

Sistem Kontrol Sudut *Blade* Turbin *Savonius* dengan Metode Regresi Linier Berganda untuk Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Muhammad Zainal Roisul Amin¹, Bambang Sri Kaloko²

¹Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik,
Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi
mzainalra@unibabwi.ac.id

²Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik,
Universitas Jember, Jember
kaloko@unej.ac.id

Ringkasan

Solusi paling ideal untuk mengatasi ketergantungan terhadap energi fosil adalah dengan mengembangkan energi terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan adalah tenaga angin. Energi angin merupakan energi bersih yang tidak akan mencemari lingkungan selama proses produksi. Turbin yang cocok untuk kecepatan angin rendah adalah turbin angin sumbu vertikal *Savonius* karena torsi awalnya yang tinggi. Turbin memiliki bentuk dan struktur yang sederhana, disusun menyerupai huruf S. Kecepatan angin yang tidak menentu inilah yang menyebabkan turbin angin vertikal dengan bentuk rotor *Savonius* S cocok dan efektif sebagai generator untuk *output* yang maksimal. Rotor *Savonius* S memiliki keunggulan dibandingkan *Savonius* U karena pada *Savonius* S lebih banyak angin yang mengenai rotor mengalir ke bilah rotor sehingga memberikan energi tambahan. Pada penelitian sebelumnya, prototipe kincir angin *Savonius* S dibuat dari bahan sederhana, tanpa mengendalikannya untuk menghasilkan daya yang optimal. Angin yang masuk dan mampu menggerakkan turbin masih berubah-ubah, sehingga perlu dikontrol agar kecepatan angin tetap konstan. Pengendalian ini bertujuan untuk menghasilkan nilai *power* yang optimal dengan sudut bukaan *blade high pitch* sesuai dengan *power* optimum yang diharapkan.

Kata kunci: Turbin angin vertikal *Savonius*, efisiensi turbin angin

Abstract

The most ideal solution to overcome dependence on fossil energy is to develop renewable energy. One source of renewable energy is wind power. Wind energy is clean energy that will not pollute the environment during the production process. The turbine that is suitable for low wind speeds is the Savonius vertical axis wind turbine because of its high starting torque. The turbine has a simple shape and structure, arranged to resemble the letter S. This erratic wind speed is what makes a vertical wind turbine with a Savonius S rotor shape suitable and effective as a generator for maximum output. The Savonius S rotor has an advantage over the Savonius U because in the Savonius S more wind hitting the rotor flows to the rotor blades, thus providing additional energy. In previous research, the Savonius S

windmill prototype was made from simple materials, without controlling it to produce optimal power. The wind that enters and is able to drive the turbine still changes, so it needs to be controlled so that the wind speed remains constant. This control aims to produce optimal power values with a high pitch blade opening angle in accordance with the expected optimum power.

Keywords: *Savonius* vertical wind turbine, wind turbine efficiency

1. Pendahuluan

Energi angin sebagai salah satu sumber daya yang berkelanjutan, merupakan energi yang layak dan tidak berbahaya bagi ekosistem untuk dimanfaatkan melalui perubahan menjadi tenaga atau mekanik [1]. Transformasi menjadi energi listrik dilakukan dengan cara mengubah energi angin menjadi putaran mekanis mesin dan kemudian memutar suatu alat yang diperlukan pemanfaatannya [2]. Siklus perubahan ini disebut transformasi energi angin, sedangkan peralatan untuk mengubahnya menjadi energi disebut kincir angin atau turbin angin [3].

Penggunaan energi angin memerlukan informasi atau data tentang potensi energi angin asli yang dapat diakses di daerah pendirian dan penggunaannya, tergantung pada situasi di daerah tersebut [4]. Penyelidikan dan penilaian yang lebih tepat dari kedua sudut pandang ini bersama dengan perspektif moneter akan menghasilkan penggunaan yang ideal dari kerangka transformasi energi di suatu daerah.

Jenis turbin angin yang paling banyak digunakan adalah turbin angin poros datar, namun, turbin angin hub ke atas adalah pilihan untuk menghasilkan energi listrik karena beberapa manfaat yang dimilikinya. Beberapa keuntungan dari Turbin Angin *Savonius* ini, antara lain konstruksinya yang sederhana, rotor dapat menerima angin dari segala arah, tingkat keausan rendah pada komponen-komponen yang berputar, serta memiliki momen statik dan dinamik yang tinggi [5].

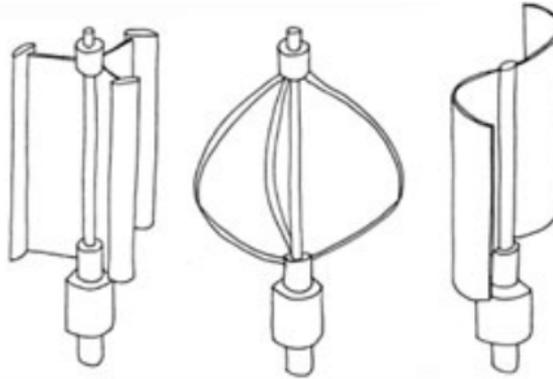
Potensi angin di Indonesia pada umumnya memiliki kecepatan angin yang rendah berkisar antara 3 m/s - 7 m/s. Turbin yang cocok untuk kecepatan angin rendah adalah turbin *Savonius*. Turbin *Savonius* memiliki bentuk yang cukup sederhana, yaitu menyerupai huruf S, yang menyebabkan turbin ini bisa menerima energi angin dari segala arah dan dengan kecepatan yang rendah [6]. Cara kerja turbin jenis ini adalah dengan menerima gaya *drag* dari aliran angin yang menyebabkan torsi dan membuat rotor turbin berputar. Torsi yang memutar rotor turbin ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator [7].

Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa jumlah sudu pada turbin mempengaruhi hasil putaran turbin. Turbin 2 sudu menghasilkan putaran yang lebih besar dibandingkan turbin dengan 3 dan 4 sudu, namun turbin 2 sudu memiliki torsi yang lebih rendah dibandingkan turbin 3 dan 4 sudu [8]. Berdasarkan latar belakang tersebut, kecepatan angin yang tidak menentu menjadi latar belakang bahwa turbin dengan bentuk rotor *Savonius* S merupakan kombinasi dari profil *Savonius* berbentuk U dan kurva yang umumnya berbentuk seperempat lingkaran yang sesuai dan efektif sebagai pembangkit tenaga listrik yang efisien dan menghasilkan *output* yang maksimal.

Rotor *Savonius* S memiliki keunggulan dari *Savonius* U dimana pada *Savonius* S angin yang menerpa rotor lebih banyak mengalir ke dalam sudu-sudu rotor, sehingga memberikan energi tambahan pada sudu-sudu rotor [9].

2. Studi Literatur

Turbin angin *Savonius* memiliki bentuk sudu setengah lingkaran. Seorang insinyur dari Finlandia bernama Sigurd J. *Savonius* pada tahun 1922 pertama kali merancang turbin angin *Savonius*. Konsep kerja turbin angin ini cukup sederhana, dimana turbin angin ini menghasilkan tenaga dengan memanfaatkan gaya *drag* yang dihasilkan oleh masing-masing sudu. Gaya *drag* merupakan gaya yang melawan arah angin yang mengenai sudu [10].



Gambar 1 Turbin angin sumbu vertikal

2.1. Efek Energi Turbin Angin Rotasi

Energi mekanik pada turbin diubah dari energi kinetik atau energi potensial yang berasal dari pergerakan fluida yang mengenai sudu-sudu turbin. Energi yang terkandung dalam angin yang dapat diekstraksi oleh turbin adalah energi kinetiknya. Angin adalah massa udara yang bergerak. Besarnya energi yang terkandung dalam angin tergantung pada kecepatan angin dan kepadatan angin atau udara yang bergerak. Besarnya energi kinetik yang terkandung dalam angin atau udara yang bergerak bermassa m dan kecepatan v adalah:

$$Ek = \frac{1}{2} mv^2 \quad (1)$$

dimana: Ek = Energi kinetik (joule), m = massa udara (kg), v = kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik angin berbanding lurus dengan massa udara dan berbanding lurus dengan kuadrat kecepatannya.

2.2. Koefisien Daya

Koefisien daya adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh rotor dan daya angin. Nilai koefisien daya tidak akan melebihi nilai ideal 0,593. Persamaan koefisien daya adalah sebagai berikut:

$$Cp = \frac{Pg / \eta g}{\rho A v^3 / 2} \quad (2)$$

dimana: Pg = Daya generator (W), g = Efisiensi generator (%)

2.3. Torsi pada Turbin

Produk dari kecepatan rotasi dengan torsi menghasilkan daya. Dengan kecepatan putaran yang sama, semakin besar torsi yang diterapkan, semakin besar daya yang diserap, dan sebaliknya. Dengan demikian, torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{30 P}{\pi RPM} \quad (3)$$

dimana: T = Torsi (Newton), P = Daya desain = 100 Watt, RPM = Kecepatan turbin = 79,34 rpm

2.4. Mekanisme Kontrol Pitch Blade

Pitch blade control adalah teknologi yang digunakan untuk mengoperasikan dan mengontrol sudut blade pada turbin angin. *Controller* utama turbin menghitung sudut kemiringan yang diperlukan dari serangkaian kondisi, seperti kecepatan angin, kecepatan generator dan produksi listrik. Sudut kemiringan yang diperlukan ditransfer ke sistem *pitch blade control* sebagai titik pengaturan untuk membuat aktuator menggerakkan *blade* ke sudut yang diperlukan.

Pitch blade control adalah metode yang dioperasikan pada saat kecepatan angin berada di luar nilai rata-rata dimana torsi elektromagnetik tidak cukup untuk mengontrol kecepatan rotor dan generator akan kelebihan beban. Konversi daya turbin angin harus dibatasi dan hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi koefisien daya (C_p) turbin angin. Koefisien daya dapat dimanipulasi dengan memvariasikan sudut kemiringan bilah.

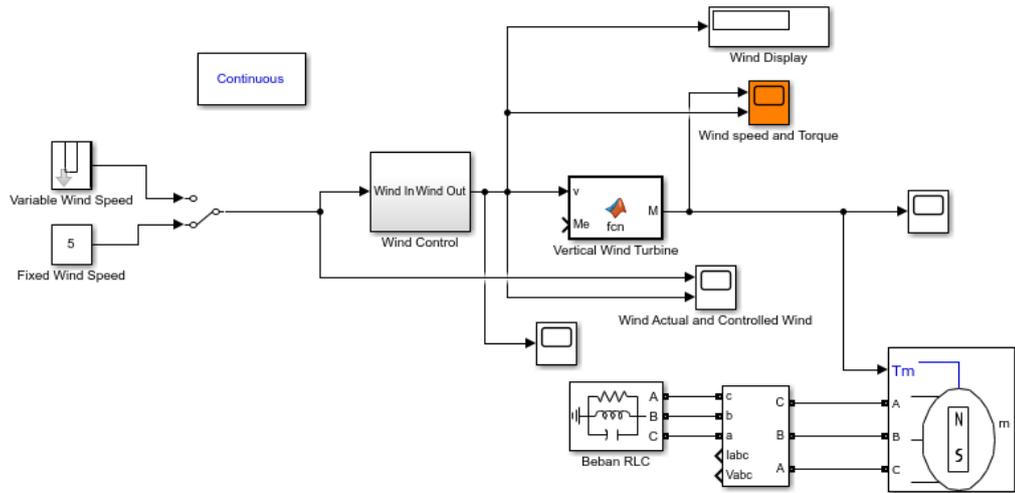
3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi dengan menggunakan *Simulink Matlab*. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan turbin *Savonius S*. langkah pertama adalah pengambilan data pada *Simulink Matlab* tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin yang semakin meningkat dari 0 m/s sampai dengan 8 m/s, dengan memasukkan nilai sudut 10 derajat sampai dengan 90 derajat, dengan interval kenaikan sudut 10 derajat. Dari pengambilan data tanpa kontrol tersebut, dipilih nilai daya optimum dan berapa besar sudut *blade* yang harus dibuka agar menghasilkan daya yang optimum dari setiap kecepatan yang berhembus. Dari daya yang optimum yang dipilih, dilanjutkan dengan percobaan pada *Simulink Matlab* dengan menggunakan kontrol dan dihitung dengan menggunakan regresi linier sederhana. Dari hasil variabel yang didapatkan dalam perhitungan regresi linier sederhana, selanjutnya dimasukkan pada persamaan kontrol di *Simulink Matlab*.

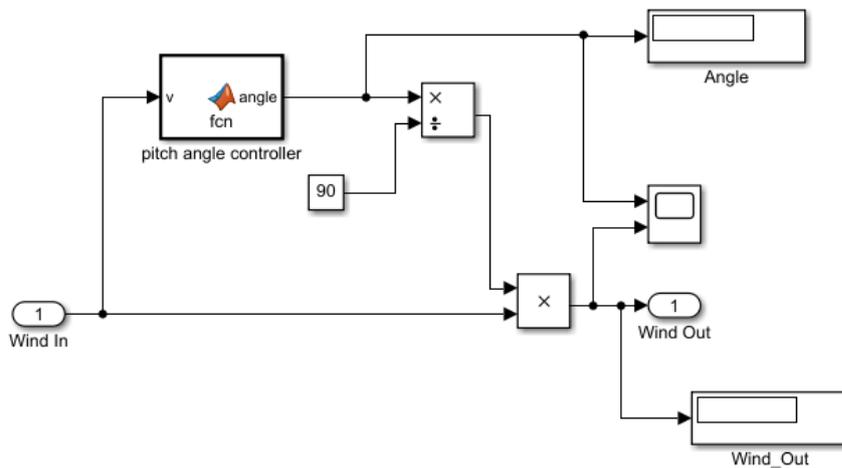
4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi di *Simulink Matlab*. Berikut ini adalah simulasi total sistem Kontrol Kurva Sudut *Pitch Blade* Turbin *Savonius* untuk optimalisasi pembangkit listrik tenaga angin.

Simulasi keseluruhan bertujuan untuk menarik angin yang menggerakkan turbin angin agar menghasilkan kecepatan yang bervariasi sehingga daya yang dihasilkan tidak stabil dan bervariasi. Untuk mendapatkan daya yang optimal dan stabil, maka diatur dengan besar sudut pada *blade*, sehingga sesuai dengan kecepatan angin yang masuk pada turbin. Saat angin masuk ke turbin, maka besar sudut turbin menyesuaikan dengan kecepatan angin.



Gambar 2. Rangkaian simulasi keseluruhan di *Simulink Matlab*



Gambar 3. Diagram blok untuk pengontrol bilah *Pitch* turbin angin

Pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu pengujian sistem tanpa kontrol dan pengujian sistem dengan kontrol. Untuk menghasilkan daya yang optimal, sudut yang dimasukkan dalam pengujian berkala adalah dengan mengubah besar kecepatan angina, mulai dari 1 m/s sampai dengan 8 m/s dengan memasukkan besar nilai sudut pada setiap kecepatan angina, mulai dari 100 sampai dengan 900 dengan interval peningkatan 100. Gambar 3 menunjukkan besar sudut pitch turbin 900 pada kecepatan angin sebesar 5 m/s.

4.1. Sistem Pengujian dengan kecepatan dari 1 m/s sampai 8 m/s tanpa kontrol

Sudut yang dimasukkan untuk pengujian berkala mengubah besaran kecepatan angin mulai dari 1 m/s sampai dengan 8 m/s, dengan memasukkan besaran sudut pada setiap kecepatan angina, mulai dari 10^0 sampai dengan 90^0 dengan interval peningkatan 10^0 . Tabel 1 menunjukkan data hasil uji yang diperoleh.

Tabel 1. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 1 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin <i>Pitch Blade</i> (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
1	10	10	218.1	86
	20	20	6539	96
	30	30	5544	124
	40	40	1.15	131
	50	50	1.63	148
	60	60	1.86	152
	70	70	1.948	168
	80	80	1.98	173
	90	90	1.99	174

Pada pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 1 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 174 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 90 derajat. Daya yang dihasilkan tidak besar karena angin yang masuk sangat rendah.

Tabel 2. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 2 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin <i>Pitch Blade</i> (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
2	10	20	1.693	126
	20	40	1.145	130
	30	60	1.863	213
	40	80	1.98	236
	50	100	2.004	250
	60	120	1.145	230
	70	140	1.98	247
	80	160	2.006	244
	90	180	2.006	258

Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 2 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 258 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 90 derajat. Daya yang dihasilkan tidak besar karena angin yang masuk sangat rendah.

Tabel 3. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 3 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin <i>Pitch Blade</i> (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
3	10	90	1.99	364
	20	60	1.86	412
	30	90	1.993	464
	40	120	2.004	600
	50	150	2.006	744
	60	180	2.006	745
	70	210	2.006	819
	80	240	2.006	839
	90	270	2.007	842

Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 3 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 819 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 70 derajat.

Sistem Kontrol Sudut Blade Turbin Savonius dengan Metode Regresi Linier Berganda
 untuk Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin
 Muhammad Zainal Roisul Amin, Bambang Sri Kaloko

Tabel 4. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 4 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin <i>Pitch</i> Blade (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
4	10	40	1.145	630
	20	80	1.98	867
	30	120	2.004	600
	40	160	2.006	934
	50	200	2.006	848
	60	240	2.006	833
	70	280	2.007	829
	80	320	2.007	831
	90	360	2.007	838

Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 4 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 848 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 50 derajat.

Tabel 5. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 5 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin <i>Pitch</i> Blade (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
5	10	50	16.34	680
	20	100	19.9	821
	30	150	20.06	870
	40	200	20.06	979
	50	250	20.06	893
	60	300	20.07	914
	70	350	20.07	915
	80	400	20.08	918
	90	450	20.08	918

Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 5 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 893 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 50 derajat.

Tabel 6. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 6 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin <i>Pitch</i> Blade (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
6	10	60	1.863	413
	20	120	2.004	600
	30	180	2.005	750
	40	240	2.04	600
	50	300	2.007	923
	60	360	2.007	927
	70	420	2.007	935
	80	480	2.007	733
	90	560	2.001	471

Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 6 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 923 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 50 derajat.

Tabel 7. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 7 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin Pitch Blade (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
7	10	70	19.4	688
	20	70	19.4	688
	30	210	20.06	929
	40	280	20.06	911
	50	350	20.07	915
	60	420	20.08	918
	70	490	20.09	919
	80	560	20.1	921
	90	630	20.11	922

Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 7 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 929 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 30 derajat.

Tabel 8. Data hasil uji sistem tanpa kontrol dengan *input* angin 8 m/s

Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin Pitch Blade (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
8	10	80	1.98	937
	20	160	20.06	940
	30	2240	2.006	939
	40	320	2.007	931
	50	400	2.007	935
	60	480	2.007	936
	70	560	2.007	955
	80	640	2.007	933
	90	720	2.007	963

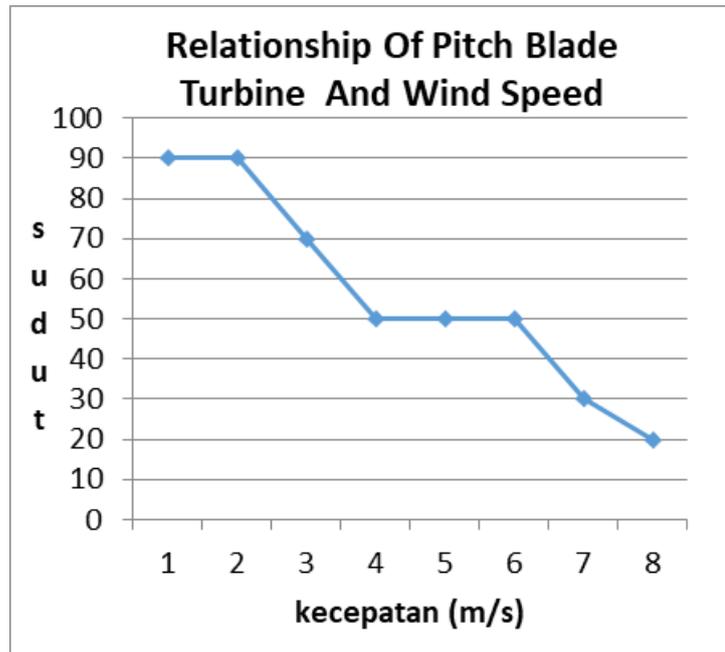
Pengujian tanpa kontrol dengan *input* kecepatan angin sebesar 8 m/s dihasilkan daya optimal sebesar 940 Watt, dengan besar sudut *pitch blade* sebesar 20 derajat.

4.2. Sistem pengujian dengan kontrol

Dengan memilih nilai daya optimum pada pengujian setiap kecepatan angin, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data hasil uji sistem dengan kontrol

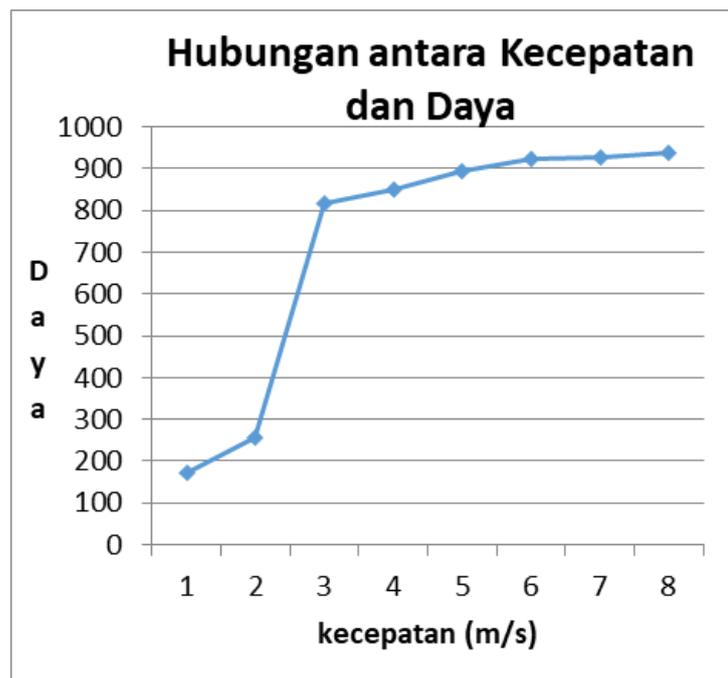
Masukan Kecepatan Angin (m/s)	Turbin Pitch Blade (derajat)	Output Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan keluar RMS Generator (V)	Daya (Watt)
1	90	90	1.99	174
2	90	180	2.006	258
3	70	210	2.006	819
4	50	200	2.006	849
5	50	250	20.06	893
6	50	300	2.007	923
7	30	210	20.06	929
8	20	160	20.06	940



Gambar 4. Hubungan antara kecepatan angin dan sudut

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dengan sudut *blade* turbin dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan angin yang masuk ke turbin, maka sudut *blade* pada turbin semakin kecil.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dengan daya yang dihasilkan, dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan angin yang masuk ke turbin, maka daya yang dihasilkan semakin besar. Daya optimum yang dapat dihasilkan mulai dari kecepatan angin 3 m/s. Jika kecepatan angin masuk terlalu rendah, yaitu 1 m/s dan 2 m/s, maka daya yang dihasilkan juga relatif rendah.



Gambar 5. Hubungan antara kecepatan angin dan daya yang dihasilkan

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian menggunakan *Simulink Matlab* dan analisis yang dilakukan, untuk pengujian tanpa kontrol dipilih nilai daya yang optimum dan dimasukkan ke dalam *Simulink* untuk dikontrol dengan persamaan regresi linier sehingga ditemukan fungsi yang digunakan. Hal ini menghasilkan pengontrolan besar sudut *blade* yang membuka berapa derajat sehingga menghasilkan daya yang optimum. Hasil pengujian mulai dari kecepatan angin 1 m/s sampai 8 m/s, sudut *blade* yang digunakan bervariasi sehingga menghasilkan daya yang optimum. Jika kecepatan angin masuk terlalu rendah, yaitu 1 m/s dan 2 m/s, maka daya yang dihasilkan juga relatif rendah. Daya optimum yang dapat dihasilkan mulai dari kecepatan angin 3 m/s dan pada kecepatan angin ini tegangan mulai cut-off. Jika kecepatan angin 3 m/s, sudut kontrol *blade* sebesar 70 derajat. Jika kecepatan angin 4 m/s sampai 6 m/s, sudut kontrol *blade* sebesar 50 derajat. Jika kecepatan angin 7 m/s, sudut kontrol *blade* sebesar 30 derajat. Jika kecepatan angin 8 m/s, sudut kontrol *blade* sebesar 20 derajat.

Daftar Pustaka

- [1] A. D. Sapto, H. P. Rumakso, "Uji Coba Performa Bentuk *Airfoil* Menggunakan *Software Qblade* Terhadap Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal," J. Tek. Mesin, 10, 1, 2021.
- [2] I. Arif, "Analisis dan Pengujian Kinerja Turbin Angin *Savonius* 4 Sudu," J. Tek. Mesin ITI, 3, 2, 2019. Doi: 10.31543/jtm.v3i2.307.
- [3] I. B. Alit, N. Nurchayati, S. H. Pamuji, "Turbin Angin Poros Vertikal Tipe *Savonius* Bertingkat dengan Variasi Posisi Sudut," Din. Tek. Mesin, 6, 2, p. 107–112, 2016. Doi: 10.29303/d.v6i2.13.
- [4] H. Nugroho, C. Aditya, S. Nungsizu, "Penerapan Metode *Genetic Alghorithm* untuk Meminimalkan Biaya Perawatan Sistem Pembangkit Energi Hibrid Solar Panel dan Turbin Angin," Energi & Kelistrikan, 13, 2, p. 172–177, 2021. Doi: 10.33322/energi.v13i2.1329.
- [5] R. Syahyuniar, Y. Ningsih, H. Herianto, "Rancang Bangun *Blade* Turbin Angin Tipe Horizontal," J. Elem., 5, 1, p. 28, 2018. Doi: 10.34128/je.v5i1.74.
- [6] A. Sanusi, J. T. Mesin, U. N. Cendana, "Simulasi Aliran Fluida pada *Blade* Rotor Turbin Angin *Savonius* dengan *Computation Fluid Dynamics* (CFD)," Lontar, 04, 01, p. 11–15, 2017.
- [7] A. H. Ahrori, M. Kabib, R. Wibowo, "Perancangan dan Simulasi Turbin Pelton Daya Output Generator 20.000 Watt," *Online*, 2019.
- [8] J. Jamal, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin *Savonius*," Intek J. Penelit., 6, 1, 2019. Doi: 10.31963/intek.v6i1.1127.
- [9] P. Chairany, Sugiyanto, "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe *Savonius* untuk Sistem Penerangan Perahu Nelayan," Ranc. Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe *Savonius* Untuk Sist. Penerangan Perahu Nelayan, p. 1–6, 2015.
- [10] D. Firmansyah, F. Purwangka, B. Hascaryo Iskandar, D. Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan FPIK IPB, "Turbin Angin Mini sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik untuk Lampu Navigasi pada Kapal Penangkap Ikan Mini," *Albacore*, 4, 2, 2020. Doi: <https://doi.org/10.29244/core.4.2.149-158>.