

Analisa Regresi Kecepatan Angin Terhadap Daya Turbin Angin VAWT Tipe Darrieus-Savonius di Kualanamu Sumatera Utara

Arfian Arief^{1*}

Email: arfianarief@umsu.ac.id

Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217 Medan, Sumatera Utara

Irham Magamar Siregar²

Email: isiregar@gmail.com

Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217 Medan, Sumatera Utara

Suwarno³

Email: suwarno@umsu.ac.id

Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217 Medan, Sumatera Utara

ABSTRAK

Efektivitas penggunaan energi angin sangat tergantung pada desain turbin angin yang digunakan. Turbin angin mampu menghasilkan energi dari hembusan angin secara optimal jika desain turbin yang digunakan benar. Turbin angin Darrieus-Savonius (DS) telah banyak banyak dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja turbin yang telah dirancang. Turbin angin DS merupakan gabungan dari dua jenis turbin angina, yaitu turbin Darrieus-Savonius, kedua turbin tersebut sengaja dikembangkan agar dapat memulai dengan kecepatan angina rendah dan mampu mengekstraksi kecepatan mesin menjadi energy dengan baik dengan kecepatan angina tinggi melalui Cherrie Darrieus. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis performa turbin DS pada kecepatan angin yang akan diberi energy melalui putaran turbin dan daya yang akan di bangkitkan. Turbin angin DS dirancang untuk mulai berputar dengan kecepatan 8,7 m/s dengan kecepatan angina, sedangkan C_p maksimum yang dihasilkan oleh turbin adalah 0,4. Data dihasilkan dari percobaan kecepatan angina dan jumlah putaran turbin, kemudian data tersebut dianalisis menggunakan metode statistic untuk mendapatkan persamaan regresi.

Kata Kunci : turbin angina VAWT, darrieus-savonius

Pendahuluan

Angin di konversikan menjadi energi listrik dengan bantuan turbin angin. Turbin angin dapat mengkonversi energi angin menjadi energi mekanik kemudian memproduksi listrik [1,2]. Ada dua jenis turbin angin yaitu: horizontal-axis wind turbine (HAWT) dan vertical-axis wind turbine (VAWT). Turbin Darrieus merupakan salah satu golongan turbin jenis VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) tipe lift yang dikembangkan oleh Georges Jean Marie Darrieus pada tahun 1931. Turbin ini memiliki keunggulan diantaranya tidak terlalu memperhitungkan arah aliran karena bentuknya yang simetri, mampu beroperasi pada head dan kecepatan yang rendah, sedangkan kelemahannya adalah ketidakmampuan melakukan self-starting pada kecepatan angin yang rendah. Turbin golongan VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) jenis lainnya adalah tipe drag. Salah satu contohnya adalah turbin savonius. Turbin ini ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Kelebihan dari turbin ini adalah kemampuan self-starting dengan kecepatan angin yang kecil, sedangkan kelemahannya adalah kecepatan putaran maksimum dari rotor yang tidak dapat melebihi kecepatan angin [3]. Oleh karena itu, telah banyak penelitian untuk memodifikasi blade turbin savonius dengan cara mengkombinasikan model konvensional circles shaped dengan model elips concave-elliptical seperti yang telah dilakukan oleh [4] untuk dianalisa pengaruh kombinasi blade turbin terhadap kinerja turbin savonius. Semakin pesatnya

perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan menjadikan manusia berlomba untuk menciptakan atau mengembangkan teknologi yang ada [5]. Pengembangan teknologi dimaksudkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal namun dengan biaya yang lebih efisien. Salah satu contohnya adalah pengembangan energi fosil. Pengembangan energi fosil dilakukan untuk mengurangi penggunaan energi fosil secara terus-menerus tanpa memikirkan energi alternatif lainnya[6]. Salah satu pengembangan energi terbarukan yang sedang dilakukan untuk mengurangi pemakaian energi yang bersifat minim limbah dan digunakan secara gratis adalah pengembangan energi angin. Pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi di dunia khususnya di Indonesia bukan tidak mungkin dikembangkan lebih lanjut. Potensi angin yang melimpah di kawasan pesisir pantai Indonesia merupakan salah satu tempat yang berpotensi untuk pengembangan energi angin[8,9].

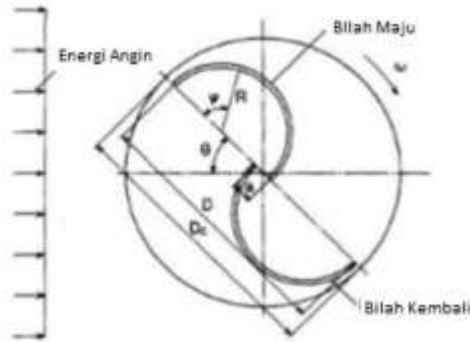
Dasar Teori

Analisis regresi untuk menentukan korelasi pembebanan terhadap daya dan torsi turbin juga pernah dilakukan, penelitian dilakukan untuk mengukur kemampuan pembangkit listrik turbin pelton dan menganalisis sistem kerjanya, menganalisis hubungan antara daya pengisian alternator terhadap jumlah lampu. Pendekatan regresi dianggap telah memadai untuk memberikan kesimpulan bahwa diperoleh hasil yang baik antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran Berdasarkan sejumlah penelitian yang telah dilakukan, baik secara numerik maupun eksperimen, bisa diketahui bahwa belum ada peneliti yang membuat turbin gabungan variasi *2-blade darrieus* dan *2- bucket savonius*. Oleh karena itu, turbin yang telah didesain akan dikaji secara *experimental* pada paper ini. Kemudian dikaji secara statistik hubungan antara kecepatan angin dengan putaran turbin yang telah dihasilkan. Kajian statistik diperlukan dalam merancang suatu *experimental* dan pengambilan sampel[10].

Analisis regresi juga digunakan untuk memperkirakan daya turbin angin dengan cara membandingkannya dengan suatu model yang telah dibuat. Pada penelitian ini, Analisis regresi dilakukan untuk menentukan hubungan antara kecepatan angin dengan daya turbin yang dibangkitkan kemudian dibandingkan hasilnya dengan penelitian yang dilakukan oleh. Melalui kajian *experimental* ini, di harapkan mampu menghasilkan turbin desain yang dapat meningkatkan kinerja turbin sehingga dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian mengenai turbin angin darrieus tipe H merupakan turbin angin sumbu vertikal yang mudah menangkap datangnya arah angin. Turbin angin darrieus mampu berputar dari kecepatan rendah[11]. Beberapa penelitian yang terkait dengan turbin angin darrieus tipe H seperti turbin darrieus tipe H satu tingkat kombinasi dengan bilah tipe C yang dilakukan oleh Siregar dkk tahun 2016, kemudian Pengembangan turbin angin darrieus tipe H 1 tingkat menjadi darrieus tipe H 2 tingkat mampu kinerja turbin angin rata-rata sebesar 34,3 % dengan daya turbin angin dan C_p yang dihasilkan maksimal sebesar 0,72 watt dan C_p 13,34 % pada sudut pitch 30° pada kecepatan angin 4,4 m/s. Deflektor atau disebut juga dengan pengarah angin yang berfungsi untuk mengarahkan datangnya angin yang akan menerpa turbin angin. Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Indra Herlamba Siregar, penggunaan deflektor yang digunakan pada turbin angin mampu meningkatkan daya dan efisiensi turbin angin.

Rotor Savonius

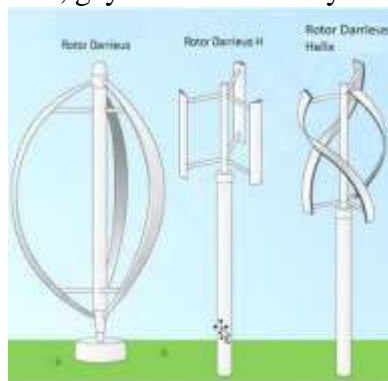
Desain rotor Savonius menggunakan drag aerodinamis dari angin untuk memutar balingbaling dan menghasilkan tenaga. Rotor Savonius sangat sederhana, hal ini dapat mengurangi biaya karena lebih mudah diproduksi, perawatan sedikit, dan tahan dalam kondisi yang keras. Namun, rotor ini tidak se-efisien desain lainnya[12].



Gambar 1. Turbin Angin Savonius

Rotor Darrieus

Rotor tipe Darrieus menggunakan gaya angkat dari angin untuk memutar baling-baling. Udara yang bergerak di sepanjang bagian luar lekukan harus berjalan dengan kecepatan lebih tinggi daripada udara di bagian dalam rotor. Ini menciptakan area tekanan rendah di bagian luar mata rotor, dan oleh karena itu menciptakan sebuah net force pada rotor ke bagian luar. Dengan mengendalikan sudut pisau, gaya bersih ini menyebabkan pisau berputar[10].



Gambar 2. Turbin Angin Darrieus

Kombinasi Rotor Darrieus – Savonius

Gabungan Savonius-Darrieus merupakan turbin angin hibrida berukuran kecil. Karena sifat poros vertikalnya, maka dimungkinkan untuk mendapatkan output terlepas dari arah angin. Turbin angin ini merupakan gabungan turbin angin dengan rotor Darrieus tipe angkat yang memberikan tenaga utama, dan rotor tipe Savonius drag yang memberikan daya awal[12].

METODE PENELITIAN

Turbin angina yang telah dirancang, dibuat dan digunakan dalam penelitian ini adalah turbin angina kombinasi Darrieus-Savonius seperti ditunjukkan dalam gambar 3. Spesifikasi turbin angin tersebut.

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Angin

Turbin	Spesifikasi
Darrieus	
Jumlah Bilah	3
Dimensi swept area Savonius	1 m x 0,9 m
Jumlah Bilah	4
Dimensi swept area	0,6 m x 0,6 m

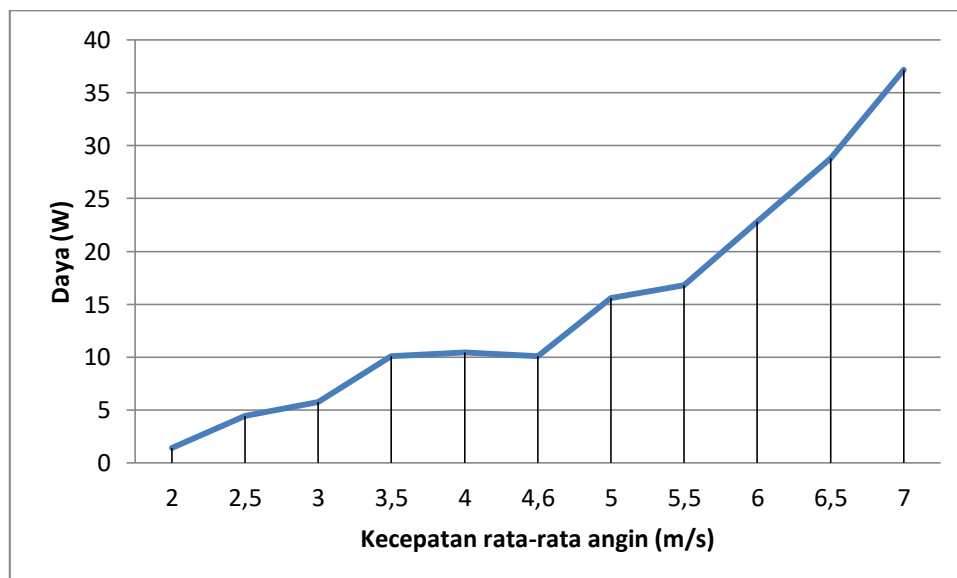
Penelitian dilakukan dengan mengikuti standard IEC 6140-2:2013 tentang standard pembuatan angina kecil. Karena tidak ada *wind tunnel* yang dapat diakses di bandara

Kualanamu Sumatera Utara, Penelitian dilakukan di area terbuka yang terletak di antara 2 buah gedung agar mendapatkan pengaruh aliran *venturi*. Data yang diambil untuk pengujian ini adalah arus tegangan yang dihasilkan oleh *permanent magnet generator* yang disambung dengan baterai 12V. Data tersebut juga akan di bandingkan dengan data turbin angin Darrieus dan turbin angin Savonius saja dan kombinasi dari keduanya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Daya listrik Angin darrieus - Savonius

Kecepatan Angin (m/s)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
2	0,12	12	1,44
2,5	0,37	12	4,44
3	0,48	12	5,76
3,5	0,64	12	10,08
4	0,87	12	10,44
4,6	0,9	12	10,08
5	1,3	12	15,6
5,5	1,4	12	16,8
6	1,9	12	22,8
6,5	2,4	12	28,8
7	3,1	12	37,2

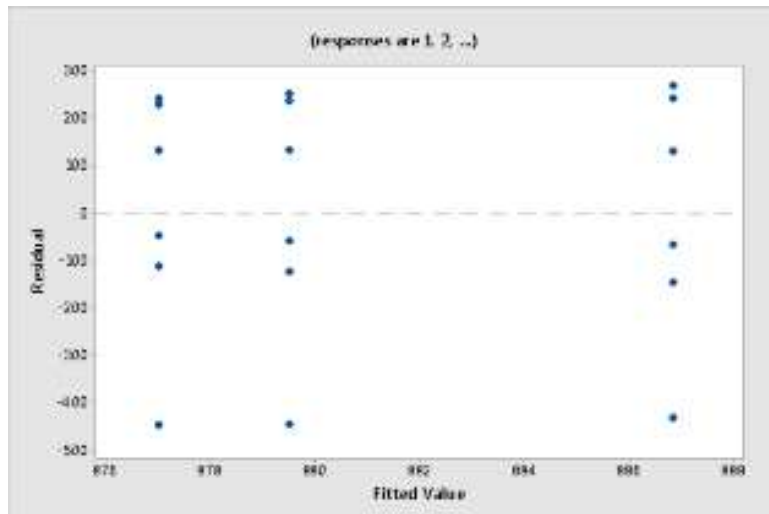


Gambar 3. Variasi daya turbin kombinasi terhadap kecepatan rata-rata- angina

Pada Gambar 4 ditunjukkan variasi daya listrik dari turbin angin yang dihasilkan dengan beberapa kecepatan rata – rata angin. Daya listrik akan bertambah apabila kecepatan angin lebih kencang. Pada saat kecepatan angin diantara 2 m/s sampai dengan 5 m/s daya listrik naik secara perlahan. Ini dikarenakan asal daya utama dihasilkan dengan turbin angin savonius. Setelah kecepatan angin melebihi 5,5 m/s daya listrik naik dengan pesat, ini dikarenakan turbin angin Darrieus sudah mengambil alih sebagai penghasil daya utama pada turbin angin kombinasi Darrieus – Savonius ini.

Uji Indepedensi

Uji independensi antar sisaan atau *error* yaitu dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang bisa dijelaskan model dengan *sisaan/Error*. Uji ini digunakan untuk melihat apakah *error* berkorelasi dengan urutan waktu, urutan ruang, atau berkorelasi pada komponen *error* itu sendiri. Hasil pengujian independensi ditunjukkan Gambar 4.

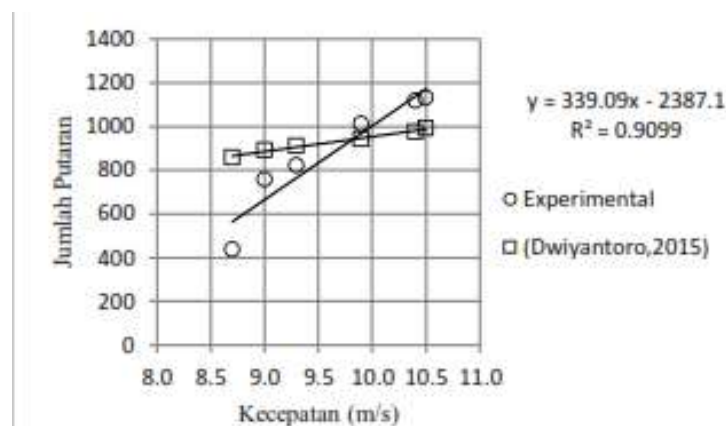


Gambar 4. Hasil Pengujian independensi

Dari gambar 4 bisa disimpulkan bahwa masing-masing error saling ebas satu sama lainnya, karena pada grafik tidak menunjukkan pola tertentu.

Persamaan regresi

Dari hasil pengujian dengan menggunakan perangkat lunak komersial, telah didapatkan grafik kecepatan angina dengan jumlah putaran turbin desain. Seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara kecepatan angin terhadap jumlah putaran turbin, semakin besar kecepatan angin yang mengenai sudu turbin semakin besar pula jumlah putaran turbin yang dihasilkan. sesuai penelitian yang telah dilakukan oleh, bahwa kecepatan angin sebanding dengan putaran turbin yang dihasilkan

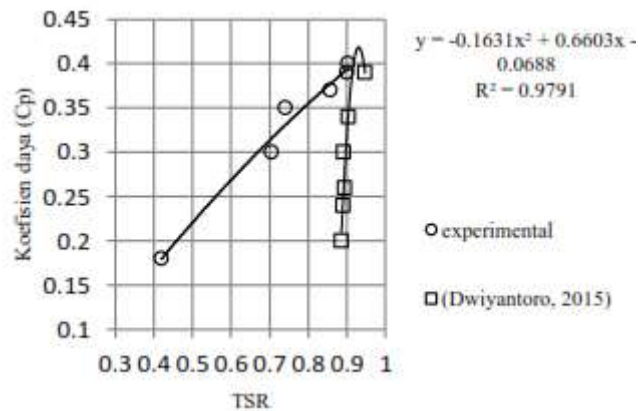


Gambar 5. Fungsi kecepatan angina dengan jumlah putaran

Data *experimental* telah didapatkan oleh peneliti kemudian dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh. Jika diasumsikan bahwa kecepatan angin diwakili oleh sumbu $-x$ dan jumlah putaran turbin diwakili oleh sumbu $-y$, maka persamaan yang dihasilkan dari pengujian tersebut mengikuti persamaan.

$$y = 339.09x - 2387.1 \quad (1)$$

Persamaan (1) memiliki nilai regresi sebesar 0,9099. Hal ini menunjukkan bahwa Persamaan (1) mampu menjelaskan dengan baik hubungan antar variabel dalam penelitian ini. Koefisien determinasi dinyatakan dalam bentuk %. Nilai yang didapat yaitu sebesar 90.9%. Nilai tersebut adalah akibat dari prediktor, terhadap variasi total variabel respon, yaitu Y(jumlah putaran). Makin besar nilai R^2 , makin besar pula kontribusi atau peranan prediktor terhadap variasi respon.



Gambar 6. Fungsi kecepatan angina terhadap daya turbin

Data yang didapatkan dari hasil penelitian berikutnya adalah data *Tip speed ratio* (TSR) terhadap koefisien daya yang dihasilkan oleh turbin angin. Pada absis merupakan representasi dari kecepatan TSR sedangkan kordinat merupakan representasi koefien daya (C_p) turbin DS yang dihasilkan. Persamaan koefisien daya yang dihasilkan Mengikuti Persamaan (2).

$$y = -0.1631x^2 + 0,6603x - 0,0688 \quad (2)$$

Koefisien daya semakin meningkat seiring denganmeningkatnya TSR. Sementara TSR ditentukan oleh kecepatan angin yang mengenai sudu turbin angin. Dari grafik *experimental* yang dilakukan oleh peneneliti terlihat bahwa pada TSR 0.9 mampu menghasilkan C_p sebesar 0.4. sedangkan pada penelitian mampu menghasilkan C_p hingga 0.42

Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan terlihat bahwa semakin besar kecepatan angin yang dapat dikonversi menjadi energi maka daya yang di hasilkan juga semakin besar. Oleh karena itu, terlihat pada C_p yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. C_p maksimum diperoleh pada saat TSR 0.9 yaitu sebesar 0.4. setara dengan penenelitian yang dilakukan oleh yaitu sebesar 0.42

Daftar Pustaka

- [1] Cornot-Gandolphe, 2017, Indonesia's Electricity Demand and the Coal Sector: Export or meet domestic demand?, The Oxford Institute for Energy Studies, United Kingdom.
- [2] K.C. Lataoufis dan Rekan, 2012, Axial Flux Permanent Magnet Generator Design fo Low Cost Manufacturing of Small Wind Turbines, Wind Engineering, Vol 36, No. 4, Hal 411442.
- [3] International Energi Agency, 2016, Indonesia 2015, IEA, Prancis.
- [4] Kementrian ESDM Republik Indonesia, 2017, Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia, Republik Indonesi.
- [5] O. Hammond, S. Hunt, E. Machlin, 2014, Design of an alternative hybrid vertical axis wind turbine, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, UK.

- [6] A. F. A. A. El-sayed, “Dynamics of Vertical Axis Wind Turbines (Darrieus Type),” vol. 2, no. 1, pp. 33–41, 1995.
- [7] T. Wakui, Y. Tanzawa, T. Hashizume, and T. Nagao, “Hybrid Configuration of Darrieus and Savonius Rotors for Stand-Alone Wind Turbine- Generator Systems,” vol. 150, no. 4, pp. 259–266, 2005.
- [8] R. Ā. Gupta, A. Biswas, and K. K. Sharma, “Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius – three-bladed Darrieus rotor,” vol. 33, pp. 1974– 1981, 2008.
- [9] A. Ghosh, A. Biswas, K. K. Sharma, and R. Gupta, “Computational analysis of fl ow physics of a combined three bladed Darrieus Savonius wind rotor,” *J. Energy Inst.*, vol. 88, no. 4, pp. 425–437, 2015.
- [10] M. Abid, K. S. Karimov, H. A. Wajid, F. Farooq, H. Ahmed, and O. H. Khan, “Iranica Journal of Energy & Environment Design , Development and Testing of a Combined Savonius and Darrieus Vertical Axis Wind Turbine,” vol. 6, no. 1, pp. 1–4, 2015.
- [11] M. N. Fauzi, S. Harbintoro, B. Besar, and K. Perindustrian, “Regression analysis to determine correlation of power and Torsion for pelton turbine,” vol. 38, no. 2, 2016
- [12] E. O. Hair and M. G. Giesselmann, “Comparative Analysis of Regression and Artificial Neural,” vol. 123, no. November, pp. 327–332, 2001