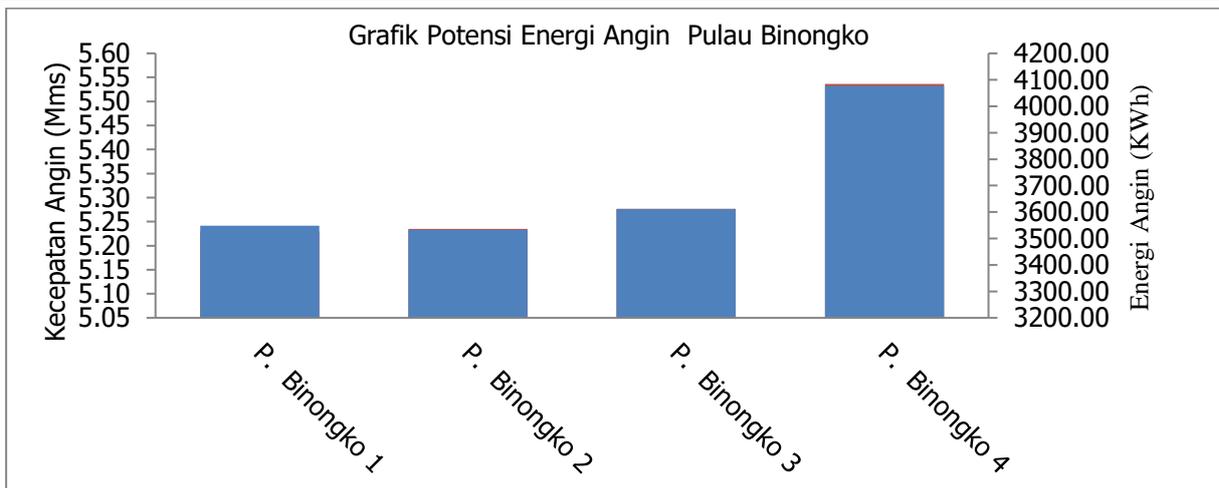


Gambar 5. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin Potensi Energi Angin dan Pulau Tomia

D. Pulau Binongko

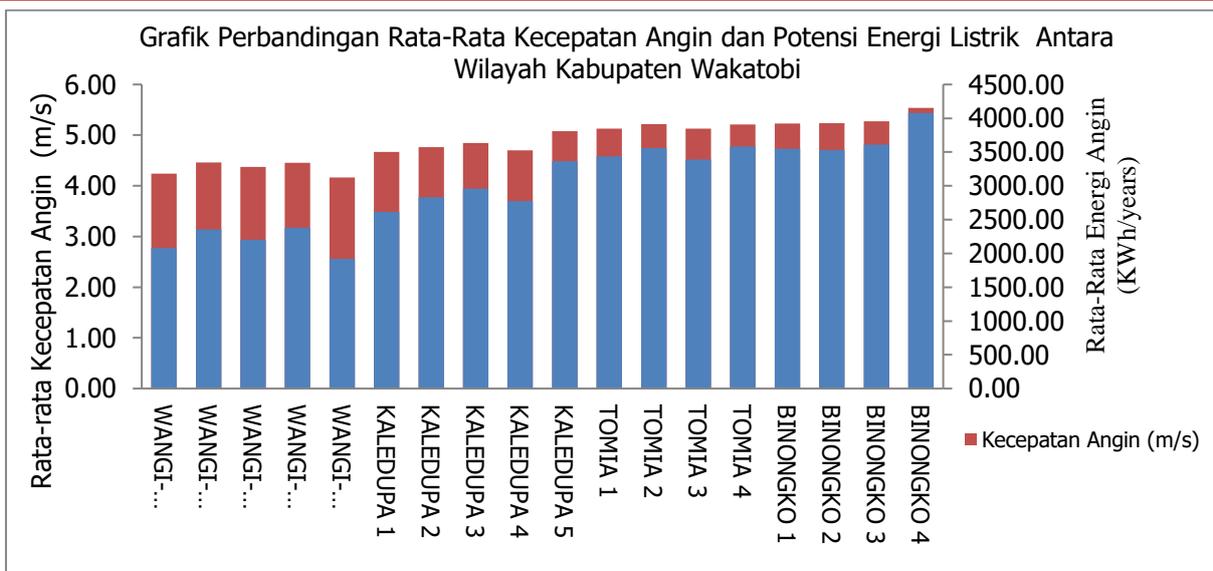
Hasil analisis potensi listrik tenaga angin di Pulau Binongko diperoleh empat titik yang potensial yakni Pulau (P) 1, Pulau (P) 2, Pulau (P) 3, dan Pulau (P) 4. Potensi energi listrik rata-rata bulanan P. Binongko 1 pada Musim Barat berkisar antara 767,46-1.1914,68 KWh/month dan pada Musim Timur potensi energi listrik bulanan rata-rata berkisar antara 599,54-8.934,55 KWh/month. Sedangkan rata-rata potensi energi listrik tahunan adalah 3.548,97 KWh/years. Potensi energi listrik P.Binongko 2 menunjukkan rata-rata energi listrik bulanan pada Musim Barat berkisar antara 796,24-2.051,78 KWh/month dan pada Musim Timur rata-rata potensi energi listrik bulan berkisar antara 583,39-9.021,97 KWh/month serta

rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 3.532,30 KWh/years. Potensi energi listrik P. Binongko 3 pada Musim Timur berkisar antara 795,79-2.120,92 KWh/month dan pada Musim Timur potensi energy listrik bulanan berkisar antara 581,58-8.701,41 KWh/month dengan rata-rata energi listrik tahunan sebesar 3.610,80 KWh/years. Selanjutnya rata-rata potensi listrik tenaga angin P. Binongko 4 pada Musim Barat berkisar antara 832,23-2.334,76 KWh/month dan potensi energi listrik bulan pada Musim Timur berkisar antara 550,13-8.578,20 KWh/month dengan rata-rata potensi enrgi listrik tahunan sebesar 4.076,49 KWh/years. Titik Spasial yang mempunyai potensi enrgi listrik tahunan yang tertinggi adalah P. Binongko 4 adalah 4.076,49 KWh/years dan Titik spasial yang memiliki potensi energi listrik terendah adalah P. Binongko 2 yakni 3.532,30 KWh/years.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin Potensi Energi Angin dan Pulau Binongko

Pulau Binongko memiliki rata-rata potensi energi listrik tahunan yang tertinggi adalah P.Binongko 4 yaitu 4.076,49 KWh/years dan di ikuti Pulau Tomia rata-rata potensi energi listrik tahunan adalah P.Tomia 4 yaitu 3,548,97 KWh/years. Sedangkan Pulau Kaledupa dan Pulau Wangi-Wangi memiliki rata-rata potensi energi listrik tahunan terendah adalah P. Kaledupa 1 dan P. Wangi-Wangi 5 yaitu 2.615,36 KWh/years dan 1.921,14 KWh/years.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kecepatan Angin dan Potensi Energi Listrik Antar Wilayah di Kabupaten Wakatobi

4.2 Kebutuhan Listrik Kabupaten Wakatobi

Berdasarkan hasil kajian identifikasi potensi energi listrik tenaga angin yang tersebar pada 18 titik spasial bahwa potensi energi listrik yang terdapat di Kabupaten Wakatobi dapat diusahakan pada skala mikro dalam pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat. Trend kebutuhan listrik di kabupaten Wakatobi dapat diidentifikasi melalui rasio elektrifikasi. Perkembangan kelistrikan di Kabupaten Wakatobi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perkembangan Listrik Di Kabupaten Wakatobi Tahun 2017-2019

Tahun	2017	2018	2019
Jumlah KK	33.879	34.340	35.183
Jumlah KK Berlistrik	15.800	17.267	18.972
Rasio Elektrifikasi	46,63	50,28	53,92

Rasio elektrifikasi tahun 2017-2019 adalah 46,63, 50,28, dan 53,92. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah KK berlistrik lebih sedikit dibanding dengan jumlah KK non listrik. Olehnya itu sepatutnya pemerintah daerah kabupaten Wakatobi sudah memikirkan nasib masyarakatnya bagaimana kemudian mereka hidup dengan lampu-lampu penerangan. Kebutuhan listrik Kabupaten Wakatobi dapat ditelusuri melalui pengamatan kebutuhan listrik menurut penggunaannya sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Listrik Menurut Penggunaannya Tahun 2018

Jenis Penggunaan	Jumlah Langganan (Unit)	Tenaga Listrik (KWh)
Industri	4	491,024
Bisnis	365	1,658,155
Publik	155	798,794
Rumah Tangga	18,116	17,346,353
Sosial	329	374,407
Multiguna	3	146,132
Jumlah	18.972	20.814.865

Kebutuhan listrik kabupaten wakatobi tahun 2018 berdasarkan jumlah penggunaannya bahwa terdapat 18.116 Rumah Tangga dengan membutuhkan tenaga listrik sebesar 17,346,353 KWh. Kegiatan bisnis sebanyak 365 unit dengan daya terpasang 1.658.155 KWh. Selanjutnya adalah kepentingan Publik 155 unit dengan daya terpasang 798,794 KWh. Sosial sebanyak 329 unit dengan daya terpasang 374,407. Penggunaan indutri 4 unit dengan daya terpasang 491,024 KWh. Dan yang terakhir adalah Multiguna 3 unit dengan daya terpasang 146,132 KWh. Dengan demikian berdasarkan jumlah penggunaannya daya listrik yang diusahakan PLN selama tahun 2019 secara keseluruhan 20.814.865 KWh dengan jumlah pelanggan 18,972.

4.3 Kelayakan Pengembangan Potensi Energi Listrik di Kabupaten Wakatobi

Sebaran mengenai potensi listrik tenaga angin wilayah Pulau Wangi-Wangi dapat ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 tersebut, potensi analisis energi listrik tenaga angin pada P.Wangi-Wangi 1 rata-rata energi listrik tahunan sebesar 2.078,94 KWh/years dapat melayani 5 rumah tangga. P. Wangi-Wangi 2 rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.352,38 KWh/years dapat melayani 5 rumah tangga dan P.Wangi-Wangi 3 rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.202,17 KWh dapat melayani 5 Rumah Tangga.

Tabel 5. Analisis Sebaran Potensi Listrik Tenaga Angin Wilayah Pulau Wangi-Wangi

Lokasi	Desa	Rumah Tangga	Energi Listrik (KWh)	Melayani (Rumah Tangga)
P.Wangi-Wangi-1	Waha	211	2.078,94	6
P.Wangi-Wangi -2	Longa	333	2.352,38	6
P.Wangi-Wangi -3	Wisata Kolo	151	2.202,17	7
P.Wangi-Wangi -4	Liya Togo	668	2.379,81	6
P.Wangi-Wangi -5	Kapota Utara	383	1.921,14	3
Total		1.746	10.934,44	24

Di P. Wangi-Wangi 4 rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.379,81 KWh dapat melayani 4 rumah tangga. Sedangkan P. Wangi-Wangi 5 rata-rata potensi energi listrik tenaga angin 1.921,14 KWh dapat melayani empat (4) kebutuhan rumah tangga. Berdasarkan kajian diatas untuk pengembangan energi listrik di Kabupaten Wakatobi sangat potensial. Sehingga secara keseluruhan potensi energi listrik di pulau Wangi-Wangi sebesar 10.934,44 KWh dan dapat melayani 24 rumah tangga.

Tabel 6. Analisis Sebaran Potensi Listrik Tenaga Angin Wilayah Pulau Kaledupa

Lokasi	Desa	Rumah Tangga	Energi Listrik (KWh)	Melayani (Rumah Tangga)
P Kaledupa-1	Sombano	222	2.615,36	6
P Kaledupa -2	Sandi	451	2.831,60	6
P Kaledupa -3	Horuo	429	2.956,98	7
P Kaledupa -4	Ambeua Raya	215	2.775,08	6
P Kaledupa -5	Lentea	244	1.255,94	3
Total		1.746	12.434,96	28

Tabel 6 diatas diketahui bahwa potensi rata-rata energi listrik tahunan P. Kaledupa 1 sebesar 2.615,36 KWh/years dan dapat melayani kebutuhan 6 rumah tangga. P. Kaledupa 2 rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.831,60 KWh/years dan dapat melayani kebutuhan 6 rumah tangga. Sementara pada P.Kaledupa 3 rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.956,98 KWh/years dan dapat melayani kebutuhan 7 Rumah Tangga. Sedangkan pada P. Kaledupa 4 rata-rata potensi energi listrik tahunan sebesar 2.775,08 KWh/years dan dapat melayani kebutuhan 6 rumah tangga. Pada P. Kaledupa 5 rata-rata potensi energi listrik tahunan adalah 1.255,94 KWh dan dapat melayani kebutuhan 3 rumah tangga. Sehingga daya listrik yang dihasilkan mampu melayani sekitar 28 RT, jika dikembangkan dengan pembangkitnya maka diperkirakan sekitar 12 unit untuk memenuhi semua rumah tangga non listrik (245 rumah tangga).

Pulau Tomia 1 rata-rata potensi energi listrik tenaga angin selama setahun sebesar 3.434,82KWh dapat melayani 8 rumah tangga. P.Tomia 2 rata-rata potensi energi listrik 3.556,84 KWh dapat melayani 8 rumah tangga. Di P. Tomia 3 rata-rata potensi energi listrik sebesar 3.387,81 KWh dapat melayani 8 Rumah Tangga. Sedangankan pada lokasi P. Tomia 4 rata-rata potensi energi listrik sebesar 3.581,41 KWh dapat melayani 8 rumah tangga.

Tabel 7. Analisis Sebaran Potensi Listrik Tenaga Angin Wilayah Pulau Tomia

Lokasi	Desa	Rumah Tangga	Energi Listrik (KWh)	Melayani (Rumah Tangga)
P.Tomia-1	Kahianga	291	3.434,82	8
P.Tomia -2	Wawotimu	213	3.556,84	8
P.Tomia -3	Lamanggau	336	3.387,81	8
P.Tomia -4	Kulati	231	3.581,41	8
Total		1.071	13.960,88	32

Secara keseluruhan jumlah rumah tangga Pulau Tomia berdasarkan titik spasial berjumlah 1.071 rumah tangga dengan potensi energi listrik sebesar 13.960,88 KWh. Sedangkan 476 jumlah rumah tangga yang belum teraliri listrik pada Pulau Tomia. Sehingga dengan demikian dibutuhkan jumlah pembangkit sebanyak 15 unit untuk memenuhi 476 rumah tangga non listrik (*Black Out*). Potensi energi listrik pada lokasi titik pantau di Pulau Binongko menurut jumlah penduduk dan luas wilayah disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Sebaran Potensi Listrik Tenaga Angin Pulau Binongko

Lokasi	Desa	Rumah Tangga	Energi Listrik (KWh)	Melayani (Rumah Tangga)
P.Binongko-1	Palahindu Barat	107	3548,96	8
P.Binongko -2	Lagongga	729	3532,29	8

P.Binongko -3	Taipabu	495	3610,79	8
P.Binongko -4	Haka	167	4076,49	9
Total		1.496	14.768,53	33

Secara keseluruhan jumlah rumah tangga Pulau Binongko berdasarkan titik spasial berjumlah 1.498 rumah tangga dengan potensi energi listrik sebesar 14.768,53 KWh. Dengan jumlah 322 jumlah rumah tangga yang belum teraliri listrik pada Pulau Binongko, maka dibutuhkan jumlah pembangkit sebanyak 10 unit pembangkit per titik spasial untuk memenuhi 322 rumah tangga non listrik (*black out*).

5. Kesimpulan

Rata-rata kecepatan angin tahunan di Kabupaten Wakatobi berkisar antara 4-5 m/s, berada diatas standar minimal kecepatan angin untuk pembangkit listrik tahunan yakni minimal 2,5 m/s, sehingga Kabupaten Wakatobi potensial untuk pengembangan energi listrik tenaga angin. Potensi energi listrik tahunan yang dihasilkan pada Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi antara 1.921,14 - 2.379,81 KWh/years. Potensi energi listrik di Pulau Kaledupa antara 2.615,36-3.364,54 KWh/years. Potensi energi listrik Pulau Tomia sebesar 3.433,82 - 3.556,84 KWh/years. Potensi energi listrik tahunan di Pulau Binongko antara 1.921,14 - 4.076,49 KWh/years. Di Pulau Wang-Wangi, ada 992 jumlah rumah tangga yang belum teraliri listrik sehingga dibutuhkan jumlah pembangkit sebanyak 41 unit kincir angin pembangkit listrik. Di Pulau Kaledupa ada 345 rumah tangga belum teraliri listrik sehingga dibutuhkan 12 unit kincir angin pembangkit listrik. Di Pulau Tomia ada 476 rumah tangga yang belum menikmati listrik sehingga dibutuhkan 15 unit kincir, serta di Pulau Binongko ada 322 rumah tangga yang belum menikmati listrik sehingga dibutuhkan 10 unit kincir pembangkit listrik.

Penelitian berjalan atas dukungan berbagai pihak olehnya itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana hibah penelitian, pimpinan Universitas Lakidende yang memberikan motivasi, serta Bappeda Kabupaten Wakatobi dan BMKG Kota Kendari yang memberikan dukungan data dan informasi yang sangat membantu proses penelitian ini. Akhir kata, semoga penelitian bermanfaat untuk semua pihak.

Daftar Pustaka

- Akbar Rachman. (2012) *Potensi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbarukan*. Jurnal Fakultas Teknik. Universitas Jember. 68121 Indonesia.
- Bachtiar, Antonov dan Hayattui, Wahyudi. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pt. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras. *Jurnal teknik Elektro ITP*, 7(1), 35-45.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). (2015). *Potential Wind Power Generations in Indonesia (Study at 26 Locations in Indonesia)*. Jakarta: Buku Peta Potensi Energi Angin.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2018). *Kabupaten Wakatobi dalam Angka 2018*. Wangi-Wangi: BPS Kabupaten Wakatobi.
- Bahari, Samsul. (2015). Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Sekitar Sungai Nibung Kec. Teluk Pakedei Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro*. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura.
- Bappeda Kab. Wakatobi. (2012). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kab. Wakatobi Tahun 2012-2016*. Wangi-Wangi: Bappeda Wakatobi.
- Bawan, Elias K. (2009). Analisa Potensi Energi Terbarukan Di Kabupaten Kaimana Propinsi Papua Barat. *Jurnal SMARTek*, 7(2), Monokwari.
- Habibie, MN., Sasmito A., dan Kurniawan R. (2011). *Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(2), 181-187.
- Handjoko, P dan Satwiko. S. (2012). Pengukuran Arus dan Tegangan pada Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Tenaga Angin dan Tenaga Matahari) menggunakan Atmega 8535. *Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, 1(1), 1108-32-1108-36.
- Husnan, Suad. (2008). *Studi Kelayakan Proyek*, Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- Hau, Wilson. (2006). *Pengantar Teori Geofisika*, Bandung: Remaja Rosdakarya.
- John, M Sherik A. (2010). *Commercial Demonstration Project For Coal – Fired*, MHD, MSE, Inc, Butte-Montana.

- Kandary. (2011). *Pengantar Teori Agroklimatologi*, Malang: Yasaguna.
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM) RI. (2008). *Prospek Pengembangan Energi Listrik Tenaga Angin di Indonesia*. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Komite Ekonomi dan Industri Nasional (KEIN). (2019, 5 Agustus 2019). *Indonesia Terancam Krisis Listrik*. Koran Tempo. <https://bisnis.tempo.co/read/818785>.
- Nursuhud. (2008). *Kelistrikan*, Jakarta: Gramdia Pustaka Utama.
- Padmika, Made., Wibawa, I Made Satriya., dan Trisnawati, Ni Luh Putu. (2017). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Ventilator Sebagai Penggerak Generator. *Jurnal/Buletin Fisika*, 18(2), 68-73.
- Permadi, Dimas Riadi., Marsudi, Suwanto., dan Harisuseno, Donny. (2014). Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Pintu Air Bendung Mirip Mojokerto. Surabaya: Universitas Brawijaya.
- Rumbayan, M., Tangkuman, S., dan Sompie, Sherwin RU. (2018). [Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Sederhana Di Desa Lahopang Kabupaten Sitaro Provinsi Sulawesi Utara](https://doi.org/10.29313/ethos.v6i1.3542). *Ethos (Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)*, 6(1), 52-61. doi:<https://doi.org/10.29313/ethos.v6i1.3542>.
- Rustandi. (2011). *Pemanfaatan Sumber Daya Angin sebagai Tenaga Pembangkit*, Bandung: Remaja Rosda Karya.
- Suryanto, A. (2010). *Energi Pembangkit Listrik*, Jakarta: Bhuana Ilmu Populer.
- Suryantoro A, Krismianto, Muzirwan, dan Harjupa, W. (2010). Pengaruh Fenomena Monsun Asia Timur dan Tenggara Terhadap Variasi Spasial Curah Hujan Di Sumatera dan Kalimantan. *Seminar Sains I; Kontribusi Sains Atmosfer dalam Menghadapi Perubahan Iklim Indonesia*. LAPAN. Bandung.
- Sutrisna, Kadek Fendi. (2009). *Pembangkit Listrik Masa Depan Indonesia*. Bandung: Laboratorium Penelitian Konversi Energi Elektrik, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tjukup, Marnoto. 2010. Perancangan Kincir Angin Axis Vertikal Tipe Baru Untuk Generator Listrik Tenaga Angin. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* ISSN 1693 –4393. Yogyakarta.