

STUDI POTENSI ENERGI ANGIN DI KAWASAN PESISIR SUNGAI KAKAP KUBU RAYA

Muhammad Iqbal ¹⁾, Muhammad Ismail Yusuf ²⁾, Ayong Hiendro ³⁾
^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
Email: iqballazuardi1996@gmail.com

ABSTRAK

Tidak adanya data riil tentang potensi energi angin di kawasan pesisir Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, sehingga pada penelitian ini akan menentukan apakah kecepatan energi angin di lokasi tersebut layak untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui konversi energi. Penelitian ini juga membandingkan beberapa persamaan pemodelan kurva daya parametrik *polynomial linier*, *quadratic 1*, *quadratic 2*, dan *cubic* untuk menentukan metode mana yang lebih efektif dan sesuai dengan spesifikasi turbin yang digunakan. Nilai daya listrik total selama setahun menggunakan persamaan *linier* sebesar 1806920,132 Wh, dan energi listriknya sebesar 1806,920132 kWh. Nilai daya listrik total selama setahun menggunakan persamaan *quadratic 1* sebesar 623258,8124 Wh dan energi listriknya sebesar 623,2588124 kWh. Nilai daya listrik total selama setahun menggunakan persamaan *quadratic 2* sebesar 1096880,311 Wh dan energi listriknya sebesar 1096,880311 kWh. Nilai daya dan energi listrik total selama setahun menggunakan persamaan *cubic* menunjukkan hasil yang minus sehingga persamaan tersebut tidak cocok dengan spesifikasi turbin yang digunakan. Hasil energi listrik yang digunakan adalah hasil energi listrik total selama setahun menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic 1*. Konversi energi angin menjadi energi listrik tersebut masuk kategori angin kelompok II, kondisi ini cukup baik sebagai penggerak sistem konversi energi listrik skala kecil dan keperluan pemompaan.

Kata Kunci : Energi Angin, Sungai Kakap, Parametrik *Polynomial*

1. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa penelitian terdahulu tentang kajian potensi energi angin, namun penelitian itu dilakukan pada tempat dan metode yang berbeda-beda. Diantaranya adalah penelitian tentang potensi energi listrik tenaga angin di kota Pontianak, dalam penelitian ini penulis menggunakan metode pengolahan data primer yang diukur menggunakan anemometer pada empat wilayah di kota Pontianak, yaitu ; Kecamatan Pontianak Tenggara, Pontianak Utara, Pontianak Kota, dan Pontianak Selatan. Hasil dari penelitian ini daya turbin yang paling kecil 0,06 watt/hari di pepohonan dan yang paling besar 429,5 watt per hari di perkebunan. Berarti energi listrik di wilayah tersebut kecepatan anginnya rendah [1].

Selanjutnya penelitian tentang perhitungan potensi energi angin di Kalimantan Barat. Penelitian ini dilakukan di 14 kabupaten/kota dengan total 84 titik penelitian dengan ketinggian 10 mdpl dari tahun 2015 s.d 2016 yang diunduh dari website resmi satelit NOAA. Sehingga didapati hasil bahwa rata-rata daya listrik tertinggi pada musim Barat, musim Timur dan musim Peralihan II per wilayah di Kalimantan Barat berada di kabupaten Ketapang dengan nilai berturut-turut yaitu 562,22 Watt, 1013,39 Watt dan 173,18 Watt. Rata-rata daya listrik yang sangat rendah ditunjukkan pada musim peralihan I di wilayah Kalimantan Barat yang hanya berkisar 0,1 sampai dengan 0,771 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut daya listrik tertinggi berada di Kabupaten Ketapang pada musim Timur dengan nilai sebesar 1013,39 Watt [2].

Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa pada lokasi-lokasi tersebut dinilai belum berpotensi

besar menghasilkan daya listrik kontinu di Kalimantan Barat. Sehingga pada penelitian kali ini, penulis akan melakukan penelitian tentang studi potensi energi angin dengan metode dan lokasi yang berbeda. Metode yang akan penulis gunakan yaitu menggunakan bagian dari pendekatan model parametrik *polynomial* yaitu model *linier*, *quadratic 1*, *quadratic 2*, dan *cubic* dimana metode tersebut merupakan bagian dari berbagai literatur untuk pemodelan kurva daya turbin angin. Kemudian lokasi yang akan penulis lakukan penelitian adalah di pesisir pantai desa Sungai Kupah, Kec. Sungai Kakap, Kab. Kubu Raya. Alasan mengapa tempat tersebut menjadi lokasi penelitian adalah karena belum adanya data riil tentang potensi energi angin di lokasi tersebut, serta lokasinya yang berada di pesisir pantai juga diperkirakan memiliki potensi energi angin yang cukup besar. Faktor lainnya juga yaitu pada lokasi tersebut terdapat taman wisata *mangrove* yang pada beberapa tahun mendatang akan mengalami peningkatan dari segi fasilitas, infrastruktur dan sebagainya berdasarkan informasi yang penulis dapatkan dari pengelola wisata di lokasi tersebut. Sejalan dengan hal itu, otomatis akan berdampak pada penyediaan listrik untuk menopang fasilitas dan infrastruktur tersebut. Sehingga dengan penelitian studi potensi energi angin yang akan penulis lakukan ini, juga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk penyediaan listrik pada peningkatan fasilitas wisata di lokasi tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat beberapa penelitian tentang studi potensi energi angin di wilayah Kalimantan Barat seperti yang telah dijelaskan pada *point* sebelumnya, maka penelitian

yang akan dilakukan memiliki perbedaan pada lokasi yang akan di teliti, parameter, serta metode yang akan digunakan. Lokasi yang akan diteliti yaitu kawasan pesisir pantai desa Sungai Kupah, Kec. Sungai Kakap, Kab. Kubu Raya.

2.1. Teori Energi Angin

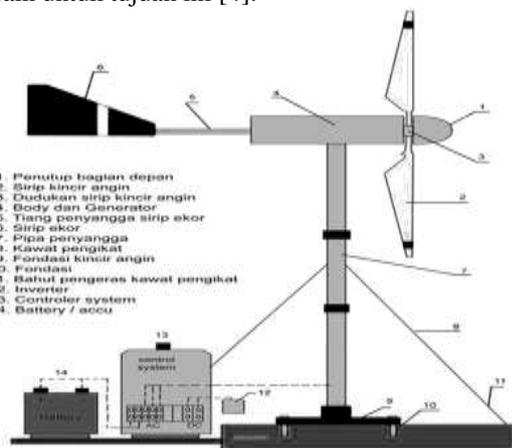
Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi [3].

Tabel 1. Kondisi angin

kelas angin	kecepatan angin (m/s)	kecepatan angin (km/h)	kecepatan angin (knot/h)
1	0,3 - 1,5	1 - 5,4	0,58 - 2,92
2	1,6 - 3,3	5,5 - 11,9	3,11 - 6,42
3	3,4 - 5,4	12,0 - 19,5	6,61 - 10,5
4	5,5 - 7,9	19,6 - 28,5	10,7 - 15,4
5	8,0 - 10,7	28,6 - 38,5	15,6 - 20,8
6	10,8 - 13,8	38,6 - 49,7	21 - 26,8
7	13,9 - 17,1	49,8 - 61,5	27 - 33,3
8	17,2 - 20,7	61,6 - 74,5	33,5 - 40,3
9	20,8 - 24,4	74,6 - 87,9	40,5 - 47,5
10	24,5 - 28,4	88,0 - 102,3	47,7 - 55,3
11	28,5 - 32,6	102,4 - 117,0	55,4 - 63,4
12	>32,6	>118	>63,4

2.2. Turbin Angin

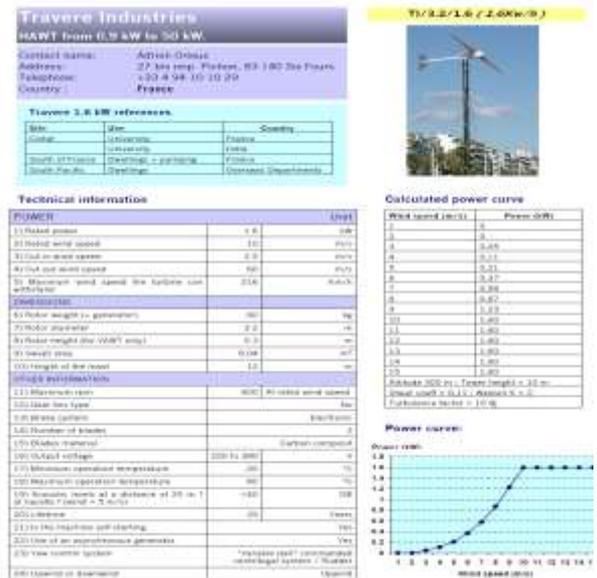
Angin yang bergerak membawa suatu bentuk energi yang dikenal dengan energi kinetik. Energi kinetik ini memiliki potensi untuk diubah menjadi bentuk energi lain yang lebih bermanfaat seperti energi listrik. Untuk tujuan ini sebuah sistem yang mampu mengubah energi gerak atau energi kinetik yang dibawa oleh angin, menjadi energi listrik, akan diperlukan. Turbin angin atau kincir angin yang dilengkapi dengan sebuah generator listrik merupakan bentuk teknologi yang didisain untuk tujuan ini [4].



Gambar 1. Sketsa kincir angin

2.3. Wind Turbine TI/3.2/1.6 (1.6Kw/h)

Pada penelitian di daerah pesisir pantai yang kemungkinan energi angin yang akan dihasilkan cukup besar maka dipilihlah jenis turbin angin *Double bladed* (turbin angin dua sudu) dengan kapasitas kekuatan 1600 (seribu enam ratus) W yang bernama *Wind Turbine TI/3.2/1.6* (1.6 Kw/h) yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :



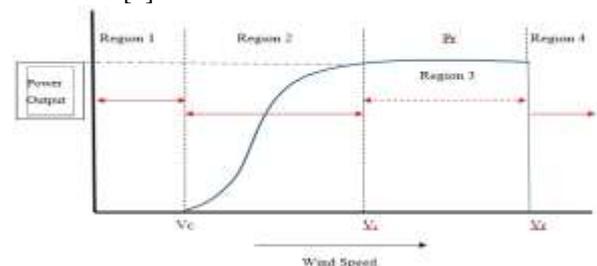
Gambar 2. Wind Turbine TI/3.2/1.6 (1.6 Kw/h) [5]

2.4. Windrose (Mawar Angin)

Windrose adalah sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusikan di sebuah lokasi dalam periode tertentu. *Windrose* merupakan representasi yang sangat bermanfaat karena dengan jumlah data yang sangat banyak namun dapat diringkas dalam sebuah diagram. Cara untuk menampilkan data angin bervariasi beberapa penyajian menunjukkan kelebihan daripada yang lain.. *Windrose* menampilkan frekuensi dari arah mana angin berhembus. Panjang dari masing-masing kriteria yang mengelilingi lingkaran diasumsikan sebagai frekuensi waktu dimana angin berhembus dari arah tertentu [6].

2.5. Pendekatan Model Kurva Daya

Terdapat berbagai macam model pendekatan telah digunakan dalam literatur untuk pemodelan kurva daya turbin angin. Dari berbagai macam model pendekatan tersebut memiliki kelebihan, kekurangan, dan batasan penggunaannya. Namun pada penelitian ini penulis hanya akan menggunakan bagian dari pendekatan model parametrik *polynomial* yaitu model *linier*, *quadratic*, dan *cubic* [7].



Gambar 3. Kurva daya turbin angin

Daya keluaran dari turbin angin yang terletak dalam aliran angin berdasarkan perumusan menggunakan model *linier* dapat dinyatakan pada persamaan sebagai berikut [7]:

$$Linier : P = \begin{cases} 0 & v < v_c, v > v_f \\ P_r \left(\frac{(v-v_c)}{(v_r-v_c)} \right) & v_c < v < v_r \\ P_r & v_r \leq v \leq v_f \end{cases} \quad (1)$$

Sedangkan untuk daya keluaran dari turbin angin yang terletak dalam aliran angin berdasarkan perumusan menggunakan model *quadratic* 1 dapat dinyatakan pada persamaan berikut [7]:

$$Quadratic 1 : P = \begin{cases} 0 & v < v_c, v > v_f \\ P_r \left(\frac{(v-v_c)}{(v_r-v_c)} \right)^2 & v_c < v < v_r \\ P_r & v_r \leq v \leq v_f \end{cases} \quad (2)$$

Karena ditemukan persamaan model *quadratic* pada sumber yang berbeda, dan juga memiliki bentuk persamaan yang berbeda dengan model *quadratic* sebelumnya, maka penulis menambahkan persamaan *quadratic* 2 yang dinyatakan sebagai berikut [8] :

$$Quadratic 2 : P = \begin{cases} 0 & v < v_c, v > v_f \\ P_r \left(\frac{(v^2-v_c^2)}{(v_r^2-v_c^2)} \right) & v_c < v < v_r \\ P_r & v_r \leq v \leq v_f \end{cases} \quad (3)$$

Model berdasarkan hukum kubik mendekati wilayah 2 dari kurva daya oleh hukum kubik. Model ini menggambarkan hubungan kecepatan angin dengan daya *nonlinier* oleh a. Daya keluaran turbin angin yang terletak dalam aliran angin berdasarkan perumusan menggunakan model *cubic* dapat dinyatakan pada persamaan berikut [7]:

$$Cubic : P = \begin{cases} 0 & v < v_c, v > v_f \\ a v^3 - b P_r & v_c < v < v_r \\ P_r & v_r \leq v \leq v_f \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Dengan nilai } a = \frac{P_r}{(v_r^3 - v_c^3)} \quad \& \quad b = \frac{v_r^3}{(v_r^3 - v_c^3)}$$

2.6. Energi Listrik Keluaran Generator

Energi sesaat yang dihasilkan oleh sebuah generator adalah perkalian daya dengan waktu, yakni [9]:

$$E = P \cdot t \quad (5)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini, bahan penelitian yaitu berupa data kecepatan angin selama 12 bulan yaitu dari bulan Agustus 2018 s.d Juli 2019 yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Kota Pontianak. Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan program *WRPLOT* untuk mendapatkan gambaran *windrose* pada lokasi penelitian, dan kemudian data tersebut juga diolah menggunakan formulasi-formulasi yang telah penulis sediakan untuk mendapatkan hasil daya dan energi listrik perjam selama 12 bulan.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan pada pesisir pantai desa Sungai Kupah, Kec. Sungai Kakap, Kab. Kubu Raya yaitu dengan titik koordinat 00°01'55.4"N 109°10'11.3"E. Pada lokasi penelitian ini terdapat

sebuah menara suar yang bernama Tanjung Intan dan juga tempat wisata taman *mangrove*. Berdasarkan hasil diskusi yang kami lakukan dengan seorang pengelola wisata setempat, fasilitas wisata yang terdapat di lokasi tersebut akan ditingkatkan pada tahun mendatang. Peningkatan fasilitas tersebut seperti penambahan tempat makan, tempat bersantai dan sebagainya. Sejalan dengan hal tersebut otomatis akan berdampak pada penyediaan listrik untuk menopangnya. Sehingga dengan penelitian ini, dapat menjadi bahan pertimbangan untuk penyediaan listrik pada peningkatan fasilitas wisata di lokasi tersebut. Penelitian ini dilakukan dari bulan September 2019 sampai bulan Januari 2020.

3.3. Metode Penelitian

Pada penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa metode yang akan menunjang penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya adalah dengan melakukan Studi literatur yaitu mencari teori-teori pendukung mengenai dasar energi angin, asal energi angin, turbin angin, potensi tenaga angin, teknologi turbin angin, *windrose* (mawar angin), koversi energi angin, pendekatan model kurva daya, cara perhitungan untuk mendapatkan daya dan energi listrik selama setahun, buku-buku referensi dan jurnal ilmiah yang kredibel.

Tahapan selanjutnya yaitu pengumpulan data dilakukan dengan mendapatkan data kecepatan angin selama 12 bulan dari Stasiun Meteorologi Maritim Kota Pontianak.

Pada penelitian tugas akhir ini, setelah mendapatkan data kecepatan angin dari Stasiun Meteorologi Maritim Kota Pontianak , kemudian data tersebut diolah menggunakan formulasi-formulasi yang telah penulis sediakan untuk mendapatkan gambaran *windrose*, daya listrik dan energi listrik selama 12 bulan.

Tahapan terakhir adalah penarikan kesimpulan yang dilakukan setelah membandingkan data yang diperoleh dari masing-masing pengujian menggunakan formulasi-formulasi yang telah disediakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Daya Listrik Menggunakan Persamaan Parametrik *Polynomial Linier*, *Quadratic 1*, *Quadratic 2*, dan *Cubic*

Setelah sebelumnya penulis mendapatkan data kecepatan angin perjam selama 12 (dua belas) bulan yakni dari bulan Agustus 2018 sampai dengan Juli 2019, kemudian penulis mengolah data perjam tersebut dan menjadikannya nilai daya listrik keluaran generator perjam menggunakan persamaan (1). Sehingga didapatlah nilai daya listrik perjam pada pukul 00.00-01.00 tanggal 1 (satu) Agustus 2018 melalui persamaan (1) sebesar 543,4626 W. Dengan menggunakan persamaan yang sama, dilanjutkan mencari nilai daya listrik perjam selama 12 bulan.

Pencarian nilai daya listrik perjam selama 12 bulan tersebut juga berlaku pada persamaan (2) yang mendapatkan hasil sebesar 184,594626 W dan menggunakan persamaan (3) didapatkan hasil sebesar 328, 1417276 W.

Selanjutnya adalah nilai daya listrik yang dihasilkan perjam yaitu pukul 00.00-01.00 tanggal 1 (satu) agustus

2018 melalui persamaan (4) yaitu sebesar -1623,77143 W. Perhitungan daya listrik menggunakan persamaan cubic menghasilkan daya listrik yang minus begitu pula pada perhitungan selanjutnya, sehingga penulis tidak mencantumkan hasil energi listrik yang didapatkan dan juga tidak menampilkan gambaran kurva dayanya. Hasil daya listrik yang minus tidaklah logis untuk mencari energi listrik keluaran generator dan kurva dayanya, karena hal tersebut melanggar kaidah dari indikator-indikator yang harus sesuai untuk mendapatkan hasil energi listrik dan kurva daya itu sendiri.

4.2. Perhitungan Energi Listrik Keluaran Generator

Perhitungan energi listrik keluaran generator adalah perkalian daya perjam yang diperoleh dengan waktu dalam jam. Perhitungan energi listrik tersebut menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

A. Perhitungan Energi Listrik Keluaran Generator dengan Nilai Daya Listrik menggunakan Persamaan Parametrik *Polynomial Linier*

Energi sesaat yang dihasilkan oleh sebuah generator adalah perkalian daya dengan waktu seperti yang ditunjukkan pada persamaan (5). Sehingga dari hasil daya listrik keluaran generator (P) perjam yang telah diketahui, dapat ditentukan energi listrik keluaran generator sesaat menggunakan persamaan (5) pada pukul 00.00-01.00 tanggal 1 (satu) agustus 2018 sebesar 0,5434624 kWh. Selanjutnya nilai energi listrik perjam tersebut dijumlahkan menjadi energi listrik perhari, dan kemudian ditambahkan menjadi energi listrik perbulan.

B. Perhitungan Energi Listrik Keluaran Generator dengan Nilai Daya Listrik Menggunakan Persamaan Parametrik *Polynomial Quadratic 1*

Energi sesaat yang dihasilkan oleh sebuah generator adalah perkalian daya dengan waktu seperti yang ditunjukkan pada persamaan (5). Sehingga dari hasil daya listrik keluaran generator (P) perjam yang telah diketahui, dapat ditentukan energi listrik keluaran generator sesaat menggunakan persamaan (5) pada pukul 00.00-01.00 tanggal 1 (satu) agustus 2018 sebesar 0,1845946 kWh. Selanjutnya nilai Energi listrik perjam tersebut dijumlahkan menjadi energi listrik perhari, dan kemudian ditambahkan menjadi energi listrik perbulan.

C. Perhitungan Energi Listrik Keluaran Generator dengan Nilai Daya Listrik Menggunakan Persamaan Parametrik *Polynomial Quadratic 1*

Energi sesaat yang dihasilkan oleh sebuah generator adalah perkalian daya dengan waktu seperti yang ditunjukkan pada persamaan (5). Sehingga dari hasil daya listrik keluaran generator (P) perjam yang telah diketahui, dapat ditentukan energi listrik keluaran generator sesaat menggunakan persamaan (5) pada pukul 00.00-01.00 tanggal 1 (satu) agustus 2018 sebesar 0,3281417 kWh. Selanjutnya nilai Energi listrik perjam tersebut dijumlahkan menjadi energi listrik perhari, dan kemudian ditambahkan menjadi energi listrik perbulan

D. Perhitungan Energi Listrik Setahun

Perhitungan energi listrik setahun adalah penjumlahan energi listrik keluaran generator perjam selama satu tahun. Pada bagian ini penulis akan

menampilkan data tabel penjumlahan energi listrik selama beberapa bulan dalam satu tahun menggunakan persamaan (6) dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Energi listrik setahun menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier*

No	Energi Listrik Setahun Menggunakan Rumus Parametrik <i>Polynomial Linier</i>	
	Waktu (bulan)	Energi Listrik Perbulan (KWh)
1	Agu-18	256,1354752
2	Sep-18	170,6751616
3	Okt-18	19,89925973
4	Nov-18	52,320576
5	Des-18	145,4282112
6	Jan-19	281,9881429
7	Feb-19	89,45629013
8	Mar-19	97,46726827
9	Apr-19	47,26742614
10	Mei-19	45,20028587
11	Jun-19	190,0920064
12	Jul-19	410,9900288
Total Energi Listrik dalam Setahun (KWh)		1806,920132

Tabel 3. Energi listrik setahun menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic 1*

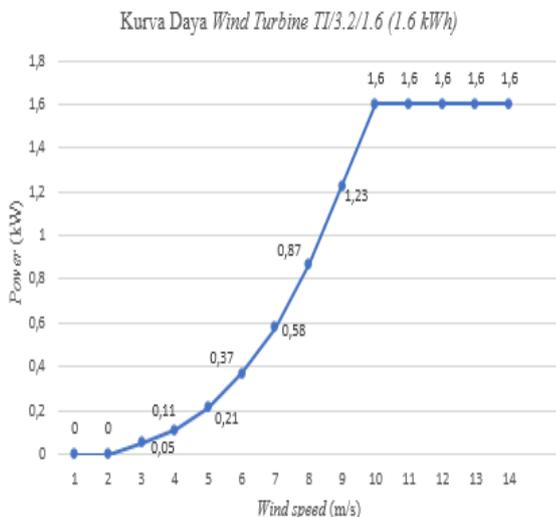
No	Energi Listrik Setahun Menggunakan Rumus Parametrik <i>Polynomial Quadratic 1</i>	
	Waktu (bulan)	Energi Listrik Perbulan (KWh)
1	Agu-18	61,53078592
2	Sep-18	56,78913203
3	Okt-18	2,676839064
4	Nov-18	11,59641301
5	Des-18	53,02759089
6	Jan-19	108,7432324
7	Feb-19	19,3600214
8	Mar-19	20,57810095
9	Apr-19	14,96314203
10	Mei-19	6,256494724
11	Jun-19	76,10694542
12	Jul-19	191,6301145
Total Energi Listrik dalam Setahun (KWh)		623,2588123

Tabel 4. Energi listrik setahun menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic 2*

No	Energi Listrik Setahun Menggunakan Rumus Parametrik <i>Polynomial Quadratic 2</i>	
	Waktu (bulan)	Energi Listrik Perbulan (KWh)
1	Agu-18	139,3727
2	Sep-18	102,34354
3	Okt-18	9,6003068
4	Nov-18	27,886078
5	Des-18	89,987839
6	Jan-19	178,0412
7	Feb-19	47,39853
8	Mar-19	51,38751
9	Apr-19	27,884856
10	Mei-19	21,834011
11	Jun-19	121,76966
12	Jul-19	279,37408
Total Energi Listrik dalam Setahun (KWh)		1096,880311

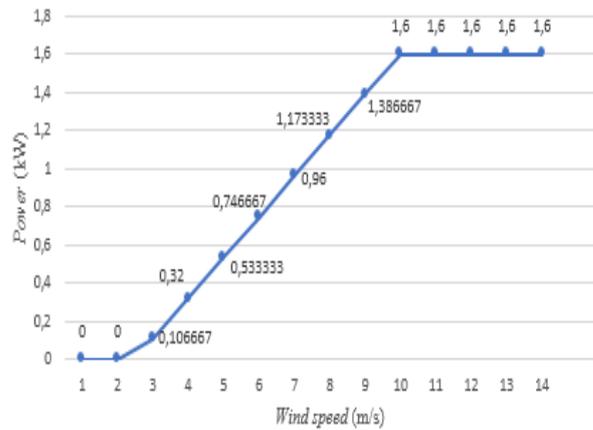
E. Kurva Daya dan Energi Listrik

Gambaran pemodelan kurva daya turbin angin dimaksudkan agar kita bisa melihat dan mengetahui dengan sederhana kinerja dari sebuah turbin angin dengan kecepatan angin tertentu dapat menghasilkan daya berapa. Pada *point* ini penulis akan menampilkan pemodelan kurva daya *Wind Turbine TI/3.2/1.6* (1.6 kWh), gambaran pemodelan kurva daya menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier*, dan gambaran pemodelan kurva daya menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic 1* dan 2. Gambaran pemodelan kurva daya tersebut diperlihatkan pada beberapa gambar berikut ini :



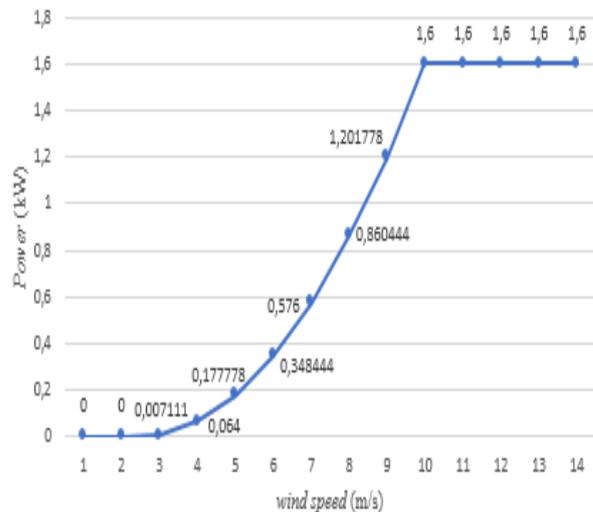
Gambar 4. Kurva daya *Wind Turbine TI/3.2/1.6* (1.6 kWh)

Kurva Daya Menggunakan Persamaan Parametrik *Polynomial Linier*



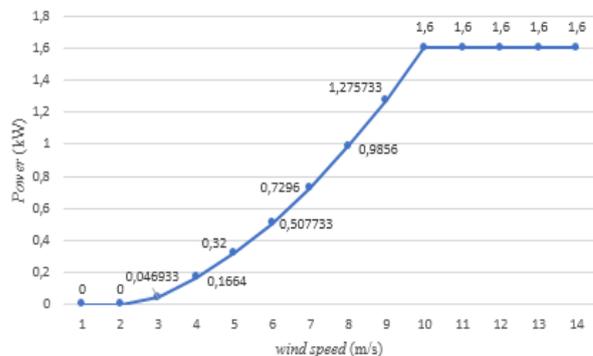
Gambar 5. Kurva daya menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier*

Kurva Daya Menggunakan Persamaan Parametrik *Poynomial Quadratic 1*



Gambar 6. Kurva daya menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic 1*

Kurva Daya Menggunakan Persamaan Parametrik *Poynomial Quadratic 2*



Gambar 7. Kurva daya menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic 2*

Dari beberapa gambaran kurva daya yang sudah diperlihatkan, maka kita dapat mengetahui bahwa gambar kurva daya yang mendekati gambar kurva daya *Wind Turbine TI/3.2/1.6* (1.6 kWh) adalah gambaran

kurva daya menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1 dan 2. Hal itu terlihat dengan bentuk kurva keduanya yang hampir sama dengan bentuk kurva daya *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh).

Berbeda halnya dengan persamaan parametrik *polynomial linier* yang memiliki bentuk kurva daya yang sedikit jauh berbeda dengan kurva daya *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh). Sebagai contoh pada kecepatan angin 9 m/s, daya yang dihasilkan pada pada *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) adalah 1,23 kW sedangkan pada persamaan parametrik *polynomial linier* menghasilkan daya 1,388667 kW.

Sehingga dari pemaparan di atas, dapat diketahui bahwa persamaan yang lebih sesuai dan efektif digunakan untuk spesifikasi turbin angin jenis *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) adalah dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic*. Hal tersebut dikarenakan bentuk kurva daya dari keduanya yang hampir sama dengan bentuk kurva daya *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) serta dengan kecepatan angin yang sama menghasilkan daya yang hampir mendekati dan tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier*.

Walaupun gambar kurva daya persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1 dan *quadratic* 2 memiliki bentuk kurva daya yang hampir sama dengan kurva daya *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) tapi hasil daya dan energi listrik yang didapatkan persamaan *polynomial quadratic* 1 dan *quadratic* 2 memiliki perbedaan yang signifikan. Dimana total energi listrik setahun yang didapatkan dengan persamaan *quadratic* 1 sebesar 623,2588123 kWh, sedangkan total energi listrik setahun yang didapatkan menggunakan persamaan *quadratic* 2 sebesar 1096,880311 kWh.

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan tentang kelompok kondisi angin di Indonesia, sehingga berlandaskan hal tersebut penulis menyimpulkan bahwa persamaan yang sesuai dengan spesifikasi *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) adalah persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1. Kecepatan angin rata-rata selama setahun yang telah didapatkan pada *point* sebelumnya yaitu sebesar 3,12687 m/s dan menghasilkan energi listrik sebesar 623,2588123 kWh sesuai dengan kaidah kelompok angin yang telah dibahas pada bab sebelumnya yang masuk potensi angin kelompok II. Sedangkan dengan persamaan parametrik *polynomial quadratic* 2 dengan kecepatan angin rata-rata setahun yang sama, menghasilkan energi listrik sebesar 1096,88031 kWh dan hal tersebut tidak sesuai dengan kaidah kondisi kelompok angin berdasarkan landasan ilmiah yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan perhitungan dari data sekunder kecepatan dan arah angin yang bersumber dari Stasiun Meteorologi Maritim Kota Pontianak terhadap spesifikasi *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan angin rata-rata setahun menggunakan data sekunder dari Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak pada ketinggian 10 meter di desa Sungai

Kupah, Kec. Sungai Kakap, Kab. Kubu Raya adalah sebesar 3,12687 dimana kecepatan angin rata-rata tersebut masuk dalam kategori angin kelas 3 (tiga) yang masih bisa dimanfaatkan potensinya.

2. Berdasarkan hasil dari gambaran *windrose* (mawar angin), kecepatan angin yang paling dominan adalah kecepatan angin yang berkisar antara 2,10 m/s s.d 3,60 m/s dengan persentase 37,3% yang sebenarnya berasal dari berbagai penjuror arah namun lebih dominan dari arah selatan. Sehingga pemasangan turbin angin harus diarahkan pada arah selatan agar energi angin yang didapatkan lebih optimal.
3. Nilai daya listrik total selama setahun yang didapat dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier* adalah sebesar 1806920,132 Wh. Sedangkan untuk energi listrik total selama setahun adalah sebesar 1806,920132 kWh. Nilai daya listrik total selama setahun yang didapat dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1 adalah sebesar 623258,8124 Wh. Sedangkan energi listrik total selama setahun yang dihasilkan sebesar 623,2588124 kWh. Nilai daya listrik total selama setahun yang didapat dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic* 2 adalah sebesar 1096880,311 Wh. Sedangkan energi listrik total selama setahun yang dihasilkan sebesar 1096,880311 kWh.
4. Daya listrik yang didapat dengan menggunakan persamaan *cubic* menghasilkan nilai yang minus seluruhnya, sehingga penulis tidak menghitung energi listrik dan membuat bentuk kurva dayanya karena dengan hasil tersebut sudah tidak sesuai dengan kaidah daya listrik yang tidak mungkin hasilnya minus. Hal tersebut dikarenakan persamaan *cubic* tidak cocok digunakan dengan kecepatan angin yang terbilang cukup kecil dan spesifikasi turbin yang penulis gunakan.
5. Dari gambaran kurva daya turbin angin menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier* dan parametrik *polynomial quadratic*, maka persamaan yang lebih sesuai dan efektif digunakan untuk turbin angin *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) adalah dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic*. Hal itu dikarenakan bentuk kurva daya dengan menggunakan persamaan *polynomial quadratic* dan kurva daya *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) yang bentuknya hampir sama dan dengan kecepatan angin yang sama menghasilkan daya yang hampir mendekati serta tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial linier*.
6. Walaupun gambar kurva daya persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1 dan *quadratic* 2 memiliki bentuk kurva daya yang hampir sama dengan kurva daya *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) tapi hasil daya dan energi listrik yang didapatkan persamaan *polynomial quadratic* 1 dan *quadratic* 2 memiliki perbedaan yang signifikan. Dimana total energi listrik setahun yang didapatkan dengan persamaan *quadratic* 1 sebesar 623,2588123 kWh, sedangkan total energi listrik setahun yang didapatkan

menggunakan persamaan *quadratic* 2 sebesar 1096,880311 kWh.

7. Berdasarkan potensi kelompok angin di Indonesia, maka persamaan yang sesuai digunakan pada spesifikasi *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) adalah persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1. Karena dengan kecepatan angin rata-rata setahun sebesar 3,12687 m/s dan energi listrik total setahun sebesar 623,2588123 kWh masuk kelompok angin kelas II. Sedangkan dengan persamaan *polynomial quadratic* 2 dengan kecepatan angin yang sama, menghasilkan energi listrik 1096,88031 kWh. Dimana seharusnya dengan hasil energi listrik yang didapatkan tersebut masuk kategori angin kelompok III, tapi kecepatan angin rata-rata setahun yang didapatkan tidak sesuai dengan hasil energi listrik setahun yang dihasilkan.
8. Dari data kecepatan angin yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak selama setahun yang diaplikasikan pada spesifikasi *Wind Turbine* TI/3.2/1.6 (1.6 kWh) dengan menggunakan persamaan parametrik *polynomial quadratic* 1 dapat menghasilkan energi listrik sebesar 623,2588124 kWh, maka konversi energi angin menjadi energi listrik tersebut masuk kelompok angin kelas II yang dimana kondisi ini cukup baik sebagai penggerak sistem konversi energi listrik skala kecil dan untuk keperluan pemompaan.

REFERENSI

- [1] Zora Ulva Adlina, Andi Ihwan, Apriansyah. 2018. Potensi Energi Listrik Tenaga Angin di Kota Pontianak. *Jurnal Fisika*. Jurusan Fisika. FMIPA. Universitas Tanjungpura, Vol.VI, No 01, Hal. 22-25. ISSN: 2337-8204.
- [2] Irine Rahmani Utami Ar, Muh. Ishak Jumarang, Apriansyah. 2018. Perhitungan Potensi Energi Angin di Kalimantan Barat. *Jurnal Fisika*. Program Studi Fisika. FMIPA. Universitas Tanjungpura, Vol.VI, No. 01, Hal. 65-69. ISSN: 2337-8204.
- [3] M. Najib Habibie, Achmad Sasmito, Roni Kurniawan. 2011. Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol.12, No. 2, Hal. 181-187.
- [4] Sunardi. 2012. *Fisika Berbasis Pendidikan Karakter Bangsa*. Bandung : PT Srikandi Empat Widya Utama.
- [5] *Catalogue of European Urban Wind Turbine Manufacturers*. 2018
- [6] HL Crutcher. 1956. On The Standard Vector-Deviation Wind Rose. *Jurnal Of Meteorology*. United States, Vol.14, Hal. 28-33.
- [7] Vaishali Sohoni, S.C. Gupta, R.K. Nema. 2016. A Critical Review on Wind Turbine Power Curve Modelling Techniques and Their Applications in Wind Based Energy Systems. *Journal of Energy*. Department of Electrical Engineering. Maulana Azad National Institute of Technology. Bhopal 46205. India.
- [8] Alhassan Ali Teyabeen, Fathi Rajab Akbari, Ali Elseddig Jwaaid. 2017. Power Curve Modelling for Wind Turbines. UKSim-AMSS 19th International Conference on Modelling & Simulation.
- [9] Douglas C.Giancoli. 1998. *Physics for Scientist and Engineer*. Second Edition. Prentice Hall College Div.



BIOGRAFI

Muhammad Iqbal, lahir di Desa Tanjung Merpati, Kec. Kembayan, Kab. Sanggau, Kalimantan Barat, Indonesia, 8 Oktober 1996. Menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 09 Tanjung Merpati lulus tahun 2008 dan melanjutkan jenjang pendidikan di SMP Negeri 1 Kembayan lulus tahun 2011, kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Kembayan lulus tahun 2014. Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2020.

ABSTRACT

There is no real data about the potential of wind energy in the coastal area of the Sungai Kakap, Kubu Raya Regency, so this research will determine whether the speed of wind energy in the location is feasible to be used as a source of electrical energy through energy conversion. This study also compares several equations for modeling the linear polynomial, quadratic 1, quadratic 2, and cubic parametric power curves to determine which method is more effective and by the specifications of the turbine used. The total electrical power value for a year uses a linear equation of 1806920.132 Wh, and the electrical energy of 1806.920132 kWh. The total electrical power value for a year using the quadratic 1 equation is 623258,8124 Wh and the electrical energy is 623,2588124 kWh. The total electrical power value for a year uses the quadratic 2 equation of 1096880,311 Wh and the electrical energy of 1096,880311 kWh. The value of total electrical power and energy for a year using cubic equations shows a minus result so that the equation does not match the specifications of the turbine used. The result of electrical energy used is the result of total electrical energy for a year using the polynomial quadratic parametric equation 1. The conversion of wind energy into electrical energy is included in the category of wind group II, this condition is quite good as a driving force for small-scale electrical energy conversion systems and pumping requirements.

Keywords: Wind Energy, Sungai Kakap, Polynomial Parametric