

## PERANCANGAN TURBIN ANGIN BERPOROS HORIZONTAL DENGAN DAYA RATED 2.000 W

Muhammad Rijal<sup>1)</sup>, Trisma Jaya Saputra<sup>2)</sup>, Rany Puspita Dewi<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Email: [muh.rijal2701@gmail.com](mailto:muh.rijal2701@gmail.com), [trismajayasaputra@gmail.com](mailto:trismajayasaputra@gmail.com), [ranypuspita@untidar.ac.id](mailto:ranypuspita@untidar.ac.id)

### ABSTRAK

Energi angin merupakan salah satu energi yang bersih dan terbarukan. Energi angin ini diubah menjadi energi listrik menggunakan turbin angin. Kecepatan angin di Indonesia berkisar antara 3 m/det hingga 7 m/det. Turbin angin sumbu *horizontal* ini dapat ditingkatkan efisiensinya untuk mencapai koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menambah jumlah sudu, memvariasikan *angle twist* dan besar *chord*. Untuk menguji hal tersebut dapat diuji dengan perangkat lunak, perangkat lunak yang digunakan adalah *software QBlade*. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode simulasi BEM dan LLT. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan turbin sumbu *horizontal NACA 4412* yang terdiri dari pembuatan desain turbin, simulasi, pengujian dengan 5 variasi kecepatan angin, dan pengambilan data. Dalam penelitian ini akan dilakukan desain sudu turbin angin menggunakan perhitungan matematis untuk mendapatkan rancangan sudu. Perangkat lunak *QBlade* yang akan digunakan untuk menentukan koordinat *NACA Airfoil* yang digunakan dalam penelitian, pembuatan sudu dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, setelah Sudu selesai didesain akan diuji coba dengan menggunakan *QBlade* dengan metode LLT. *Blade NACA 4412* dalam 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, NACA 4412, *Qblade*

### ABSTRACT

*Wind energy is one of the clean and renewable energy. This wind energy is converted into electrical energy using wind turbines. Wind speeds in Indonesia range from 3 m/sec to 7 m/sec. This horizontal axis wind turbine can be increased in efficiency to achieve the maximum power coefficient. One of them is by increasing the number of blades, varying the angle twist and the size of the chord. To test this can be tested with software, the software used is QBlade software. The methods carried out in this study are BEM and LLT simulation methods. The activities carried out in this study include the design of the NACA 4412 horizontal axis turbine which consists of making turbine designs, simulations, testing with 5 variations in wind speed, and data retrieval. In this study, a wind turbine blade design will be carried out using mathematical calculations to obtain the blade design. The QBlade software that will be used to determine the NACA Airfoil coordinates used in the study, the creation of the blade is carried out using SolidWorks software, after the Sudu is completed the design will be tested using QBlade with the LLT methods. Blade NACA 4412 in the LLT simulation results have the greatest results are at a wind speed of 10 m / s with a result of 3630 watts in the 3-blade rotor design.*

**Keyword:** Wind energy, 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 keuntungan karena angin tidak akan habis jika digunakan terus menerus, tidak seperti bahan bakar fosil yang bisa habis di masa depan [1]. Tenaga angin juga

merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan penggunaannya tidak akan banyak menimbulkan emisi gas buang atau menimbulkan pencemaran lingkungan.

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.

Pada dasarnya energi yang dihasilkan oleh angin tidak dapat dimanfaatkan secara langsung, sehingga diperlukan suatu alat yang dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik untuk mengubahnya menjadi energi listrik. Alat itu disebut turbin angin atau lebih dikenal dengan kincir angin. 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].

Turbin angin sumbu horizontal mempunyai sumbu putar yang terletak sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotor yang searah dengan arah angin. Komponen utama turbin angin sumbu horizontal terdiri dari, sudu (*blade*), ekor (*tail*), tiang penyangga (*tower*), dan alternator. Berdasarkan letak rotor terhadap arah angin, turbin angin sumbu horizontal dibedakan menjadi dua macam yaitu *upwind* dan *downwind*. Turbin angin jenis *upwind* memiliki rotor yang menghadap arah datangnya angin sedangkan turbin angin jenis *downwind* memiliki rotor yang membelakangi arah datang angin.

## METODE

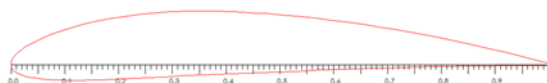
### Desain Bilah

Desain bilah berupa *Tip Speed Ratio* Optimal ( $\lambda_{\text{optimal}}$ ) 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  $C_1$  1,230. Distribusi panjang *chord* ( $c$ ) dan sudut *twist* ( $\beta$ ) 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 1). Hasil perhitungan distribusi *chord* dan *twist* geometri bilah ditunjukkan di dalam Tabel 1, 2 dan 3.



Gambar 1. *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

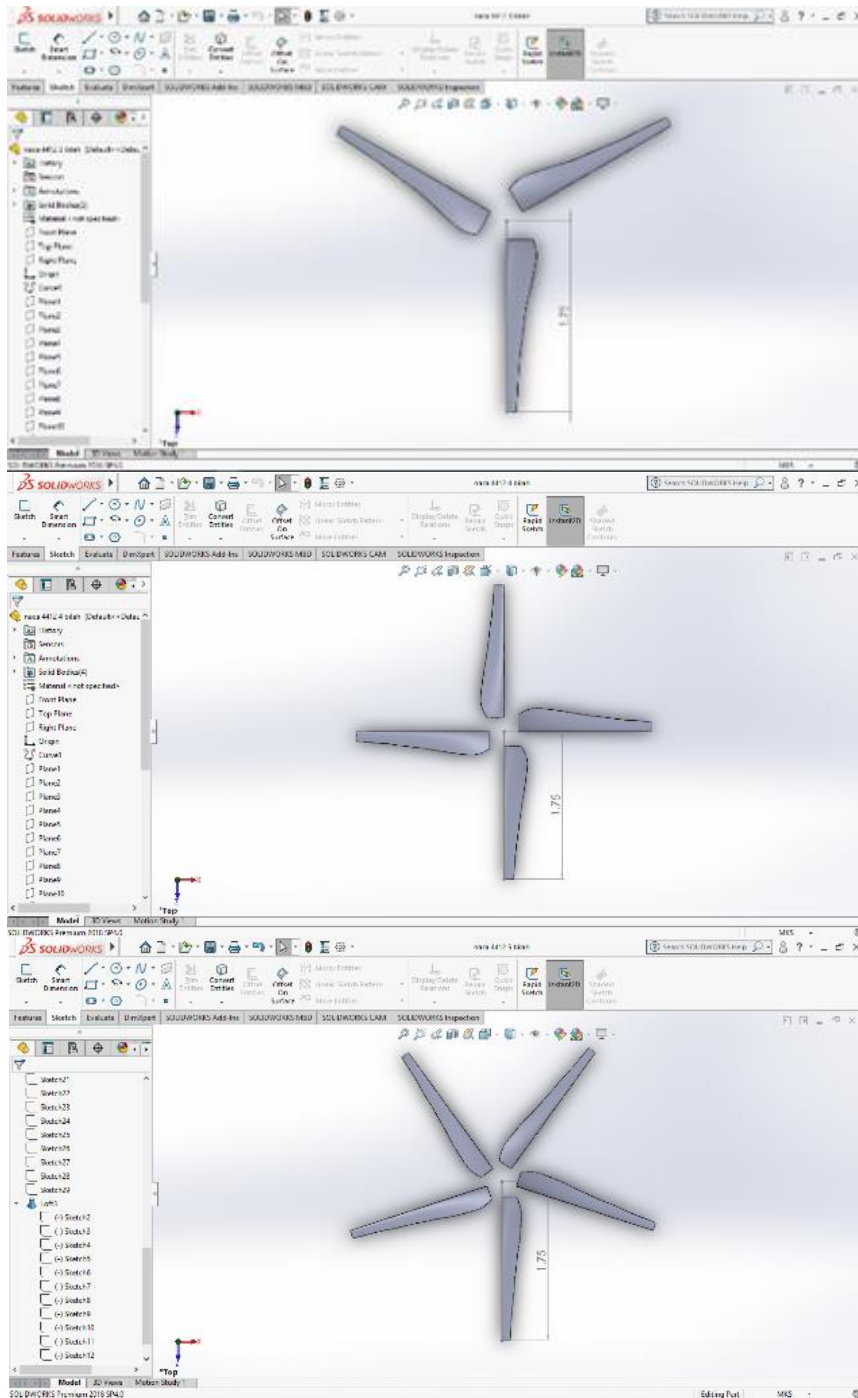
Tabel 3. Hasil perhitungan geometri 5 bilah.

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

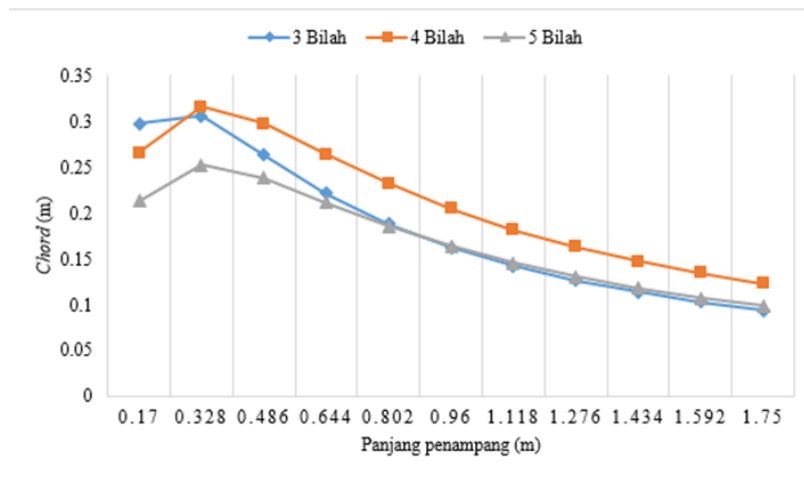
Simulasi rotor menggunakan *QBlade* yaitu perangkat lunak terbuka untuk melakukan simulasi aerodinamik. Simulasi yang digunakan yaitu LLT. Dengan membuat masukan kecepatan angin bervariasi pada setiap pengujian. Variasi dari kecepatan angin tiap rotor sama yaitu 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s 9 m/s dan 10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

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Desain Bilah



Gambar 2. Hasil desain bilah.

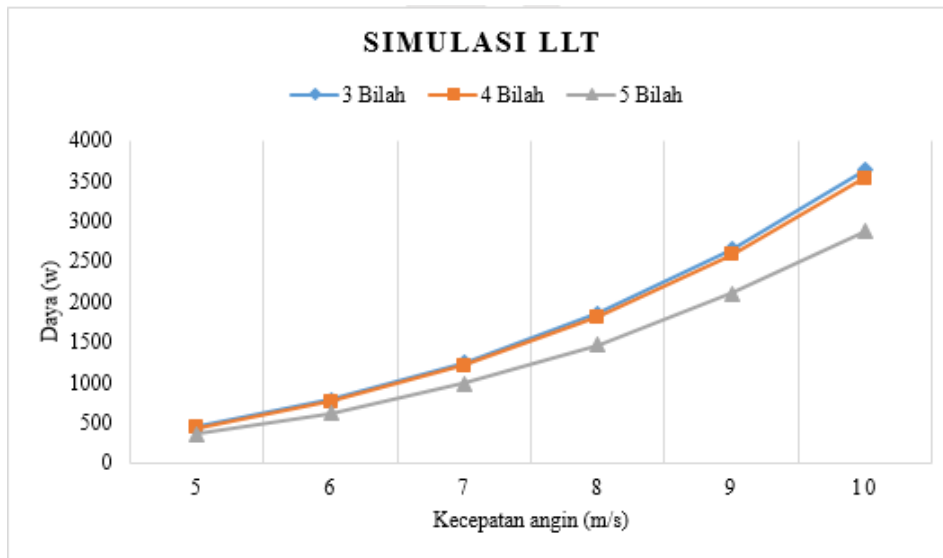


Gambar 3. Perbandingan lebar *chord* dan panjang bilah.

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

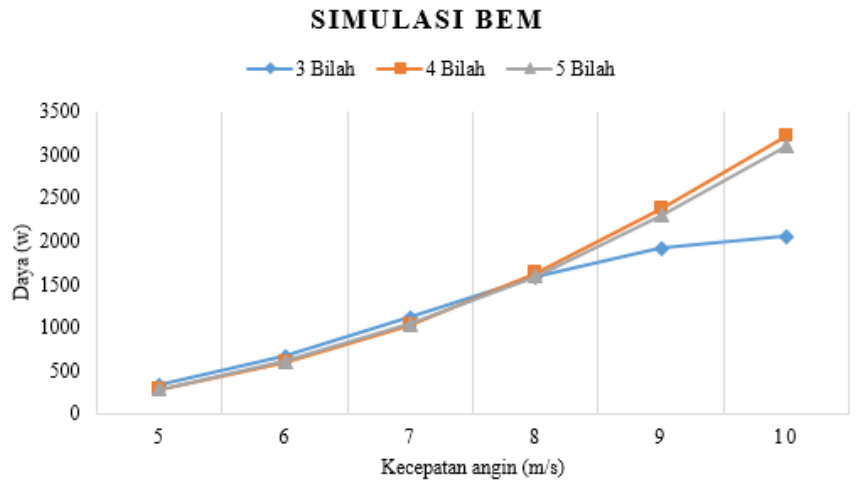
Hasil simulasi LLT ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. 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. Semakin besar kecepatan angin maka akan semakin besar energi listrik yang dapat dihasilkan dari konversi energi angin [6].



Gambar 5. 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.