

## PERANCANGAN AWAL SUDU TURBIN ANGIN DENGAN KAPASITAS 3200 WATT

\*Vito Andika Permana<sup>1</sup>, Ismoyo Haryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. dan 62247460059

\*E-mail: [vito.andika@gmail.com](mailto:vito.andika@gmail.com)

### Abstrak

Kebutuhan energi terus meningkat yang sejalan dengan menipisnya sumber energi tak terbarukan. Maka dari itu perlu dikembangkan potensi dari sumber energi terbarukan. Salah satunya pemenuhan energi listrik yang dihasilkan dari energi angin. Dengan luasnya daerah pesisir pantai di Indonesia, semestinya meningkatkan potensi energi angin. Turbin angin dapat menjadi salah satu solusi alat pembangkit tenaga listrik dengan mengkonversi energi angin menjadi listrik ditengah krisis energi global pada abad ke-21 ini. Pada lokasi yang dipilih, yaitu pada lokasi tambak di pesisir pantai Kulon Progo, pemenuhan kebutuhan energi listrik masih mengandalkan generator diesel. Maka, perlu dirancang turbin angin yang dapat memenuhi kebutuhan energi listrik dari tambak untuk menggantikan generator yang menggunakan bahan bakar solar. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan airfoil yang memiliki  $C_l / C_d$  maksimum dan mendesain sudu turbin angin sumbu horizontal dengan kapasitas minimum 3200 W dengan menggunakan metoda *Blade Element Momentum*. Simulasi dalam pembuatan desain menggunakan software *Qblade*. Dari hasil simulasi didapat airfoil yang memiliki  $C_l / C_d$  paling besar dari 34 airfoil yang dibandingkan adalah airfoil *Giguere SG6043*. Konfigurasi blade yang dirancang mempunyai diameter 10 m, sudut *pitch* 1 derajat, dan *twist* 25 derajat pada posisi 0.31-0.62 m, 11 derajat pada posisi 0.62-1.25m, 6 derajat pada posisi 1.25-2.50 m, 2 derajat pada posisi 2.50-3.75 m, dan 0.41 derajat pada posisi 3.75-5.00 m dengan daya maksimum 3657 Watt pada 56 rpm.

**Kata Kunci:** *Blade Design, Blade Element Momentum, Hemat Energi, Horizontal Axis Wind Turbine, QBlade, Wind.*

### Abstract

*The energy need for is increasing from year to year in line with the depletion of non-renewable energy resources. Therefore it is necessary to explore the potential of renewable energy resources in order to meet a demand. Wind turbines can be an alternative generator by converting wind energy into electricity amid the global energy crisis in the 21st century. At selected locations, namely the pond location on the coast of Kulon Progo, the electrical energy needs still rely on diesel generators. The objective of this thesis is to design a wind turbine that can meet the needs of the electrical energy from the pond to replace generators that use diesel fuel. This study aimed to get an airfoil that has maximum  $C_l / C_d$  and configuration as well as dimensions of horizontal axis wind turbine blade with a minimum capacity of 3200 W. Simulation an analysis we conducted by using Qblade software. The result showed that airfoil which has  $C_l / C_d$  most of the 34 airfoil being compared is Giguere SG6043 airfoil. Blade configuration that is designed to have a diameter of 10 m, the pitch angle of 1 degree, and 25 degree twist in position 0.31-0.62 m, 11 degrees in position 0.62-1.25m, 6 degrees in position 1.25-2.50 m, 2 degrees in position 2.50-3.75 m, and 0.41 degrees in position 3.75-5.00 m with maximum power of 3657 Watts at 56 rpm.*

**Keywords:** *Blade Design, Blade Element Momentum, Horizontal Axis Wind Turbine, QBlade, Save Energy, Wind..*

### 1. Pendahuluan

Pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun. Sementara tingginya kebutuhan migas tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya menyebabkan kelangkaan sehingga di hampir semua negara berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan.

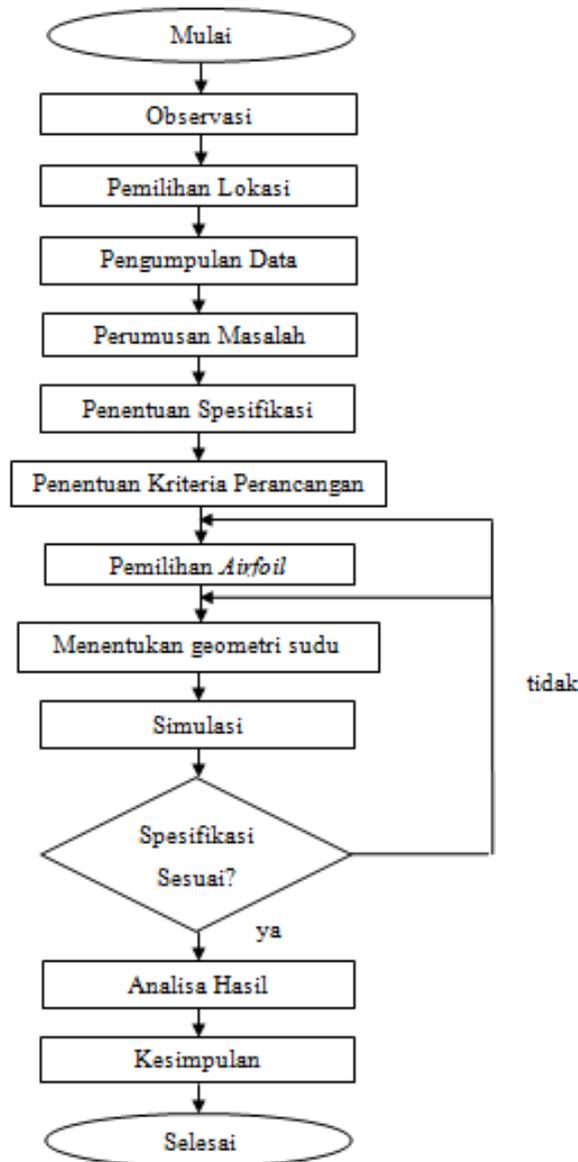
Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena penambahan

penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Salah satu sumber pemasok listrik, PLTA bersama pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) memang memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik terutama di Jawa, Madura, dan Bali [1].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan airfoil yang memiliki  $C_l / C_d$  maksimum dan mendesain sudu turbin angin sumbu horizontal dengan kapasitas minimum 3200 W dengan menggunakan metoda *Blade Element Momentum*. Simulasi dalam pembuatan desain menggunakan *software Qblade*.

## 2. Metodologi Penelitian

Dalam perancangan ini dilakukan tahap-tahap seperti yang terlihat dari diagram alir pada Gambar 1. Dimulai dari observasi masalah, pemilihan lokasi dalam perancangan, pengumpulan data, perumusan masalah, penentuan spesifikasi, kemudian dilanjutkan pemilihan airfoil, penentuan geometri sudu, kemudian dilakukan simulasi untuk mendapatkan spesifikasi yang sesuai. Apabila spesifikasi yang didapatkan belum sesuai langkah bisa diulang penentuan airfoil atau ke penentuan geometri sudu. Apabila telah didapat spesifikasi yang diinginkan kemudian hasil tersebut dianalisa dan diambil kesimpulan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

## 3. Pemilihan Lokasi

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya adalah sumber energi angin. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu Negara yang terletak di garis khatulistiwa merupakan faktor, bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah. Pada dasarnya angin terjadi karena

ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah katulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya daerah kutub yang dingin, udara menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis katulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa.

Ditinjau dari letaknya pemanfaatan energi angin dibedakan menjadi tiga, *onshore*, *offshore* dan *nearshore*. Instalasi turbin *onshore* didefinisikan pada jarak 3 km atau lebih dari garis pantai dan umumnya instalasi dilakukan di daerah berbukit untuk mendapatkan percepatan topografis. Akan tetapi penentuan lokasi tepatnya harus dilakukan secara hati-hati karena dapat menyebabkan perbedaan kecepatan angin yang signifikan.

Instalasi turbin *nearshore* umumnya didefinisikan di wilayah pantai dari 3 km di daratan ke 10 km pada laut dari garis pantai. Pemanfaatan pada lokasi ini mengutamakan keuntungan dari adanya angin darat dan angin laut sehubungan dengan perbedaan suhu laut dan darat [2].

### 3.1 Penentuan Airfoil

Dalam pemilihan *airfoil* yang akan diambil dalam perancangan turbin angin ini, didapat dari *UIUC Airfoil Coordinates Database* dengan mengkhususkan *airfoil* yang sudah digunakan dalam turbin angin yang telah ada. Setelah pengujian yang telah dilakukan di dalam *software QBlade* didapat  $C_l / C_d$  seperti yang telah ditampilkan dalam Tabel 1 di bawah ini. Dalam simulasi ini menggunakan bilangan reynold ( $Re$ ) 1.000.000.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pemilihan Lokasi

Tabel 1. Kecepatan Angin di Wilayah DIY [3]

Ibukota Kabupaten	Cuaca	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (km/jam)	Arah Angin
Wates	Berawan	22 - 32	63 - 95	18	Timur
Bantul	Berawan	23 - 32	63 - 95	18	Timur
Wonosari	Berawan	23 - 32	63 - 94	18	Timur
Sleman	Hujan Ringan	22 - 32	65 - 95	15	Timur
Yogyakarta	Hujan Ringan	23 - 32	65 - 95	15	Timur

Lokasi yang diinginkan dalam pemanfaatan turbin angin pembangkit listrik ini adalah di daerah pesisir pantai di wilayah Kulon Progo Yogyakarta. Di daerah pesisir pantai tersebut sedang marak digunakan untuk tambak udang. Namun banyak petani-petani tambak menggunakan generator diesel untuk menghasilkan listrik untuk menghidupkan kincir dan penerangan yang digunakan dalam tambak tersebut. Setelah melakukan survei dengan petani tambak, didapat data bahwa pada tambak-tambak kecil yang menggunakan generator dengan daya 5000 W. Generator tersebut digunakan untuk menghidupkan dua kincir yang masing-masing membutuhkan daya 1600 W. Jadi total daya yang dibutuhkan minimum 3200 W. Maka pada perancangan ini dibuat desain sudu turbin untuk mengakomodasi daya minimum sebesar 3200 W. Akan lebih murah dan efisien jika kelak untuk membangkitkan listrik menggunakan turbin angin sebagai penghasil energi listrik.

### 4.2 Pemilihan Airfoil

Tabel 2. Perbandingan Macam-Macam *Airfoil* untuk Penggunaan Turbin Angin

No	<i>Airfoil</i>	Cl/Cd maksimum
1	Althaus AH 93-W-145	151.65
2	Althaus AH 93-W-174	150.81
3	Althaus AH 93-W-215	120.73
4	Althaus AH 93-W-257	122.04
5	Althaus AH 93-W-300	82.26
6	Althaus AH 93-W-480B	25.10
7	Althaus AH 94-W-301	105.31
8	Bergey BW-3	93.62
No	<i>Airfoil</i>	Cl/Cd maksimum
9	Wortmann FX 77-W-121	147.63
10	Wortmann FX 77-W-270	62.24
11	Wortmann FX 77-W-270S	95.64
12	Wortmann FX 79-W-151	132.08

13	Wortmann FX 79-W-660A	6.10
14	Wortmann FX 83-W-108	156.88
15	Wortmann FX 83-W-160	123.68
16	Wortmann FX 83-W-227	92.42
17	Wortmann FX 84-W-097	124.48
18	Wortmann FX 84-W-127	144.15
19	Wortmann FX 84-W-140	149.25
20	Wortmann FX 84-W-150	149.94
21	Wortmann FX 84-W-175	124.50
22	Wortmann FX 84-W-218	111.92
23	Martin Hepperle MH 102	149.25
24	Martin Hepperle MH 104	123.76
25	Martin Hepperle MH 106	104.30
26	Martin Hepperle MH 108	103.90
27	Martin Hepperle MH 110	96.69
28	Giguere SG6040	96.69
29	Giguere SG6041	98.05
30	Giguere SG6042	147.05
31	Giguere SG6043	176.98
32	Giguere SG6050	128.30
33	Giguere SG6051	134.46
34	Jacobs USNPS4	112.15

#### 4.3 Penentuan Diameter

Pada perancangan turbin ini dipilih variasi diameter 5 m, 10 m, 20 m. Menggunakan *software QBlade* dengan konfigurasi blade seperti yang disajikan dalam Tabel 3 - 5 dibawah. Untuk setiap kenaikan diameter, *chord* juga diperlebar sesuai dengan perbandingan kenaikan diameter. Simulasi ini tanpa variasi pitch dan twist.

**Tabel 3.** Konfigurasi *blade* untuk diameter 5 m

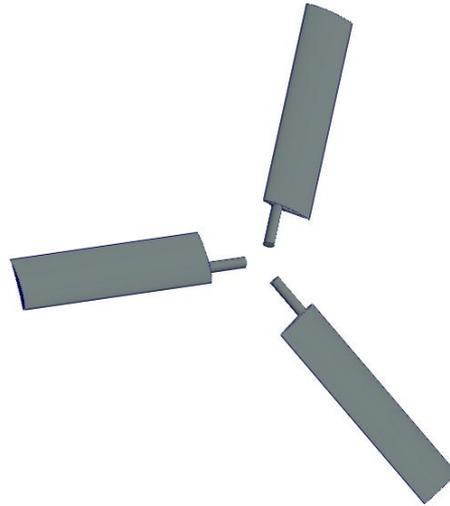
<i>Pos (m)</i>	<i>Chord (m)</i>	<i>Foil</i>
0.0	0.1	Circular Foil
0.4	0.1	Circular Foil
0.4	0.5	SG6043
2.5	0.5	SG6043

**Tabel 4.** Konfigurasi *blade* untuk diameter 10 m

<i>Pos (m)</i>	<i>Chord (m)</i>	<i>Foil</i>
0.0	0.2	Circular Foil
0.8	0.2	Circular Foil
0.8	1.0	SG6043
5.0	1.0	SG6043

**Tabel 5.** Konfigurasi *blade* untuk diameter 20 m

<i>Pos (m)</i>	<i>Chord (m)</i>	<i>Foil</i>
0.0	0.4	Circular Foil
1.6	0.4	Circular Foil
1.6	2.0	SG6043
10.0	2.0	SG6043



**Gambar 2.** Bentuk geometri *blade* untuk simulasi penentuan diameter

Dari ketiga macam variasi *blade* yang diuji didapat daya maksimum seperti yang terlihat pada Tabel 6 dibawah.

**Tabel 6.** Daya maksimum pada variasi diameter *blade*

<i>Blade</i> dengan diameter	Daya maksimum
5 m	656 W (pada 51 rpm)
10 m	2432 W (pada 26 rpm)
20 m	8749 W (pada 16 rpm)

Dari perbandingan daya maksimum pada Tabel 6 diatas, *blade* dengan diameter 10 m yang paling mendekati kapasitas 3200 W. Sehingga akan dilanjutkan pembuatan desain dengan diameter 10 m lebih lanjut untuk mendapatkan kapasitas yang diinginkan.

#### 4.4 Penentuan *Pitch*

Dalam pembuatan desain sudu didapat dari desain sudu turbin angin yang telah ada seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 dibawah.

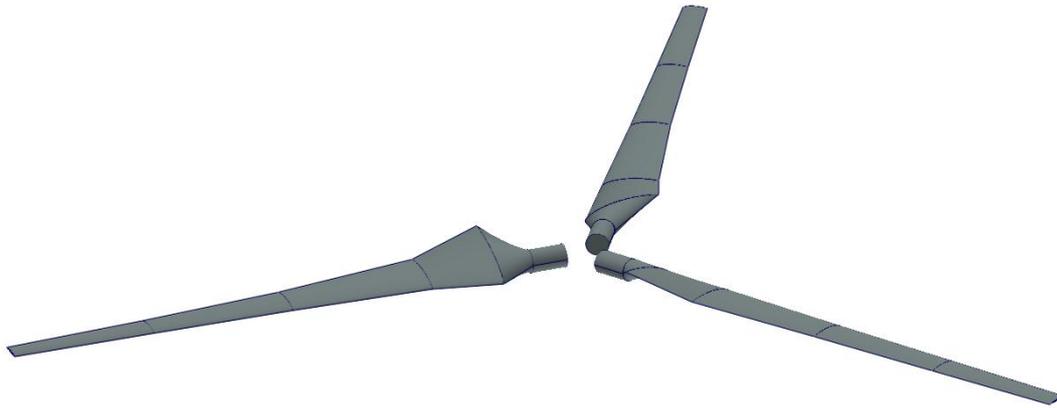
**Tabel 7.** Konfigurasi sudu dari turbin angin yang ada

<i>Pos</i> (m)	<i>Chord</i> (m)	<i>Twist</i> (degree)	<i>Foil</i>
0.00	0.40	0.00	Circular Foil
0.62	0.40	0.00	Circular Foil
1.25	1.40	24.74	NACA 5518
2.50	1.00	9.00	NACA 5518
5.00	0.70	5.00	NACA 5518
7.50	0.53	2.00	NACA 5518
10.00	0.42	0.50	NACA 5518

Pada konfigurasi diatas menggunakan sudu dengan diameter 20 m. Sehingga ukurannya disesuaikan untuk diameter separuhnya sehingga panjang chord juga berkurang setengahnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8 yang digunakan sebagai desain awal.

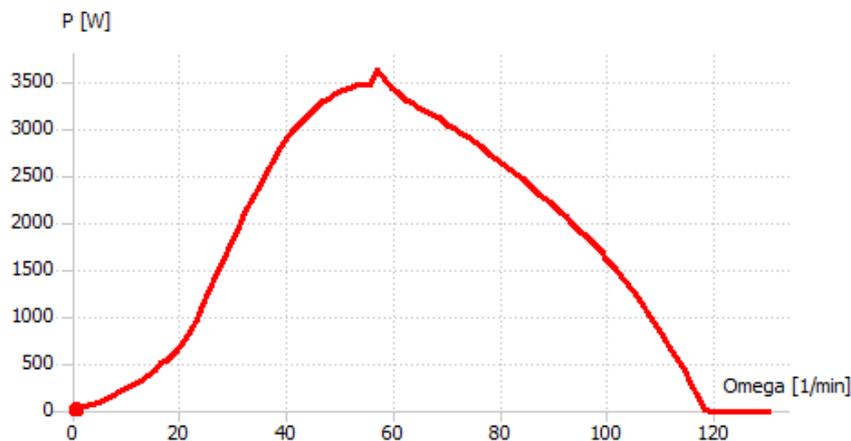
**Tabel 8.** Konfigurasi sudu yang digunakan sebagai desain awal

<i>Pos</i> (m)	<i>Chord</i> (m)	<i>Twist</i> (degree)	<i>Foil</i>
0.00	0.20	0.00	Circular Foil
0.31	0.20	0.00	Circular Foil
0.62	0.70	24.74	SG6043
1.25	0.50	9.00	SG6043
2.50	0.35	5.00	SG6043
3.75	0.27	2.00	SG6043
5.00	0.21	0.50	SG6043

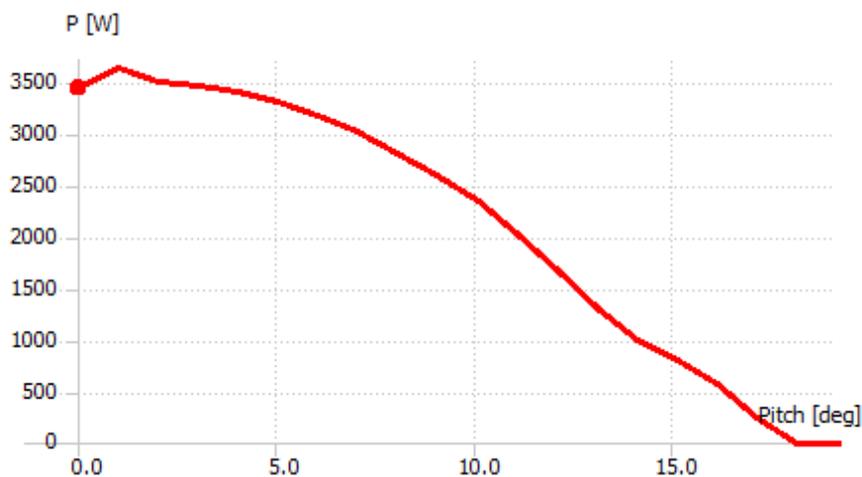


**Gambar 3.** Desain awal sudu yang digunakan

Setelah penentuan konfigurasi selesai, kemudian dilakukan simulasi untuk mengetahui besarnya daya yang dihasilkan dan sudut *pitch* untuk menghasilkan daya maksimum.



**Gambar 4.** Grafik daya berbanding dengan putaran per menit



**Gambar 5.** Grafik daya berbanding dengan sudut *pitch* pada sudu

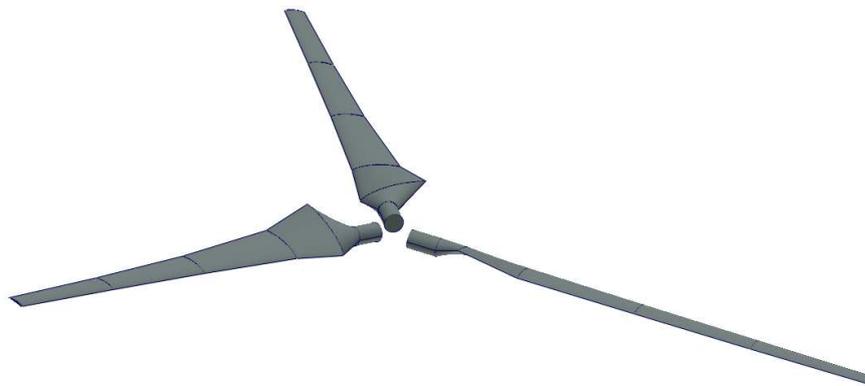
Setelah proses simulasi didapat daya maksimum 3630 Watt pada 56 rpm dan sudut *pitch* pada *blade* 1 derajat seperti terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 di atas. Sehingga digunakan sudut *pitch* 1 derajat untuk selanjutnya optimasi dalam penentuan *twist* pada *blade*.

#### 4.5 Penentuan *Twist*

Setelah desain awal diketahui daya yang dihasilkan, kemudian dengan *software Qblade* disimulasikan untuk mendapatkan *twist* yang menghasilkan daya maksimum. Dalam setiap bagian blade dimulai dari bagian paling dekat dengan rotor disimulasikan manual dengan kenaikan atau dengan penurunan 1 derajat. Pada tiap perubahan sudut tidak terlalu signifikan. Tetapi pada bagian chord yang paling luar penambahan daya yang dihasilkan setiap perubahan sudut 0.01 derajat cukup besar. Setelah proses simulasi selesai didapat konfigurasi blade yang menghasilkan daya maksimum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 6.

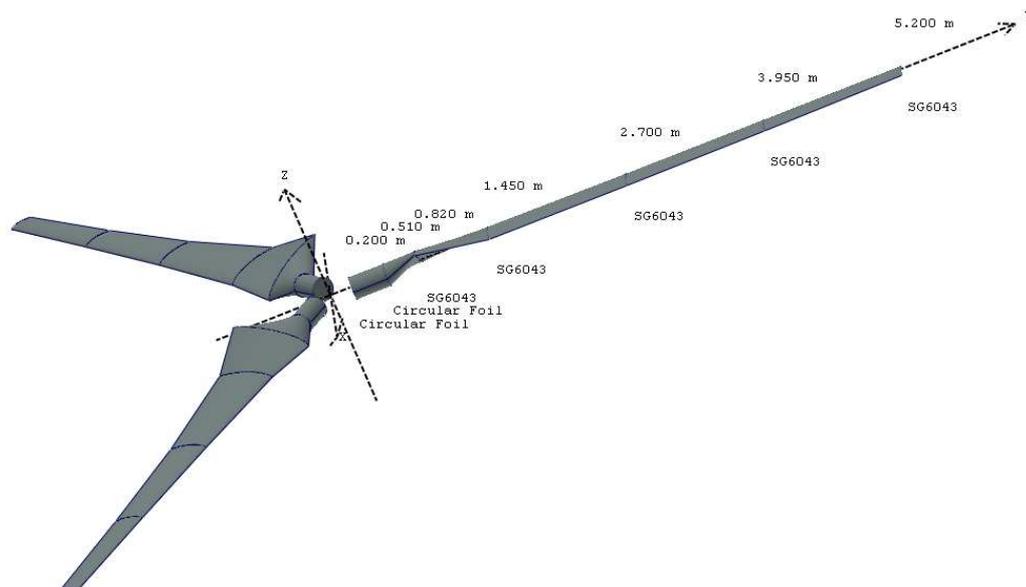
**Tabel 9.** Konfigurasi *blade* setelah dilakukan optimasi *twist*

Pos (m)	Chord (m)	Twist (degree)	Foil
0.00	0.20	0.00	Circular Foil
0.31	0.20	0.00	Circular Foil
0.62	0.70	25.00	SG6043
1.25	0.50	11.00	SG6043
2.50	0.35	6.00	SG6043
3.75	0.27	2.00	SG6043
5.00	0.21	0.41	SG6043



**Gambar 6.** Desain sudu setelah optimasi *twist*

Daya maksimum yang dapat dihasilkan dari variasi *twist* adalah 3657 Watt pada 56.44 rpm dan *pitch* 1 derajat. Sehingga desain sudu yang diinginkan untuk mencapai daya minimum 3200 Watt telah dipenuhi.



**Gambar 7.** Desain akhir *blade* yang digunakan

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari perancangan Tugas Akhir ini adalah *Airfoil* yang memiliki  $C_l/C_d$  paling besar

dari 34 *airfoil* yang dibandingkan dengan bilangan reynold 1.000.000 adalah *airfoil Giguere SG6043*. Konfigurasi *blade* yang dirancang mempunyai diameter 10 m, sudut *pitch* 1 derajat, dan *twist* 25 derajat pada posisi 0.31-0.62 m, 11 derajat pada posisi 0.62-1.25m, 6 derajat pada posisi 1.25-2.50 m, 2 derajat pada posisi 2.50-3.75 m, dan 0.41 derajat pada posisi 3.75-5.00 m dengan daya maksimum 3657 Watt pada 56 rpm.

#### Daftar Pustaka

- [1] Putranto, Adityo. 2011. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga.
- [2] Hau, Eric. 2005. *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*.
- [3] <http://bmkg.go.id> (diakses terkakhir tanggal 21 Oktober 2014)
- [4] Hansen, Martin O.L. 2008. *Aerodynamics of Wind Turbines*, Edisi Kedua. UK: TJ International.