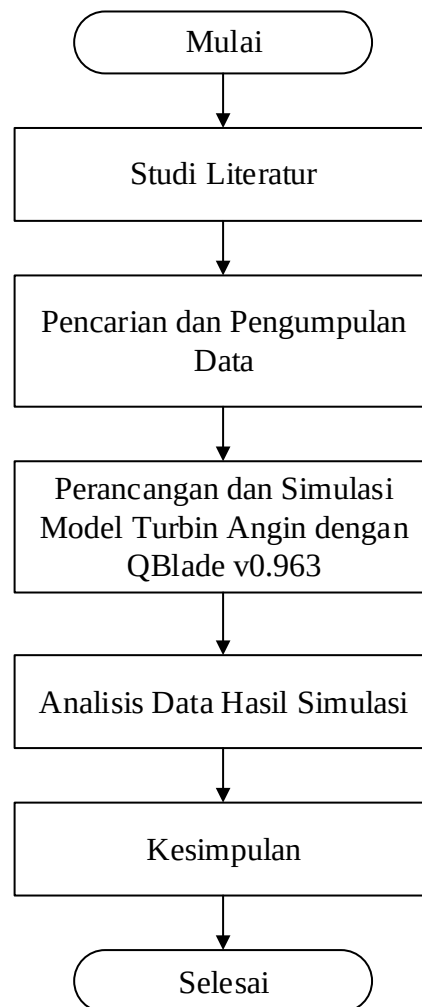


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam sebuah penelitian perlu diperhatikan alur yang sistematis untuk memberikan arahan agar mempermudah pemahaman serta tujuan yang akan dicapai. Alur penelitian mengenai pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap performansi turbin angin sumbu horizontal pada pembangkit listrik tenaga bayu diperlihatkan dengan diagram alir penelitian seperti ditunjukan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.1, maka langkah penelitian skripsi bisa dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada langkah ini penulis mencari referensi dari sumber-sumber penelitian seperti IEEE, Science Direct, Google Cendekia, Emerald Insight, dan Sage Journal yang menunjang penelitian guna memperkuat teori-teori dasar dan kajian pustaka penelitian. Dalam penelitian skripsi yang membahas tentang pembangkit listrik tenaga bayu, penulis banyak mengangkat literatur mengenai sistem kelistrikan di Indonesia, tenaga angin dan potensinya di Indonesia, prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu beserta komponen-komponen penyusunnya.

2. Pencarian dan pengumpulan data

Pada langkah ini penulis melakukan pencarian dan pengumpulan data penelitian berupa data sekunder dari hasil observasi atau pengamatan langsung di lapangan.

3. Perancangan dan simulasi model turbin angin

Pada langkah ini penulis melakukan perancangan sekaligus simulasi model turbin angin pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan program *QBlade* v0.963. Perancangan model turbin angin dibuat dengan berbagai variasi berdasarkan dari data kecepatan angin yang telah didapatkan sebelumnya.

4. Analisis data hasil simulasi

Pada langkah ini penulis melakukan analisis data hasil simulasi yang telah dilakukan pada program *QBlade* v0.963. Analisis data meliputi performa turbin angin dan performa generator yang dipakai.

5. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan langkah terakhir yang diambil penulis ketika langkah-langkah sebelumnya telah selesai. Pada langkah ini penulis mengambil ringkasan dari hasil simulasi dan analisis data yang telah dilakukan pada langkah sebelumnya. Pada langkah ini juga hasil penelitian ditunjukkan untuk kemudian dapat dijadikan referensi ataupun dikembangkan di kemudian hari.

3.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan turbin angin pembangkit listrik tenaga bayu yang berlokasi di pusat penelitian dan pengembangan teknologi terbarukan LAN

(Lentera Angin Nusantara) yang terletak di Kampung Ciheras, Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat 46189.



Sumber: lenterabumi.com (2020)

Gambar 3.2 Turbin Angin di LAN Ciheras

Sebagai gambaran umum, LAN seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 memiliki 10 turbin angin berukuran mikro sebagai pembangkit listrik tenaga bayu. LAN juga dilengkapi ruang kontrol yang di dalamnya terdapat perangkat penunjang pembangkitan energi angin seperti; *Wind Turbin Controller*, *Inverter*, *Data Logger*, juga media penyimpanan listrik berupa baterai. LAN juga memiliki ruang *workshop*, perpustakaan, ruang produksi, gudang dan *learning room* sebagai tempat sarana belajar mengajar.

LAN dibangun di kawasan yang memiliki potensi energi angin cukup baik, karena terletak di pesisir Pantai Ciheras. Daerah ini memiliki kecepatan angin di atas 2 m/s pada ketinggian 6 meter yang dapat menghasilkan rata-rata energi per harinya sebesar 490 Wh. Cuaca normal pada siang hari terbilang cukup panas, karena faktor lokasinya yang berada di pinggir pantai. Di sekitar LAN banyak tumbuh pohon kelapa juga tanaman lain yang umumnya digunakan sebagai pakan ternak.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian mengenai pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap performansi turbin angin sumbu horizontal pada pembangkit listrik tenaga bayu ini penulis melakukan pengumpulan data dengan metode sebagai berikut:

1. Studi literatur.

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data dengan cara penelusuran literatur yang bersumber dari buku, jurnal, ataupun hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Studi literatur mencari dan mengkaji teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini.

2. Diskusi.

Pengumpulan data dengan metode diskusi dilakukan dengan cara berdiskusi langsung dengan pihak-pihak yang bersangkutan dengan penelitian ini. Dalam hal ini pihak-pihak tersebut adalah Tim Lentera Angin Nusantara, orang-orang yang pernah melakukan studi di Lentera Angin Nusantara, juga orang-orang yang memiliki jurnal dan penelitian terdahulu yang pada penelitian ini dijadikan rujukan sebagai dasar teori.

3. Bimbingan.

Pengumpulan data dengan metode bimbingan dilakukan dengan cara berdiskusi dan berkonsultasi dengan dosen pembimbing penelitian yang berasal dari Departemen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia dan juga pihak-pihak lain yang membantu dan membimbing penulis agar penelitian ini selesai.

4. Observasi.

Pengumpulan data dengan metode observasi dilakukan dengan cara pengamatan langsung untuk mencari data-data yang ada di lapangan untuk selanjutnya data yang diperoleh dari metode ini digunakan untuk menunjang proses penelitian yang sedang dilakukan.

3.4 Data-Data Penunjang Penelitian

Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari observasi di PT. LAN yang kemudian akan menjadi data utama untuk

pengolahan data. Data tersebut nantinya akan menjadi masukan untuk simulasi dengan menggunakan program *QBlade* v0.963. Adapun data yang didapat mengenai pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap performansi turbin angin sumbu horizontal pada pembangkit listrik tenaga bayu adalah sebagai berikut:

3.4.1 Data Spesifikasi Turbin Angin

Data turbin angin yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari observasi di PT. LAN berbentuk tabel berisikan spesifikasi turbin angin yang dipakai. Data ini kemudian akan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan desain turbin angin dengan menggunakan program *QBlade* v0.963 untuk kemudian desain tersebut digunakan untuk simulasi dengan menggunakan program yang sama. Data spesifikasi turbin angin yang diperoleh merupakan spesifikasi turbin angin yang dibangun di Kampung Ciheras. Di pusat penelitian dan pengembangan energi terbarukan Lentera Agung Nusantara terdapat 5 turbin angin yang menggunakan jenis 3 *blade propeller*. Penggunaan jenis turbin angin ini diyakini karena memiliki tingkat efisiensi turbin angin cukup besar, yakni 40% dimana turbin ini mampu mengambil 40% dari energi angin yang diterimanya. Disamping itu *blade* jenis ini relevan dengan putaran tinggi dan dapat mulai menghasilkan energi listrik pada kecepatan yang relatif rendah, yakni mulai dari 2 m/s. Penggunaan turbin angin TSD-500 dinilai relevan oleh PT. Lentera Angin Nusantara dengan kondisi kecepatan angin yang ada di Kampung Ciheras. Adapun data spesifikasi turbin angin yang penulis peroleh dari pengamatan langsung di lapangan diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Turbin TSD-500

Tipe Turbin	TASH
<i>Start Up Wind Speed</i>	2,5 m/s
<i>Cut in Wind Speed</i>	3 m/s
<i>Survival Wind Speed</i>	33 m/s
Daya Keluaran Maksimal	500 Wp @ 12 m/s
Diameter Blade	1.6 m
Jumlah Blade	3 buah

Material Blade	Kayu Pinus
Ketinggian Tiang	6 m

Sumber: Lentera Angin Nusantara (2020)

3.4.2 Data Spesifikasi Generator

Data spesifikasi generator yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari observasi di PT. LAN berbentuk tabel berisikan spesifikasi generator yang dipakai. Data ini kemudian akan digunakan sebagai acuan untuk analisis dan perhitungan daya keluaran generator. Data spesifikasi generator yang diperoleh merupakan spesifikasi generator yang digunakan di Kampung Ciheras. Generator yang digunakan memiliki keunggulan berupa teknologi *cogging-less*. *Cogging* merupakan suatu hentakan (torsi yang berlawanan dengan arah putar turbin saat memutar rotor yang mengakibatkan rotor sulit sekali diputar dengan tangan. Hal ini mengurangi efisiensi kerja turbin, serta menimbulkan getaran dan bunyi yang mengganggu. Seandainya angin dalam kecepatan rendah maka turbin akan sangat sulit berputar. Cogging terjadi karena adanya perbedaan permeabilitas antara magnet dengan material non-magnet. Dengan adanya teknologi *cogging-less* ini rotor dapat diputar tanpa hambatan (sangat mulus meski dengan tangan sekalipun) dan turbin angin ini mampu berputar pada kecepatan angin rendah. Adapun data spesifikasi generator yang penulis peroleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Generator

Jenis Generator	Sinkron Magnet Permanen 3 Fasa
Kecepatan Generator	1000 rpm
Teknologi	<i>Cogging-less</i> dan <i>Furling</i>
Tegangan Keluar	160 V
Slot	18
Pole	6
Frekuensi Tegangan	50 Hz
Berat Sistem	25 kg
Efisiensi Generator	0,9

Sumber: Lentera Angin Nusantara (2020)

3.4.3 Data Sistem Kontrol dan Penyimpanan

Data sistem kontrol dan sistem penyimpanan yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari observasi di PT. LAN berbentuk tabel berisikan spesifikasi perangkat kontrol dan penyimpanan yang dipakai. Data ini kemudian akan digunakan penulis sebagai penunjang dalam kelengkapan dan pembuatan desain turbin angin dengan menggunakan program *QBlade* v0.963 untuk kemudian desain tersebut dipakai untuk simulasi dengan menggunakan program yang sama .

Turbin angin melalui putaran generator menghasilkan tegangan AC 3 fasa yang kemudian masuk ke *data logger* untuk kemudian data tersebut disimpan sebagai arsip data. Tegangan yang dihasilkan dari putaran generator memiliki nilai yang fluktuatif mengikuti banyaknya energi angin yang dikonversi oleh turbin angin. Oleh karena itu, tegangan 3 fasa yang telah masuk ke *data logger* diteruskan menuju *Wind Turbine Controller* (WTC) yang berfungsi menstabilkan tegangan sekaligus sebagai proteksi sistem. WTC memiliki tegangan keluar yang stabil dengan nilai 24 VDC menuju *busbar* DC yang kemudian dialirkan ke berbagai perangkat penunjang lain seperti baterai dan inverter. Adapun data spesifikasi perangkat kontrol dan penyimpanan yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari observasi di PT. LAN diperlihatkan pada Tabel 3.3.

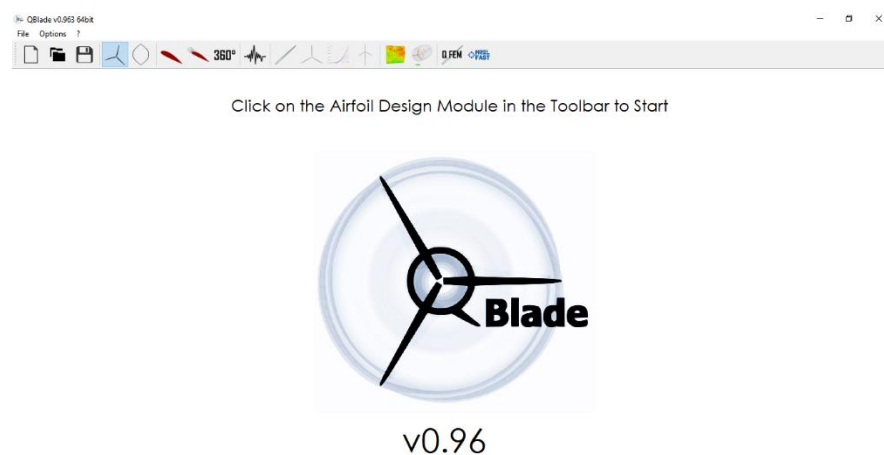
Tabel 3.3 Data Perangkat Kontrol dan Penyimpanan

Perangkat	Spesifikasi
Tegangan Masuk WTC	160 VAC
Tegangan Keluar WTC	24 VDC
Baterai	NS Accelerate Deep Cycle
Jumlah Baterai	12 buah (dipasang seri)
Tegangan Baterai	2 VDC/800 Ah
Inverter	Luminous 2500 VA Sine Wave
Tegangan Keluar Inverter	230 V
Arus Keluar Inverter	11 A
Frekuensi Inverter	50 ± 2%

Sumber: Lentera Angin Nusantara (2020)

3.5 Metode Pengolahan Data

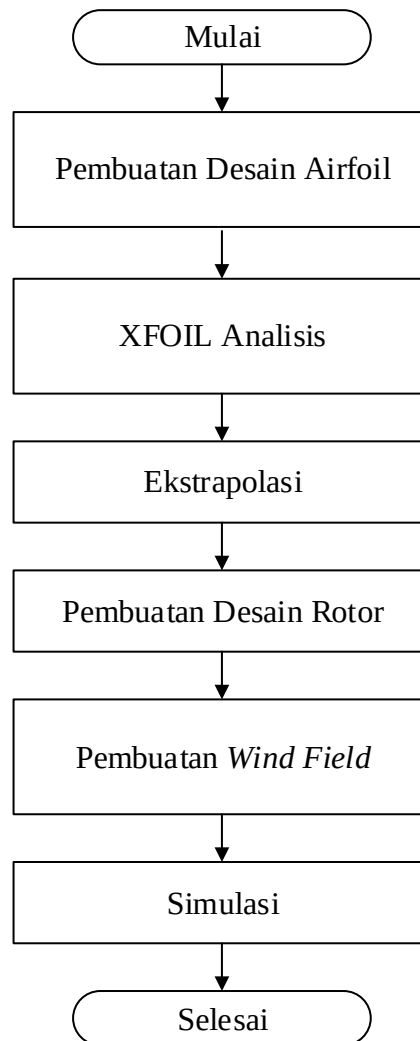
Pada penelitian ini, data-data yang telah diperoleh dari studi literatur terdahulu dan observasi digunakan untuk mendesain dan mensimulasikan turbin angin menggunakan *QBlade* v0.963. *QBlade* merupakan *software* perhitungan turbin angin yang diintegrasikan dengan mulus ke XFOIL, alat analisis dan desain *airfoil*. Integrasi ini memungkinkan pengguna untuk dengan cepat mendesain *airfoil* khusus dan menghitung kurva kinerjanya, mengekstrapolasi data kinerja hingga kisaran 360° *angle of attack*, dan langsung mengintegrasikannya ke dalam simulasi rotor turbin angin.



Gambar 3.3 QBlade v0.963

QBlade seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3 sangat memadai untuk pengajaran, karena memberikan perasaan ‘langsung’ untuk mendesai rotor HAWT maupun VAWT dan menunjukkan semua hubungan mendasar antara putaran *blade*, *chrd blade*, kinerja *airfoil* bagian, kontrol turbin, kurva daya dan beban dalam kurva yang mudah dan intuitif cara. *QBlade* juga mencakup pemrosesan pasca simulasi rotor yang dilakukan dan memberikan wawasan mendalam ke semua variabel *blade* dan rotor yang relevan.

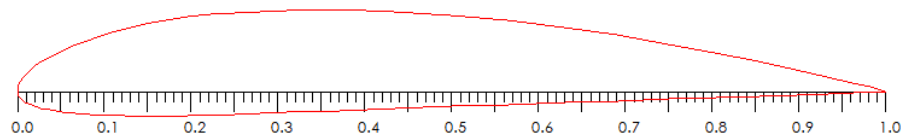
Untuk lebih lengkap dan lebih jelasnya, metode pengolahan data pada penelitian ini akan dijelaskan lebih lanjut pada diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data

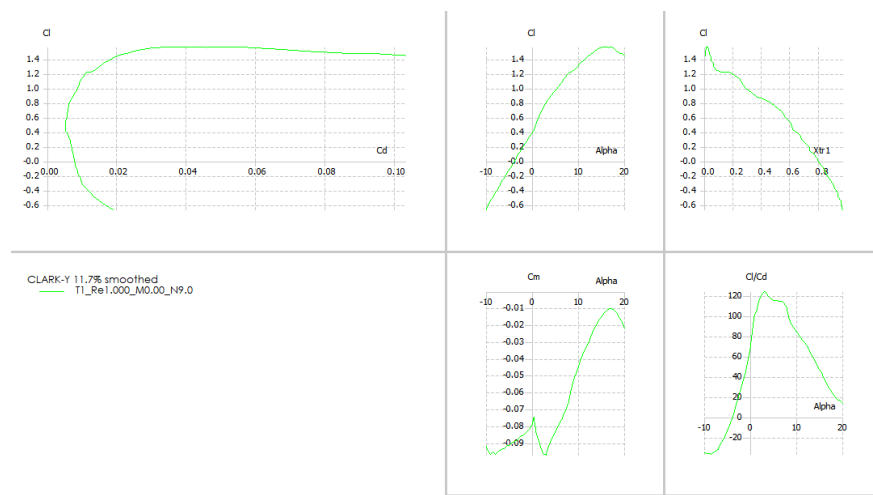
Berdasarkan Gambar 3.4 yang menunjukkan diagram alir pengolahan data di atas, langkah-langkah yang diambil penulis adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan desain *airfoil* merupakan tahap pertama dalam perancangan turbin angin di perangkat lunak *QBlade*. *Airfoil* yang digunakan yaitu berjenis Clark-Y. Spesifikasi *airfoil* didapatkan dari *datasheet* yang tersedia di laman *airfoil.com* dan dapat diunduh untuk kemudian di import ke dalam perangkat lunak *QBlade*. Desain *airfoil* berjenis Clark-Y ditunjukkan seperti pada Gambar 3.5.



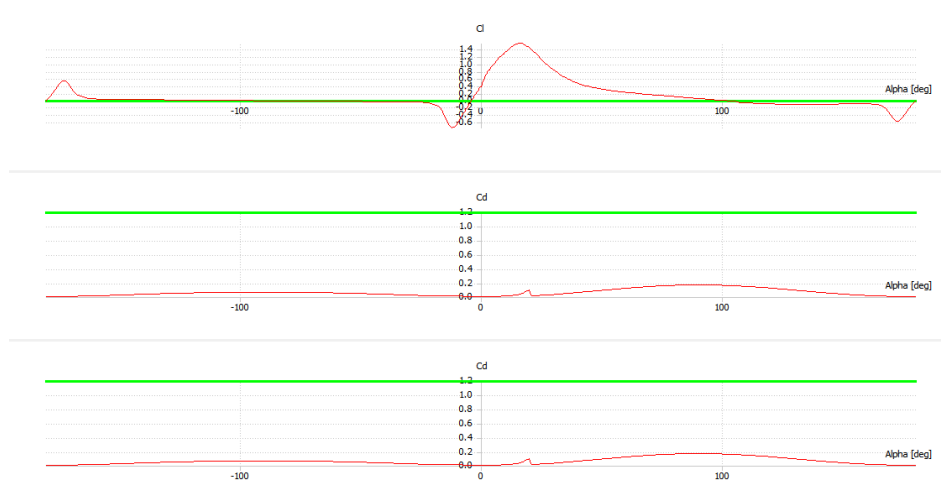
Gambar 3.5 Airfoil Clark-Y

2. XFOIL analisis seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6 merupakan tahap dimana *airfoil* yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya dianalisis untuk mengetahui nilai C_p , C_l , dan C_d . Tahap ini berguna untuk membuat *circular foil* yang akan digunakan pada tahap ekstrapolasi.



Gambar 3.6 Analisis XFOIL

3. Setelah pembuatan desain *airfoil* yang kemudian dilanjutkan dengan analisis XFOIL, desain *airfoil* tersebut diekstrapolasi. Ekstrapolasi merupakan proses memperkirakan nilai suatu variabel melampaui interval pengamatan aslinya berdasarkan hubungannya dengan variabel lainnya. Dalam hal ini variabel yang diperkirakan meliputi nilai C_l dan C_d yang mana merupakan koefisien lift dan koefisien drag dari *airfoil*. Ekstrapolasi ditunjukkan pada Gambar 3.7.



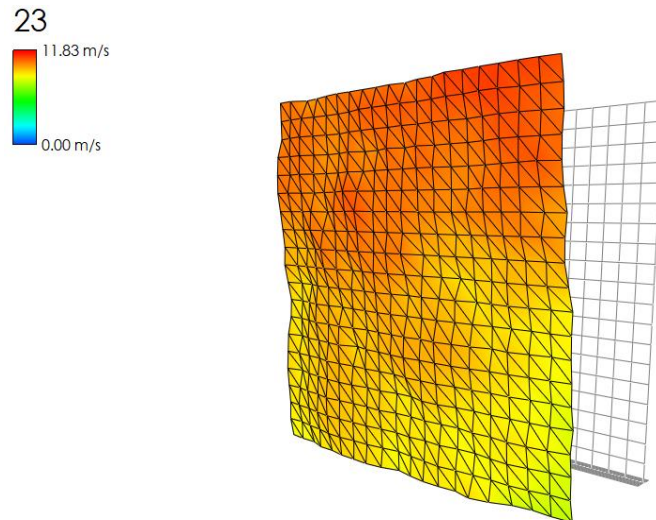
Gambar 3.7 Ekstrapolasi

4. Pembuatan desain rotor merupakan pengembangan dari desain *airfoil* yang sebelumnya sudah dilakukan analisis XFOIL dan ekstrapolasi. Pada pembuatan desain rotor dilakukan beberapa variasi, yakni: 3 sudu, 4 sudu, dan 5 sudu. Pembuatan desain rotor seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8, dilakukan dengan memasukkan nilai panjang *blade*, panjang *chord*, nilai sudu putar, juga menentukan jenis *airfoil* yang digunakan.

Blade Data					
5					
5 blades and 0.09 m hub radius				☒ Blade Root Coordinates	
	Pos (m)	Chord (m)	Twist	Foil	Polar
1	0	0.12	12.41	CLARK-Y 11.7% sm...	T1_Re1.000_M0.0
2	0.03	0.12	12.41	CLARK-Y 11.7% sm...	T1_Re1.000_M0.0
3	0.8	0.07	4.04	CLARK-Y 11.7% sm...	T1_Re1.000_M0.0

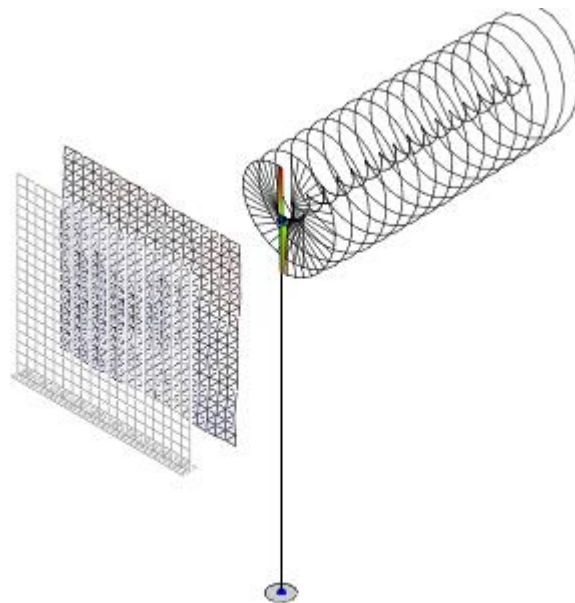
Gambar 3.8 Desain Rotor

5. Pembuatan *Wind Field* dilakukan dengan menentukan nilai-nilai seperti kecepatan angin, ketinggian *hub*, dan diameter rotor. Pembuatan *wind field* ini termasuk tahap yang penting karena pada tahap ini variasi kecepatan angin diujikan. Adapun variasi kecepatan angin yang diujikan yaitu 2 m/s (terendah), 6 m/s (rata-rata), dan 10 m/s (tertinggi). Pembuatan *wind field* ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Wind Field

6. Simulasi merupakan langkah inti dimana turbin angin disimulasikan setelah melalui proses dan tahapan perancangan. Pada tahap ini, ditampilkan hasil nilai dari simulasi yang diujikan. Simulasi turbin angin ditunjukkan seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10
Simulasi Turbin Angin

Selesai.