



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

“Alam Takambang Jadi Guru”

TUGAS AKHIR - MSN1.62.8002

**ANALISIS DESAIN BILAH TERHADAP PERFORMA TURBIN
ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
QBLADE**

**Nur Ihsan Abdillah
NIM 18338039**

**Dosen Pembimbing
Hendri Nurdin, M.T.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Padang
2023**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Upaya Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI pada Mata Pelajaran Las SMAW di SMK Negeri 1 Sumatera Barat

Nama : Sadri Arjono

NIM : 19067029

Tahun Masuk : 2019

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin


Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik


Padang, Juni 2023

Disetujui Oleh:

Koordinator Program Teknik Mesin
Pendidikan Teknik Mesin


Drs. Purwantono, M.Pd.
NIP. 19630804 198603 1 002

Dosen Pembimbing,


Drs. Nelvi Erizon, M.Pd.
NIP. 19620208 1989031002

PENGESAHAN SKRIPSI

*Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan tim penguji
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Negeri Padang*

Judul : Upaya Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI pada Mata Pelajaran Las SMAW di SMK Negeri 1 Sumatera Barat

Nama : Sadri Arjono
NIM : 19067029
Tahun Masuk : 2019
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Juni 2023

Tim Penguji

Nama

1. Ketua : Drs. Nelvi Erizon, M.Pd. 1.
2. Anggota : Junil Adri, S.Pd., M.Pd.T. 2.
3. Anggota : Dr. Dori Yuvenda, S.Pd., M.T. 3.



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, tugas akhir dengan judul “Analisis Desain Bilah terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan *Software* Qblade.” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di Perguruan Tinggi Lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Agustus 2023
Saya yang menyatakan,



Nur Ichsan Abdillah
NIM. 18338039

ABSTRAK

Nur Ichsan Abdillah: **ANALISIS DESAIN BILAH TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGUNAKAN SOFTWARE QBLADE.**

Turbin angin adalah alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, dengan bilah sebagai salah satu komponennya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh *twist* (sudut puntir) dan *chord* (lebar) terhadap *coefficient of power* (C_p) dengan linierisasi pada tiap elemen bilah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi dengan menggunakan perangkat lunak. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah menemukan desain terbaik dengan metode linierisasi *twist* dan *chord* serta mengaplikasikan desain tersebut dalam sebuah rancang desain, dimana hasil akhirnya akan didapat grafik *coefficient of power* (C_p) atau efisiensi dan *tip speed ratio* (TSR). Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa optimasi desain bilah turbin angin tipe taper dengan *airfoil* NREL's 822 memiliki *maximum twist* sebesar 6,59 hingga *minimum twist* 0,12 serta *maximum chord* sebesar 0,107 meter dan *minimum chord* sebesar 0,015 meter. Pada proses simulasi tersebut menghasilkan efisiensi sebesar 48% pada TSR 8.

Kata Kunci : Turbin Angin, Bilah turbin, Chord, Twist, efisiensi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis mampu menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul **“ANALISIS DESAIN BILAH TERHADAP PEFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGUNAKAN SOFTWARE QBLADE”**.

Penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan di Prodi S1 Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penyusunannya dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri.
2. Bapak Hendri Nurdin, M.T. selaku Sekretaris Departemen Teknik Mesin, Pembimbing Akademik, sekaligus Pembimbing Tugas Akhir Penulis yang telah membimbing dan memotivasi penulis dalam hal akademis selama perkuliahan.
3. Bapak Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc. selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, yang telah memberi arahan dan dukungan kepada penulis
4. Bapak Febri Prasetya, S.Pd., M.Pd.T. dan Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Dosen Penguji I dan II yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Administrasi Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah membimbing penulis selama kuliah.
6. Ayah dan Ibu beserta keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan doa.

7. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Mesin khususnya angkatan 2018 Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Walaupun demikian, dalam laporan tugas akhir ini penulis menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini.

Padang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR ...	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Energi Angin	7
B. Turbin Angin Skala Mikro	11
C. Generator TSD-500	12
D. Bilah Turbin Angin	13
E. <i>Airfoil</i>	14
F. <i>Chord</i> dan <i>Twist</i>	15
G. <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)	16
H. Perancangan bilah turbin angin	16
I. Paramater Perancangan Bilah Turbin Angin.....	17
J. Qblade	19
K. SolidWorks.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Tahap Penelitian	21

B.	Jenis Penelitian	23
C.	Waktu dan Tempat Penelitian	24
D.	Software yang digunakan	24
E.	Pengolahan Data Penelitian.....	25
F.	Analisis Data Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
A.	Analisis dan Karakteristik <i>Airfoil</i> Menggunakan QBlade v.0693	32
B.	Perancangan Geometri Bilah.....	33
C.	Simulasi kinerja dan pemodelan 3D.....	49
D.	Validasi Data	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
A.	Kesimpulan.....	53
B.	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN.....		56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Turbin Angin Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal.	11
Gambar 2. Generator TSD-500 PT. Lentera Bumi Nusantara	12
Gambar 3. Tiga Jenis Bilah Turbin Angin Sumbu Horizontal.	14
Gambar 4. <i>Airfoil</i>	15
Gambar 5. Modul Qblade.....	20
Gambar 6. Pemodelan Bilah dengan airfoil NREL's 822 pada Qblade.....	20
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 8. Microsoft Excel	24
Gambar 9. QBlade.....	25
Gambar 10. SolidWorks.....	25
Gambar 11. Pemodelan beberapa <i>airfoil</i> di QBlade	26
Gambar 12. Permodelan <i>airfoil</i> NREL's 822 pada Qblade.	30
Gambar 13. Simulasi Cp vs TSR dan Power vs TSR pada Qblade v.0963	31
Gambar 14. Perbandingan Cl/Cd terhadap <i>alpha</i> pada masing-masing <i>airfoil</i>	32
Gambar 15. Perbandingan Cl terhadap <i>alpha airfoil</i> NREL's 822	37
Gambar 16. Grafik <i>twist</i> terhadap jari-jari parsial yang dilinierisasi pada rentang 5%.....	43
Gambar 17. Grafik <i>chord</i> terhadap jari-jari parsial yang dilinierisasi pada rentang 5%.....	46
Gambar 18. Grafik Cp pada masing-masing rentang elemen terhadap TSR	49
Gambar 19. Pemodelan 3D Bilah Turbin Angin.....	52
Gambar 20. Grafik Power (W) terhadap TSR.....	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Kecepatan Angin.	8
Tabel 2. Nilai TSR terhadap jumlah bilah.	16
Tabel 3. Geometri Bilah (1)	26
Tabel 4. Geometri bilah (2).....	27
Tabel 5. Geometri bilah (3).....	28
Tabel 6. Geometri Bilah (4)	29
Tabel 7. Efisiensi Sistem.....	34
Tabel 8. Jari-jari Bilah.....	35
Tabel 9. Parameter Kedua	37
Tabel 10. Jari- jari parsial, TSR parsial, dan <i>flow angle</i>	38
Tabel 11. <i>Twist</i> dan <i>chord</i> sebelum dilinearisasi	40
Tabel 12. Linierisasi <i>twist</i> pada rentang 5%	43
Tabel 13. hasil linierisasi <i>Twist</i>	44
Tabel 14. Linierisasi <i>chord</i> pada rentang 5%.....	46
Tabel 15. Hasil linierisasi <i>Chord</i>	47
Tabel 16. Nilai skala chord	51

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Analisis Karakteristik Airfoil Menggunakan Qblade v.0963.....	56
Lampiran 2. Perbandingan Cl terhadap Alpha pada Qblade v.0963.....	56
Lampiran 3. Perbandingan Cp vs TSR dan Power vs TSR pada Qblade v.0963..	57
Lampiran 4. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 15%.....	57
Lampiran 5. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 15%	58
Lampiran 6. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 25%.....	58
Lampiran 7. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 25%	59
Lampiran 8. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 35%.....	59
Lampiran 9. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 35%	60
Lampiran 10. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 45%.....	60
Lampiran 11. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 45%	61
Lampiran 12. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 55%.....	61
Lampiran 13. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 55%	62
Lampiran 14. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 65%.....	62
Lampiran 15. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 65%	63
Lampiran 16. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 75%.....	64
Lampiran 17. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 75%	64
Lampiran 18. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 85%.....	64
Lampiran 19. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 85%	65
Lampiran 20. Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 95%.....	65
Lampiran 21. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada rentang 95%	66
Lampiran 22. Proses linierisasi <i>twist</i> pada elemen 1 dan 10.....	66
Lampiran 23. Grafik Proses linierisasi <i>twist</i> pada elemen 1 dan 10	67
Lampiran 24. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 15%.....	67
Lampiran 25. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 15%.....	68
Lampiran 26. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 25%.....	68
Lampiran 27. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 25%.....	69
Lampiran 28. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 35%.....	69
Lampiran 29. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 35%.....	70
Lampiran 30. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 45%.....	70
Lampiran 31. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 45%.....	71
Lampiran 32. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 55%.....	71
Lampiran 33. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 55%.....	72
Lampiran 34. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 65%.....	72
Lampiran 35. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 65%.....	73
Lampiran 36. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 75%.....	73
Lampiran 37. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 75%.....	74
Lampiran 38. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 85%.....	74

Lampiran 39. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 85%.....	75
Lampiran 40. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 95%.....	75
Lampiran 41. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang 95%.....	76
Lampiran 42. Proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang elemen 1 dan 10.....	76
Lampiran 43. Grafik proses linierisasi <i>chord</i> pada rentang elemen 1 dan 10.....	77
Lampiran 44. Lembar Konsultasi Tugas Akhir.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan sumber energi tak terbarukan pada saat ini masih menjadi pilihan utama di dunia. Hal ini menyebabkan ketersediaan sumber energi tak terbarukan semakin menipis. Sehingga, diperlukan upaya pemanfaatan sumber energi alternatif yang tidak bisa habis dari alam. Energi tersebut dikenal dengan energi terbarukan yang meliputi cahaya matahari, air, biogas, biomassa, panas bumi, dan gelombang laut. Salah satu potensi energi terbarukan yang berkembang saat ini adalah energi angin dengan kecepatan rata-rata sekitar 3-5 m/s dan mampu menghasilkan total daya hingga 9290 MW. Namun, pemanfaatan energi angin di Indonesia baru mencapai 1%, padahal ketersediaan angin sangat melimpah (Fachri & Hendrayana, 2017). Oleh karena itu, pemanfaatan energi angin perlu ditingkatkan salah satunya melalui pengembangan turbin angin. Dalam hal pengembangan turbin angin tentunya diperlukan perancangan turbin angin yang sesuai dengan kondisi angin di Indonesia. Secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki iklim tropis dan kecepatan angin itu sendiri ada direntang 2 m/s – 6 m/s yang termasuk kecepatan angin minimum (Augustiantyo et al., 2021). Oleh karena itu, Indonesia memiliki keuntungan untuk mengembangkan pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi angin.

Salah satu alat yang bisa dimanfaatkan untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik adalah turbin angin. Turbin angin adalah alat yang mengubah energi kecepatan angin menjadi energi mekanik yang bisa dimanfaatkan untuk kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *Windmill* (Irfandi & Djamari, 2013). Cara kerja dari turbin angin cukup sederhana yaitu dengan memanfaatkan putaran turbin yang disebabkan oleh hembusan angin kemudian diteruskan ke rotor

generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya gaya gerak listrik yang dapat disimpan ke baterai. Turbin angin memiliki dua tipe yaitu poros horizontal atau HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dan poros vertikal atau VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*).

Turbin angin poros vertikal (VAWT) memiliki poros atau sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke arah datangnya angin untuk berputar dan menghasilkan listrik. VAWT terdiri dari beberapa jenis turbin angin, salah satunya adalah turbin angin savonius. Jenis ini memiliki kemampuan self-starting yang bagus, sehingga hanya membutuhkan angin dengan kecepatan rendah untuk dapat memutar rotor dari turbin angin ini. Selain itu, torsi yang dihasilkan turbin angin jenis savonius relatif tinggi. Unjuk kerja dari suatu turbin angin dapat dilihat dari daya poros, torsi, dan efisiensi turbin yang dihasilkannya (Abidin et al., 2013).

Turbin angin poros horizontal (HAWT) adalah turbin angin dengan sumbu putar terletak sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotor sejajar dengan arah angin. Pada turbin angin ini, putaran rotor terjadi karena adanya gaya *lift*. Turbin ini cocok digunakan pada tipe angin sedang dan tinggi dan banyak digunakan pada pembangkit listrik skala besar. Kelebihan dari HAWT ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumbu vertikal karena bilah selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin. Sedangkan kekurangannya adalah dibutuhkan konstruksi tower yang besar dan tinggi, membutuhkan kontrol sebagai mekanisme untuk mengarahkan bilah ke arah angin (Sahid & Priyoatmojo, 2019).

Bilah merupakan komponen penting pada turbin angin yang berfungsi sebagai komponen pertama yang berinteraksi dengan angin sebelum dikonversi menjadi energi mekanik. Bilah HAWT terdiri dari 3 macam yaitu *taper*, *taperless*, dan *invers taper*. Jenis bilah yang banyak digunakan saat ini adalah bilah *horizontal axis wind turbine* (HAWT) tipe *taper* karena bilah jenis ini memiliki keunggulan seperti *thrust* dan *drag* yang dihasilkan lebih kecil dan dapat dioperasikan pada kecepatan angin tinggi dan sedang. Namun turbin angin akan

memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menangkap energi angin, hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh bilah turbin angin itu sendiri (Mita, 2021). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian/riset mendalam mengenai bilah turbin angin sehingga mendapatkan performa yang tinggi dan menyerap angin secara maksimal.

Dalam proses perancangan turbin angin, penentuan bentuk penampang (*airfoil*) bilah merupakan kunci utama yang sangat mempengaruhi kinerja bilah turbin angin. Dalam penelitiannya Agung Dwi Sapto dan Hinggil Pandu Rumakso melakukan uji coba kinerja bilah turbin angin dengan memvariasikan *airfoil* menggunakan *software* Qblade. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa. Hal tersebut tidak bergantung pada kecepatan angin (Dwi Sapto & Pandu Rumakso, 2021). Wahyudi dkk melakukan penelitian mengenai pengaplikasian *airfoil* NACA 3612 yang digunakan bilah jenis *taper*, *taperless*, dan *inverse taper*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa bilah *taperless* dengan jumlah 2 bilah menghasilkan daya luaran maksimum sebesar 0,846 Watt pada kecepatan angin 6,11 m/s.

Pengaruh sudut puntir bilah juga merupakan faktor yang sangat penting dalam perancangan bilah turbin angin. Augustiantyo dan setiawan melakukan penelitian mengenai optimasi desain bilah dengan linearisasi *chord* (lebar bilah) dan *twist* (sudut puntir bilah) terhadap kinerja turbin angin sumbu horizontal. Hasilnya menunjukkan bahwa bilah *taper* dengan *airfoil* SG6043 yang telah dilinearisasi pada rentang *chord* 75% dan rentang *twist* 55% menghasilkan nilai *coefficient of power* (C_p) sebesar 52,2% (Augustiantyo, 2021). Nogur dkk melakukan penelitian mengenai pengaruh sudut bilah turbin angin sumbu horizontal model *contra rotating* terhadap daya dan efisiensi dengan posisi *rotor blade* saling bersebrangan. Hasilnya menunjukkan bahwa daya mekanik dan C_p (*coefficient of power*) yang dihasilkan turbin meningkat seiring bertambahnya sudut bilah (Nogur et al., 2014).

Berdasarkan deskripsi yang telah dipaparkan, pemilihan geometri bilah seperti *airfoil*, *twist*, dan *chord* mempengaruhi kinerja turbin angin. Karena setiap *airfoil*, *twist*, dan *chord* akan menghasilkan sudut yang berbeda pada bilah sehingga kemampuan bilah dalam menangkap udara yang bergerak akan berbeda

dan akan menghasilkan energi yang berbeda pula. Oleh karena itu, penting rasanya untuk melakukan penelitian mengenai analisis *chord* dan *twist* pada bilah turbin angin sumbu horizontal sehingga didapatkan C_p (*Coefficient of Power*) yang optimum. Pada bilah turbin angin C_p (*Coefficient of Power*) merupakan tolak ukur untuk bilah dalam mengkonversi energi energi angin menjadi energi listrik. Sehingga dalam merancang suatu bilah akan sangat penting untuk perancang untuk menghasilkan C_p (*Coefficient of Power*) yang optimum agar bilah bisa bekerja maksimal.

Optimasi ini menggunakan linearisasi pada setiap elemen bilah turbin angin sumbu horizontal jenis *taper*. linearisasi merupakan penaksiran stabilitas lokal dari titik keseimbangan menggunakan sistem persamaan differensial nonlinear. Metode linearisasi sering juga digunakan dalam berbagai bidang seperti industri fisika dan ekonomi (Situngkir, 2009). Metode ineariasi ini digunakan agar nilai di setiap elemen bilah seperti *twist* dan *chord* tidak memiliki perbedaan yang terlalu besar. Hal tersebut dapat mempermudah proses manufaktur karena menghasilkan desain yang linier. Penulis terlebih dahulu melakukan analisis karakteristik pada penampang bilah menggunakan Qblade. Kemudian hasil tersebut digunakan sebagai referensi perancangan bilah turbin angin. Proses selanjutnya adalah melakukan perancangan geometri bilah untuk menghasilkan nilai *twist* dan *chord* yang optimal. Langkah selanjutnya adalah pemodelan 3D pada *solidworks* dan menganalisis untuk mengetahui C_p (*Coefficient of Power*) pada Qblade.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi *twist* dan *chord* bilah agar turbin angin sumbu horizontal memiliki *coefficient of power* (C_p) yang optimum?
2. Bagaimana hasil analisis desain bilah terhadap performa turbin angin sumbu horizontal dengan bantuan perangkat lunak Qblade?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini sistematis maka ruang lingkup permasalahan perlu dibatasi guna menghindari pembahasan masalah yang melebar dan tidak terarah pada permasalahan utama maka perlu adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Turbin angin yang dipilih adalah jenis HAWT dengan bilah jenis *taper*.
2. Penelitian ini menggunakan *airfoil* NREL's 822.
3. Desain yang dioptimasi adalah pada linearisasi *chord* dan *twist*.
4. Perancangan desain bilah berdasarkan bentuk generator TSD-500 dan dibagi menjadi 11 elemen.
5. Penelitian ini dibantu menggunakan *software* Microsoft excell, Qblade, dan Solidwork.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang dimukakan maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh *twist* dan *chord* bilah terhadap *coefficient of power* (C_p) turbin angin sumbu horizontal dengan linearisasi pada setiap elemen bilah.
2. Menghitung nilai eror hasil simulasi efisiensi bilah melalui validasi numerik.

E. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya adalah :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Mampu memberikan pengetahuan dan wawasan tentang bagaimana menganalisis secara teoritis bilah turbin angin yang mampu menghasilkan energi alternatif.
 - b. Mampu mengetahui proses perancangan turbin angin.

- c. Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di departemen Teknik Mesin.
2. Bagi Peneliti
 - a. Peneliti dapat mengetahui *twist* dan *chord* yang paling optimum pada perancangan bilah taper menggunakan *airfoil* NREL's 822.
 - b. Peneliti dapat mengaplikasikan pemahaman tentang ilmu di bidang turbin angin terkhususnya pada perancangan bilah.
 3. Bagi Dunia Pendidikan
 - a. Memberikan pengetahuan dan wawasan tentang bagaimana merancang bilah turbin angin yang mampu menghasilkan energi alternatif.
 - b. Memberikan masukan yang positif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang turbin angin.
 - c. Diharapkan nantinya penelitian ini dapat menjadi referensi dalam perancangan bilah turbin angin dimasa depan.