

PERANCANGAN TURBIN ANGIN BERPOROS HORIZONTAL DENGAN DAYA RATED 2.000 W

Muhammad Rijal¹⁾, Trisma Jaya Saputra²⁾, Rany Puspita Dewi³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Email: muh.rijal2701@gmail.com, trismajayasaputra@gmail.com, ranypuspita@untidar.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan energi yang bersih tentu saja merupakan terobosan yang baik untuk mengurangi polusi. Salah satu energi yang baik untuk lingkungan ialah energi angin. Pemanfaatan energi angin bisa dilakukan menggunakan turbin angin. Dengan memanfaatkan turbin angin dengan sumbu horizontal maka dapat mengubah energi angin menjadi gerak lalu diubah menjadi listrik. Untuk menambah kinerja dari TASH dengan menambah jumlah sudu, memvariasikan *angle twist* dan besar *chord*. Penampang sudu menggunakan NACA 4412. Perancangan sudu menggunakan metode BEM. Pengujian rancangan sudu menggunakan metode simulasi BEM dan LLT. Rancangan sudu bervariasi yaitu dengan jumlah yang berbeda yaitu rotor 3 sudu, 4 sudu dan 5 sudu. Pengujian rancangan menggunakan kecepatan angin 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s dan 10 m/s. Pengujian rancangan rotor menggunakan QBlade dengan metode BEM dan LLT. Hasil pengujian BEM menunjukkan bahwa daya *output* terbesar ada pada rotor 3213,53 W pada rotor 4 sudu dengan penampang NACA 4412. Sedangkan untuk simulasi LLT mempunyai hasil paling besar ada pada kecepatan angin 10 m/s dengan hasil 3630 watt pada rancangan rotor 3 bilah.

Kata kunci: Energi angin, TASH, NACA 4412, Qblade

ABSTRACT

The use of clean energy is certainly a good breakthrough to reduce pollution. One of the energy that is good for the environment is wind energy. Utilization of wind energy can be done using wind turbines. By utilizing a wind turbine with a horizontal axis, it can convert wind energy into motion and then convert it into electricity. To increase the performance of the TASH by increasing the number of blades, vary the twist angle and the size of the chord. The cross section of the blade uses NACA 4412. The design of the blade uses the BEM method. Testing the blade design using BEM and LLT simulation methods. The design of the blade varies, namely with different amounts, namely the rotor of 3 blades, 4 blades and 5 blades. Design testing used wind speeds of 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s and 10 m/s. Testing the rotor design using QBlade with BEM and LLT methods. The BEM test results showed that the greatest output power was in the 3213.53 W rotor on the 4-blade rotor with a NACA 4412 cross section. As for the LLT simulation, the biggest result is at a wind speed of 10 m/s with a result of 3630 watts in the 3-blade rotor design.

Keyword: Wind energy, HAWT, NACA 4412, QBlade

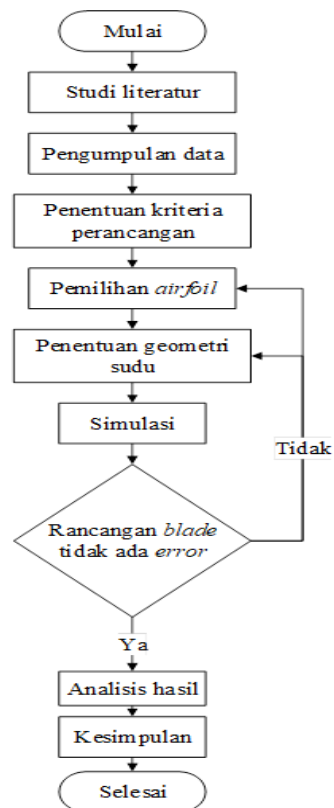
PENDAHULUAN

Tentunya di era modern saat ini kebutuhan akan energi listrik terus menerus bertambah, sehingga perlu disediakan energi listrik terbarukan, salah satunya dari tenaga angin. Tentu saja, sifat energi angin yang terbarukan menawarkan keunggulan energi angin terus ada dan tidak hilang jika digunakan terus menerus, berbeda dengan batu bara yang bisa habis di masa depan [1]. Energi angin ialah energi yang ramah lingkungan dan tidak akan hilang dari bumi.

Indonesia memiliki potensi energi angin sekitar 978 MW. Potensi energi angin yang berada di Yogyakarta sebesar 60 MW dengan rincian 10 MW di kawasan Gunung Kidul dan 50 MW di Bantul (Kementerian ESDM 2018). Potensi pembangkit listrik tenaga angin darat sangat terbatas, dengan kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3 m/s hingga 7 m/s [2]. Di Yogyakarta masih ada rumah

yang sama sekali belum menikmati aliran listrik. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Energi dan Sumber Daya Manusia (ESDM) DIY, jumlah rumah tangga yang tidak teraliri listrik sama sekali adalah 333 rumah tangga. Berdasarkan data tersebut, jumlah Kepala Keluarga (KK) yang belum teraliri listrik dari Kota Yogyakarta mencapai 196 KK, Kabupaten Bantul 32 KK, Kulonprogo 65 KK, Sleman 10 KK, dan Gunungkidul 31 KK. Dengan cara ini, sumber energi angin di Yogyakarta dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik penduduk. Energi angin belum bisa dimanfaatkan secara langsung, namun dengan TASH energi angin dapat diubah dari energi mekanik rotor menjadi energi listrik. Turbin angin dapat dibedakan berdasarkan arah sumbu putar sudunya, yaitu Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) dan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) [1]. TASH digunakan dalam penelitian ini. TASH adalah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan saat ini. Turbin jenis ini terdiri dari menara dengan sudu di atasnya yang berfungsi sebagai penahan angin yang menghadap angin. Kebanyakan turbin angin yang diproduksi saat ini memiliki dua atau tiga sudu [3].

METODE



Gambar 1. Metode penelitian

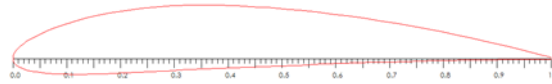
Desain Bilah

Desain bilah berupa *Tip Speed Ratio* Optimal (λ_{optimal}) pada rotor 3 bilah 5,24, 4 bilah sebesar 3,925 dan 5 bilah sebesar 3,125, panjang jari-jari bilah (R) untuk setiap rotor sama yaitu 1,75 m, sudut serang sebesar $7,1^\circ$ untuk masing-masing rotor, daya *rated* sebesar 2 kW. Harga C_i 1,230. Distribusi panjang *chord* (c) dan sudut *twist* (β) bilah dihitung berdasarkan distribusi Schmitz (Persamaan 1 dan 2) [4].

$$c = \frac{1}{B} \frac{16\pi r}{C_{l,D}} \sin^2 \left(\frac{1}{3} \arctan \left(\frac{R}{\lambda r} \right) \right) \quad (1)$$

$$\beta(r) = \frac{2}{3} \arctan \frac{R}{\lambda_D r} - \alpha_D \quad (2)$$

Penampang bilah menggunakan *airfoil* NACA 4412 (Gambar 2). Hasil perhitungan distribusi *chord* dan *twist* geometri bilah ditunjukkan di dalam Tabel 1, 2 dan 3.



Gambar 2. *Airfoil* NACA 4412.

Tabel 1. Hasil perhitungan geometri 3 bilah.

Penampang	r (m)	c (m)	twist (°)
0	0.17	0.297459633	34.91507059
1	0.328	0.305896975	23.24444279
2	0.486	0.262949612	15.89737995
3	0.644	0.221092906	11.17375215
4	0.802	0.18781184	7.971906467
5	0.96	0.162103139	5.688007991
6	1.118	0.142071974	3.987974151
7	1.276	0.126188768	2.678070542
8	1.434	0.113359043	1.640085101
9	1.592	0.102815469	0.798463849
10	1.75	0.094016129	0.102929732

Tabel 2. Hasil perhitungan geometri 4 bilah.

Penampang	r (m)	c (m)	twist (°)
0	0.17	0.265963465	38.98591042
1	0.328	0.315945648	28.67311719
2	0.486	0.297723285	21.25566191
3	0.644	0.264322712	16.03065241
4	0.802	0.232034496	12.28080976
5	0.96	0.20447458	9.507944398
6	1.118	0.181688404	7.394785726
7	1.276	0.162915036	5.74028935
8	1.434	0.147348494	4.414357247
9	1.592	0.134314657	3.330386324
10	1.75	0.123286131	2.429038742

Tabel 3. Hasil perhitungan geometri 5 bilah.

Penampang	r (m)	c (m)	twist (°)
0	0.17	0.212770772	41.64213925
1	0.328	0.252756518	32.66125636
2	0.486	0.238178628	25.59779182
3	0.644	0.211458169	20.23939127
4	0.802	0.185627597	16.18322617

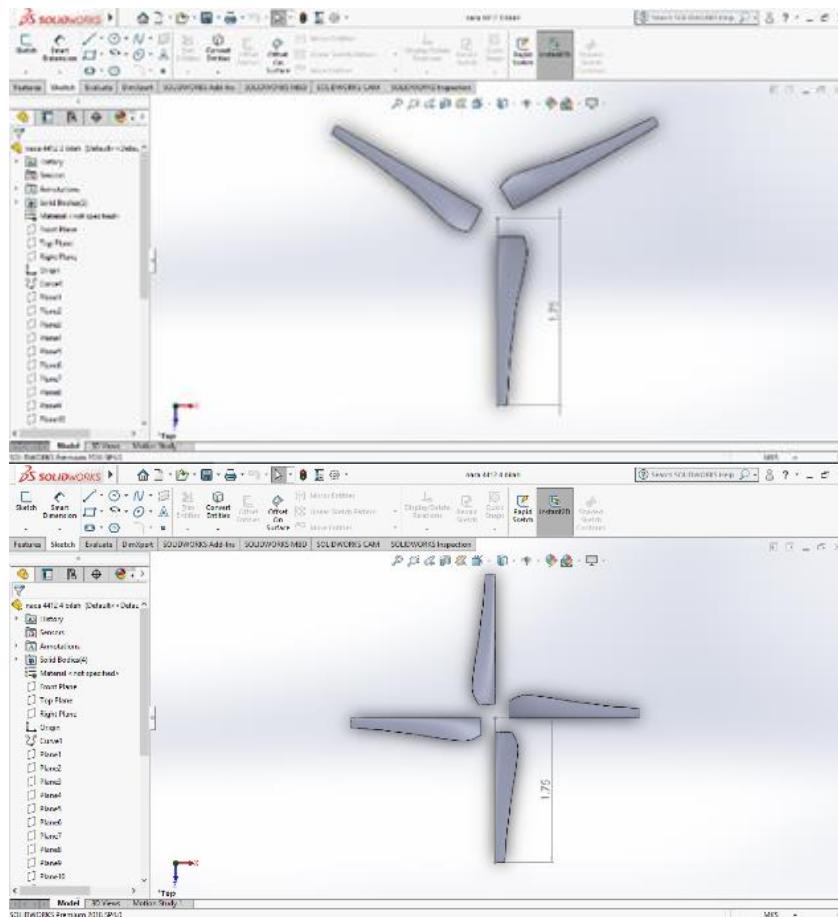
5	0.96	0.163579664	13.07095811
6	1.118	0.145350723	10.63735685
7	1.276	0.130332028	8.696866578
8	1.434	0.117878795	7.120961722
9	1.592	0.107451726	5.819847387
10	1.75	0.098628905	4.729781083

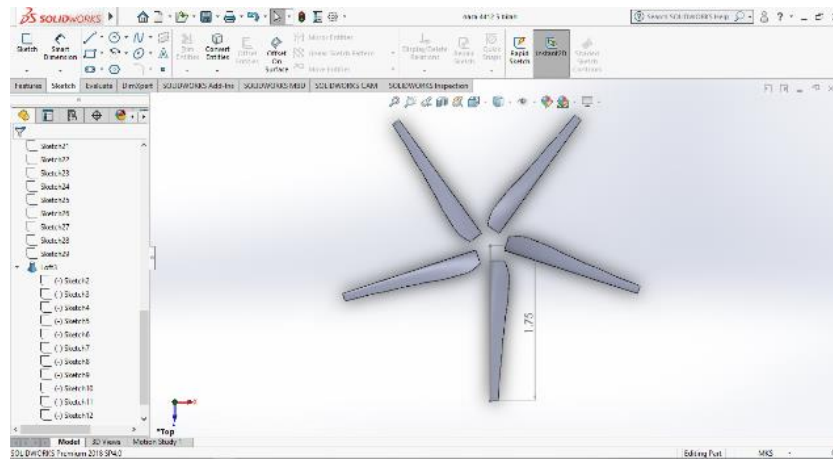
Analisis Aerodinamik Rotor

Simulasi rotor menggunakan *QBlade* yaitu perangkat lunak terbuka untuk melakukan simulasi aerodinamik. Simulasi yang digunakan yaitu LLT. Dengan membuat masukan kecepatan angin bervariasi pada setiap pengujian. Variasi dari kecepatan angin tiap rotor sama yaitu 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s 9 m/s dan 10 m/s.

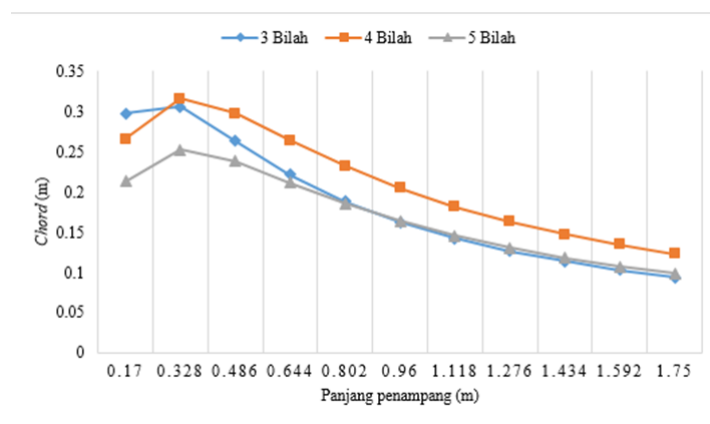
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Desain Bilah





Gambar 3. Hasil desain bilah.

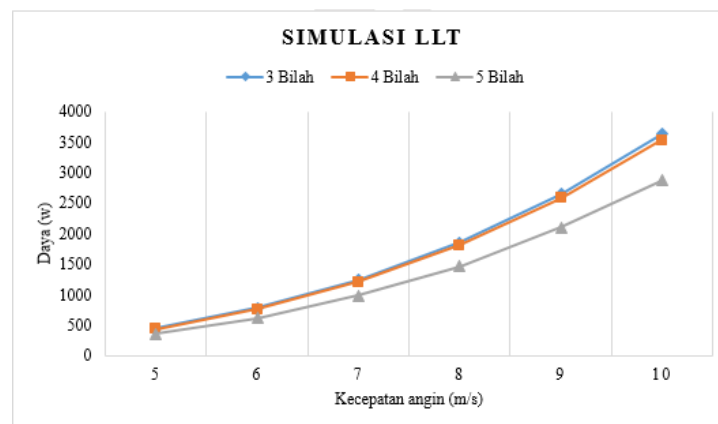


Gambar 4. Perbandingan lebar *chord* dan panjang bilah.

Hasil keseluruhan rotor dari 3 *blade*, 4 *blade* dan 5 *blade* mempunyai diameter 1,75 m, sudut serang sebesar $7,1^\circ$ dan *airfoil* NACA 4412. Hasil *chord* pada rotor 3 bilah mempunyai pangkal yang paling besar daripada yang lainnya.

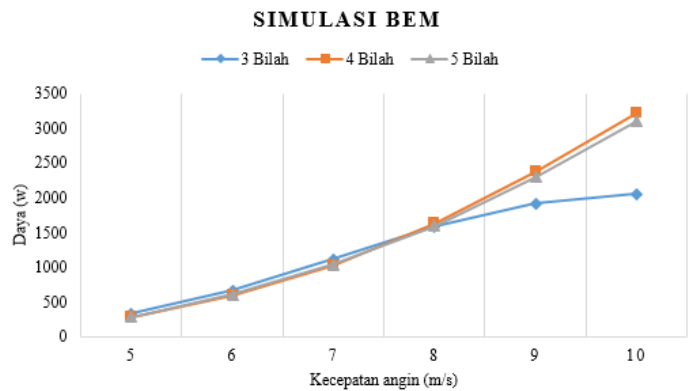
Hasil Simulasi BEM dan LLT

Hasil simulasi LLT ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil simulasi LLT.

Simulasi pada *airfoil* yang bertujuan untuk menentukan hasil *gliding ratio* paling besar *airfoil* NACA 4412 ada pada sudut $7,1^\circ$, besar C_l 1,230. Harga C_l/C_D *airfoil* sebagai penampang *blade* sangat mempengaruhi besarnya torsi yang dapat dihasilkan [5]. Semakin besar C_l/C_D *airfoil* maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan oleh turbin angin. Simulasi yang sudah dilakukan menggunakan *software* QBlade menghasilkan daya. Pada simulasi LLT dengan keluaran daya *output* mengalami kenaikan setiap kecepatan angin ditambahkan. Jika dibandingkan dapat diambil hasil simulasi LLT mempunyai hasil paling besar ada pada kecepatan angin 10 m/s dengan hasil 3630 watt pada rancangan rotor 3 bilah. Hasil energi listrik yang dihasilkan oleh kecepatan angin berbanding lurus yaitu jika angin bertambah kencang maka listrik semakin besar [6].



Gambar 6. Hasil simulasi BEM.

Hasil simulasi BEM menghasilkan daya keluaran 3213,32 W pada rotor dengan 4 bilah di kecepatan angin 10 m/s. Hasil simulasi BEM lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi LLT. Hal ini dikarenakan metode yang digunakan berbeda.

SIMPULAN

Didapatkannya rancangan *blade* turbin angin dengan jumlah sudu sebanyak 3 *blade* dengan diameter 1,75 m, *airfoil* NACA 4412 dan sudut serang sebesar $7,1^\circ$, 4 *blade* dengan diameter 1,75 m, *airfoil* NACA 4412 dan sudut serang sebesar $7,1^\circ$ dan 5 *blade* dengan diameter 1,75 m, *airfoil* NACA 4412 dan sudut serang sebesar $7,1^\circ$. Setiap rancangan mempunyai diameter yang sama yaitu sebesar 1,75 m, sudut serang sebesar $7,1^\circ$ dan *airfoil* NACA 4412. Rotor 3 bilah mempunyai ukuran *chord* yang paling besar diantara yang lain, dan ujung yang lebih kecil dibandingkan yang lain. Simulasi BEM dan LLT menggunakan *software* Qblade mendapatkan hasil berupa keluaran daya. Hasil simulasi BEM daya *output* terbesar ada pada rotor dengan 4 bilah yaitu sebesar 1.635,98 watt untuk kecepatan angin 8 m/s. Hasil ini diambil berdasarkan besar daya *rated* yang dirancang sebesar 2.000 watt. Pada rancangan rotor 4 bilah sudah mendekati hasil dari daya *rated*. Sementara untuk simulasi LLT daya terbesar ada pada rotor dengan 3 bilah sebesar 1860 watt pada kecepatan angin 8 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Effendi, "Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, pp. 134–138, 2019, doi: 10.21063/jte.2019.3133823.
- [2] A. Prasetyo, D. Notosudjono, and H. Soebagja, "Studi Potensi Penerapan Dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Indonesia," *Progr. Stud. Tek. Elektro*, pp. 1–12, 2019.
- [3] R. Syahyuniar, Y. Ningsih, and H. Herianto, "Rancang Bangun Blade Turbin Angin Tipe Horizontal," *J. Elem.*, vol. 5, no. 1, p. 28, 2018, doi: 10.34128/je.v5i1.74.

- [4] S. Gundtoft, "Wind turbines.," 2009. doi: 10.4324/9780203103289-9.
- [5] S. Atmadi, A. Jamaludin, F. Peneliti, and B. Aerodinamika, "Analisa Pengaruh Sudut Pitch, Untuk Memperoleh Daya Optimal Turbin Angin Lpn-Skea 50 Kw Pada Beberapa Kondisi Kecepatan Angin," *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 7, no. Juni, pp. 60–66, 2009.
- [6] R. Yunginger and N. S. Nawir, "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo," *Univ. Negeri Gorontalo*, vol. 15, pp. 1–15, 2015.