

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Diffuser</i> dan <i>Nozzle</i>	5
2.2. Turbin Angin dengan Penambahan Diffuser	7
2.3. Simulasi Modelling dari Turbin Angin dengan Menggunakan Diffuser	9
BAB III DASAR TEORI	13
3.1. Energi Angin	13
3.2. Sifat Angin	13
3.3. Sejarah Pemanfaatan Energi Angin	15
3.4. Jenis Turbin Angin	16
3.5. Turbin Angin dengan Penambahan Diffuser	18

3.6. Sifat Diffuser dan Teori Momentum Satu Dimensi pada Diffuser	19
3.7. Daya Angin	22
3.8. Teori Momentum Satu Dimensi pada Turbin Angin	23
3.9. Daya Turbin Angin, Koefisien Daya dan <i>Betz limit</i>	27
3.10. <i>Cut In Speed</i>	28
3.11. <i>Tip Speed Ratio</i>	29
3.12. Torsi dan Daya Rotor	29
 BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	 32
4.1. Objek Penelitian	32
4.2. Bahan Penelitian	33
4.3. Proses Pembuatan Model Penelitian	33
4.4. Variasi Objek Penelitian	37
4.5. Alat Uji Penelitian	38
4.6. Cara Pengujian	40
4.6.1. Pengukuran Kecepatan Angin	41
4.6.2. Pengukuran Putaran Poros Turbin	42
4.6.3. Pengukuran Torsi	42
4.7. Perhitungan	43
4.8. Analisis Data	44
 BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	 45
5.1. Contoh Perhitungan	46
5.2. Grafik Hubungan Koefisien Daya (C_p) dan <i>Tip speed ratio</i> (λ)	50
5.2.1. Pengaruh Penambahan Diffuser	53
5.2.2. Pengaruh Panjang Diffuser	56
5.2.3. Pengaruh Bentuk Diffuser	58
5.3. Grafik Hubungan Daya Rotor (P_{rotor}) dengan Putaran Rotor (N)	61
5.4. Grafik Hubungan Torsi dan Putaran Rotor	63
 BAB VI PENUTUP	 67
6.1. Kesimpulan	67
6.2. Saran	68
 DAFTAR PUSTAKA	 69
 LAMPIRAN	 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Visualisasi aliran udara pada model nozzle	5
Gambar 2.2.	Visualisasi aliran udara pada model diffuser	6
Gambar 2.3.	Grafik distribusi kecepatan angin sepanjang model diffuser dan nozzle	6
Gambar 2.4.	Model turbin angin sumbu horizontal 3 sudu dengan menggunakan <i>brimmed diffuser</i>	7
Gambar 2.5.	Variasi bentuk <i>brim</i>	8
Gambar 2.6.	Grafik hubungan antara koefisien daya dengan <i>tip speed ratio</i>	8
Gambar 2.7.	Turbin angin Vortec 7	9
Gambar 2.8.	Visualisasi arah aliran udara melewati diffuser dari Vortec 7 dengan menggunakan program CFD	10
Gambar 2.9.	Bentuk asli Vortec 7 dan modifikasi bentuk oleh Phillips, dkk.	11
Gambar 2.10.	Visualisasi distribusi vektor kecepatan angin pada diffuser dari Vortec 7 dengan menggunakan program CFD	11
Gambar 3.1.	Grafik pengukuran kecepatan pada 3 ketinggian 150 m, 50 m dan 10 m	14
Gambar 3.2.	Jenis turbin angin sumbu horizontal	17
Gambar 3.3.	Jenis turbin angin sumbu vertikal dan turbin angin yang tidak umum	18
Gambar 3.4.	Indeks perubahan tekanan dan kecepatan aliran udara	

pada diffuser	20
Gambar 3.5. Model <i>actuator</i> disc dengan kecepatan aliran angin U pada 4 lokasi	24
Gambar 4.1. Model turbin angin sumbu horizontal tiga sudu	32
Gambar 4.2. Rotor model turbin angin	34
Gambar 4.3. Poros model turbin angin	34
Gambar 4.4. Diffuser lingkaran dengan $l = 20$ cm, $l = 30$ cm dan $l = 40$ cm	36
Gambar 4.5. Diffuser segi 8 dengan $l = 20$ cm, $l = 30$ cm dan $l = 40$ cm	36
Gambar 4.6. Diffuser segi 6 dengan $l = 20$ cm, $l = 30$ cm dan $l = 40$ cm	36
Gambar 4.7. Pengaturan mode kecepatan kipas angin	37
Gambar 4.8. Kipas angin CKE FS-65	39
Gambar 4.9. Beban pemberat, 0,05 kg; 0,1 kg; 0,2 kg; 0,5 kg; 1 kg	39
Gambar 4.10. Posisi pengujian model turbin angin	40
Gambar 4.11. Titik pengukuran kecepatan angin	41
Gambar 4.12. Metode <i>band brake</i>	42
Gambar 5.1. Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan <i>tip speed ratio</i> (λ) untuk semua model pada kecepatan angin 2,5 m/s	50
Gambar 5.2. Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan <i>tip speed ratio</i> (λ) untuk semua model pada kecepatan angin 2,95 m/s	51
Gambar 5.3. Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan <i>tip speed ratio</i> (λ) untuk semua model pada kecepatan angin 3,55 m/s	51
Gambar 5.4. Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan <i>tip speed ratio</i> (λ) untuk model 1 dan model 2.3 pada kecepatan angin 2,5 m/s	54

- Gambar 5.5.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model 1 dan model 2.3 pada kecepatan angin 2,95 m/s 54
- Gambar 5.6.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model 1 dan model 2.3 pada kecepatan angin 3,55 m/s 55
- Gambar 5.7.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model turbin 1, 2.1, 2.2 dan 2.3 pada kecepatan angin 2,5 m/s 56
- Gambar 5.8.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model turbin 1, 2.1, 2.2 dan 2.3 pada kecepatan angin 2.95 m/s 57
- Gambar 5.9.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model turbin 1, 2.1, 2.2 dan 2.3 pada kecepatan angin 3.55 m/s 57
- Gambar 5.10.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model turbin 1, 2.3, 3.3 dan 4.3 pada kecepatan angin 2,5 m/s 59
- Gambar 5.11.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model turbin 1, 2.3, 3.3 dan 4.3 pada kecepatan angin 2,95 m/s 59
- Gambar 5.12.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio* (λ) untuk model turbin 1, 2.3, 3.3 dan 4.3 pada kecepatan angin 3,55 m/s 60

- Gambar 5.13.** Grafik hubungan antara daya rotor, (P_{rotor}) dengan putaran rotor (N)
untuk semua model pada kecepatan angin 2,5 m/s 61
- Gambar 5.14.** Grafik hubungan antara daya rotor, (P_{rotor}) dengan putaran rotor (N)
untuk semua model pada kecepatan angin 2,95 m/s 62
- Gambar 5.15.** Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan *tip speed ratio*
(λ) untuk model turbin 1, 2.3, 3.3 dan 4.3 pada kecepatan angin
3,55 m/s 62
- Gambar 5.16.** Grafik hubungan antara putaran poros (N) dan torsi (τ) untuk
semua model pada kecepatan angin 2,5 m/s 64
- Gambar 5.17.** Grafik hubungan antara putaran poros (N) dan torsi (τ) untuk
semua model pada kecepatan angin 2,95 m/s 64
- Gambar 5.18.** Grafik hubungan antara putaran poros (N) dan torsi (τ) untuk
semua model pada kecepatan angin 3,55 m/s 65

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1.	Keterangan permodelan objek penelitian	45
-------------------	--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data perhitungan model turbin angin tanpa penambahan diffuser (model 1). Kecepatan angin 2,5 m/s	71
Lampiran 2.	Data perhitungan model turbin angin tanpa penambahan diffuser (model 1). Kecepatan angin 2,95 m/s	71
Lampiran 3.	Data perhitungan model turbin angin tanpa penambahan diffuser (model 1). Kecepatan angin 3,55 m/s	71
Lampiran 4.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 20cm (model 2.1). Kecepatan angin 2,5 m/s	72
Lampiran 5.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 20cm (model 2.1). Kecepatan angin 2,95 m/s	72
Lampiran 6.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 20cm (model 2.1). Kecepatan angin 3,55 m/s	72
Lampiran 7.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 30cm (model 2.2). Kecepatan angin 2,5 m/s	73
Lampiran 8.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 30cm (model 2.2). Kecepatan angin 2,95 m/s	73
Lampiran 9.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 30cm (model 2.2). Kecepatan angin 3,55 m/s	73
Lampiran 10.	Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 40cm (model 2.3). Kecepatan angin 2,5 m/s	74

Lampiran 11. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 40cm (model 2.3). Kecepatan angin 2,95 m/s	74
Lampiran 12. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk lingkaran, panjang diffuser 40cm (model 2.3). Kecepatan angin 3,55 m/s	74
Lampiran 13. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 20cm (model 3.1). Kecepatan angin 2,5 m/s	75
Lampiran 14. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 20cm (model 3.1). Kecepatan angin 2,95 m/s	75
Lampiran 15. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 20cm (model 3.1). Kecepatan angin 3,55 m/s	75
Lampiran 16. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 30cm (model 3.2). Kecepatan angin 2,5 m/s	76
Lampiran 17. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 30cm (model 3.2). Kecepatan angin 2,95 m/s	76
Lampiran 18. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 30cm (model 3.2). Kecepatan angin 3,55 m/s	76
Lampiran 19. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 40cm (model 3.3). Kecepatan angin 2,5 m/s	77
Lampiran 20. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 40cm (model 3.3). Kecepatan angin 2,95 m/s	77

Lampiran 21. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 8 panjang diffuser 40cm (model 3.3). Kecepatan angin 3,55 m/s	77
Lampiran 22. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 20cm (model 4.1). Kecepatan angin 2,5 m/s	78
Lampiran 23. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 20cm (model 4.1). Kecepatan angin 2,95 m/s	78
Lampiran 24. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 20cm (model 4.1). Kecepatan angin 3,55 m/s	78
Lampiran 25. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 30cm (model 4.2). Kecepatan angin 2,5 m/s	79
Lampiran 26. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 30cm (model 4.2). Kecepatan angin 2,95 m/s	79
Lampiran 27. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 30cm (model 4.2). Kecepatan angin 3,55 m/s	79
Lampiran 28. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 40cm (model 4.3). Kecepatan angin 2,5 m/s	80
Lampiran 29. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 40cm (model 4.3). Kecepatan angin 2,95 m/s	80
Lampiran 30. Data perhitungan model turbin angin dengan penambahan diffuser bentuk segi 6 panjang diffuser 40cm (model 4.3). Kecepatan angin 3,55 m/s	80

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas sapuan rotor, (m^2)
a	= Faktor penurunan kecepatan
C_p	= Koefisien daya
d_1	= diameter depan diffuser, (m)
d_2	= diameter belakang diffuser, (m)
E	= Energi kinetis udara, (Nm)
F	= Gaya, (N)
F_1	= Berat beban, (N)
F_2	= skala gaya pada neraca pegas, (N)
F_{rotor}	= Gaya yang memutar rotor turbin, (N)
g	= percepatan gravitasi bumi, (m/s^2)
l	= panjang diffuser, (m)
m	= massa, (kg)
$\dot{m}$	= laju aliran massa, (kg/s)
N	= Putaran poros turbin, (rpm)
P	= Daya, (W)
P_o	= Daya angin teoritis, (W)
P_{rotor}	= Daya rotor turbin, (W)
p	= Tekanan udara statis, (N/m^2)
p_{total}	= Tekanan udara total, (N/m^2)

p_o	= Tekanan udara statis lingkungan, (N/m ²)
r	= jari-jari rotor turbin, (m)
r_{pulley}	= jari-jari pulley, (m)
s	= jarak tempuh, (m)
t	= waktu tempuh, (s)
T	= gaya dorong angin terhadap <i>aktuator disc</i> , (N)
U	= kecepatan angin pada <i>aktuator disc</i> , (m/s)
v	= kecepatan, (m/s)
v_o	= kecepatan angin di depan rotor turbin, (m/s)
v_T	= <i>tip speed</i> , (m/s)
W	= Kerja, (J)
β	= Rasio luas penampang keluar dan luas penampang masuk
λ	= <i>Tip speed ratio</i>
ω	= Kecepatan angular, (rad/s)
τ	= Torsi, (Nm)
γ	= rasio kecepatan pengaruh <i>back pressure</i>