UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERNYATAAN iii

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv

HALAMAN PERSEMBAHAN v

INTISARI vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR TABEL xvi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang 1

I.2. Rumusan Masalah 3

I.3. Batasan Masalah 3

I.4. Tujuan Penelitian 4

I.5. Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

II.1. Tinjauan Pustaka 5

II.2. Landasan Teori 13

II.2.1. Energi Air 13

II.2.1.1. Daya Air 14

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

II.2.1.2. Daya Rotor 16
II.2.2. Airfoil 21
II.2.3. *Computational Fluid Dynamics (CFD)* 25
II.2.3.1. GAMBIT 26
II.2.3.2. Fluent 27
II.2.3.3. Persamaan Atur 27
II.2.3.4. Persamaan *Transport* model *k-ε* 28
II.2.3.5. *Solver* 29
II.2.3.6. Kontrol Solusi 29
II.2.3.7. *Pressure-Velocity Coupling* 30
II.2.3.8. Kriteria Konvergensi 31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Objek dan Alat 32
III.2. Variasi Objek Pengujian 33
III.3. Prosedur Penelitian 35
III.4. Pemilihan Variabel-variabel dan Persamaan 49
III.4.1. Penggunaan Kondisi Batas *Velocity-Inlet* 49
III.4.2. Penggunaan Kondisi Batas *Wall* 50
III.4.3. Penggunaan Kondisi Batas *Outflow* 50
III.4.4. Penggunaan Formulasi *Solver* 50
III.4.5. Penggunaan Persamaan *Viscous* Model *k-ε* 51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Penamaan Bidang Display 52
IV.2. Kontur Distribusi Tekanan dan Kontur Distribusi Kecepatan 54
IV.2.1. Pada Bidang x-z 54
IV.2.2. Pada Bidang x-y 70
IV.2.3. Pada Bidang y-z 80
IV.2.4. Kontur Distibusi Tekanan Pada Permukaan Sudu Turbin 90
IV.3. Vektor Kecepatan di Sekitar Sudu Turbin 93
IV.4. Efisiensi Turbin 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V PENUTUP

V.1. Kesimpulan 104

V.2. Saran 104

DAFTAR PUSTAKA 106

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Perbandingan tipe turbin *low-head hydro*	6
Gambar 2.2.	Domain komputasi potongan melintang turbin archad (Georgescu, 2007)	8
Gambar 2.3.	Elemen mesh yang digunakan pada simulasi turbin archad (Georgescu, 2007)	8
Gambar 2.4.	Kontur distribusi kecepatan dari hasil simulasi turbin archad (Georgescu, 2007)	9
Gambar 2.5.	Domain komputasi pada simulasi turbin archad (Bernard, 2008)	10
Gambar 2.6.	Bentuk elemen mesh yang digunakan dan countour distribusi kecepatan dari hasil simulasi 2D untuk posisi sudut 0^o (Bernard, 2008)	10
Gambar 2.7.	Konturr tekanan statis dan distribusi tekanan sepanjang airfoil untuk posisi sudut 0^o (Bernard, 2008)	11
Gambar 2.8.	Bentuk elemen mesh yang digunakan dan countour kecepatan dari hasil simulasi 2D untuk posisi sudut 120^o (Bernard, 2008)	11
Gambar 2.9.	Kontur tekanan statis dan distribusi tekanan sepanjang airfoil untuk posisi sudut 120^o (Bernard, 2008)	12
Gambar 2.10.	Bentuk elemen mesh yang digunakan dan kontur kecepatan dari hasil simulasi 2D untuk posisi sudut 60^o (Bernard, 2008)	12
Gambar 2.11.	Kontur tekanan statis dan distribusi tekanan sepanjang airfoil untuk posisi sudut 60^o (Bernard, 2008)	13
Gambar 2.12.	Perubahan penampang aliran fluida	18
Gambar 2.13.	Variasi tekanan dan kecepatan pada model turbin ideal (Betz, 1926)	19
Gambar 2.14.	Koefisien daya menurut Albert Betz (1926)	23
Gambar 2.15	Profil airfolil NACA	26
Gambar 2.16.	Distribusi tegangan geser dan tekanan fluida yang melewati sebuah airfoil	28

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 2.17. Gaya tekanan dan gaya geser pada sebuah elemen kecil pada permukaan benda. 29

Gambar 3.1. Gambar 3D Turbin Archad 36

Gambar 3.2. Gambar 3D Turbin Gorlov 37

Gambar 3.3. Diagram alir Jalannya Penelitian 39

Gambar 3.4. Diagram Alir Simulasi Numeris 42

Gambar 3.5. Geometri Model Turbin pada Autodesk Inventor. 45

Gambar 3.6. Geometri Model Simulasi Pada GAMBIT 47

Gambar. 3.7. Hasil *meshing* Model simulasi. 48

Gambar 3.8. Bentuk dan ukuran Elemen *Mesh* 49

Gambar 4.1. Geometri Model Turbin (*Isometric*) 56

Gambar 4.2. Geometri Model Turbin (*Top View*) 57

Gambar 4.3. Bidang x-z 58

Gambar 4.4. Kontur distribusi tekanan (pascal) Turbin Archad pada bidang x-z 59

Gambar 4.5. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang x-z Turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 231 rpm untuk masing-masing sudut serang. 60

Gambar 4.6. Kontur distribusi tekanan (pascal) Turbin Gorlov pada bidang x-z 62

Gambar 4.7. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang x-z Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 63

Gambar 4.8. Perbandingan Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang x-z Turbin Gorlov dan turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s pada masing-masing sudut serang. 64

Gambar 4.9. Kontur distribusi kecepatan (m/s) Turbin Archad pada bidang x-z 66

Gambar 4.10. Kontur distribusi kecepatan (m/s) pada bidang x-z Turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s 67

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dan kecepatan putar 231 rpm
untuk masing-masing sudut serang.

Gambar 4.11. Kontur distribusi kecepatan (m/s) Turbin Gorlov pada bidang x-z 69

Gambar 4.12. Kontur distribusi kecepatan (m/s) pada bidang x-z Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 70

Gambar 4.13. Perbandingan kontur distribusi tekanan dan kecepatan pada bidang x-z 71

Gambar 4.14. Perbandingan Kontur distribusi kecepatan Turbin Gorlov dan turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s pada masing-masing sudut serang. 72

Gambar 4.15. Bidang x-y 74

Gambar 4.16. Kontur distribusi tekanan (pascal) Turbin Archad pada bidang x-y 75

Gambar 4.17. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang x-y Turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 231 rpm untuk masing-masing sudut serang. 76

Gambar 4.18. Kontur distribusi tekanan (pascal) Turbin Gorlov pada bidang x-y 77

Gambar 4.19. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang x-y Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 78

Gambar 4.20. Kontur distribusi kecepatan (m/s) Turbin Archad pada bidang x-y 79

Gambar 4.21. Kontur distribusi kecepatan (m/s) pada bidang x-y Turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 231 rpm untuk masing-masing sudut serang. 80

Gambar 4.22. Kontur distribusi kecepatan (m/s) Turbin Gorlov pada bidang x-y 81

Gambar 4.23. Kontur distribusi kecepatan (m/s) pada bidang x-y Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 82

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.24. Perbandingan kontur distribusi tekanan dan kecepatan pada bidang x-y turbin archad pada sudut serang 0^o 83
Gambar 4.25. Bidang y-z 84
Gambar 4.26. Kontur distribusi tekanan (pascal) Turbin Archad pada bidang y-z 85
Gambar 4.27. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang y-z Turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 231 rpm untuk masing-masing sudut serang. 86
Gambar 4.28. Kontur distribusi tekanan (pascal) Turbin Gorlov pada bidang y-z 87
Gambar 4.29. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada bidang y-z Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 88
Gambar 4.30. Kontur distribusi kecepatan (m/s) Turbin Archad pada bidang y-z 89
Gambar 4.31. Kontur distribusi kecepatan (m/s) pada bidang y-z Turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 231 rpm untuk masing-masing sudut serang. 90
Gambar 4.32. Kontur distribusi kecepatan (m/s) turbin archad pada bidang y-z 91
Gambar 4.33. Kontur distribusi kecepatan (m/s) pada bidang y-z Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 92
Gambar 4.34. Perbandingan kontur distribusi tekanan dan kecepatan pada bidang y-z turbin archad pada sudut serang 0^o 93
Gambar 4.35. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada permukaan sudu turbin Archad pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 231 rpm untuk masing-masing sudut serang. 94
Gambar 4.35. Kontur distribusi tekanan (pascal) pada permukaan sudu Turbin Gorlov pada kecepatan air 0,67 m/s dan kecepatan putar 151,7 rpm untuk masing-masing sudut serang. 95
Gambar 4.36. Perbandingan kontur distribusi tekanan (pascal) 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada permukaan sudu turbin Archad dan turbin Gorlov.

Gambar 4.37. Vektor kecepatan (m/s) Turbin Archad pada sudut serang 0^o kecepatan air 0,67 m/s dan putaran keliling 231 rpm 98

Gambar 4.38. Vektor kecepatan (m/s) Turbin Archad pada sudut serang 30^o kecepatan air 0,67 m/s dan putaran keliling 231 rpm 98

Gambar 4.39. Vektor kecepatan (m/s) Turbin Archad pada sudut serang 60^o kecepatan air 0,67 m/s dan putaran keliling 231 rpm 99

Gambar 4.40. Vektor kecepatan (m/s) Turbin Archad pada sudut serang 90^o kecepatan air 0,67 m/s dan putaran keliling 231 rpm 99

Gambar 4.41. Grafik Efisiensi terhadap kecepatan air (m/s) 103

Gambar 4.42. Grafik Efisiensi terhadap kecepatan air (m/s) turbin gorlov 105

Gambar 4.43. Grafik Efisiensi terhadap kecepatan air (m/s) turbin archad 106

Gambar 4.44. Grafik Efisiensi terhadap kecepatan air (m/s) turbin archad 106

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Efisiensi dan daerah operasi turbin *low-head hydro*	7
Tabel 3.1.	Data hasil pengujian pada saluran air	38
Tabel 4.1.	Nilai Torsi untuk setiap sudut serang Turbin Gorlov	100
Tabel 4.2.	Nilai Torsi untuk setiap sudut serang Turbin Archad	100
Tabel 4.3.	Efisiensi Turbin Gorlov dari hasil simulasi	101
Tabel 4.4.	Efisiensi Turbin Archad dari hasil simulasi	102
Tabel 4.4.	Perbandingan nilai efisiensi hasil simulasi dan pengujian di saluran air	104

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A : Luas sapuan rotor, luas penampang aliran (m^2)

b : *Downstream velocity factor*

C_p : *Power coefficient* atau koefisien daya

C_D : *Drag coefficient* atau koefisien *drag*

C_L : *Lift coefficient* atau koefisien *lift*

D : Diameter rotor (m)

E : Energi kinetik (*joule*)

η_{rotor} : Efisiensi rotor (%)

F : Gaya (N)

F_L : Gaya Lift

F_D : Gaya Drag

g : Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

H : Tinggi rotor (m)

λ : *Tip speed ratio*

m : Massa (kg)

$\dot{m}$: Laju aliran massa (kg/s)

N : Kecepatan putar rotor (rpm)

n_{cr} : Putaran kritis (rpm)

ω : Kecepatan sudut rotor (rad/s)

P_{air} : Daya air (W)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI NUMERIK TURBIN GORLOV DAN TURBIN ARCHAD MENGGUNAKAN CFD FLUENT
Anom Kurniawan Putra, Simulasi Numerik, Helical Turbine, Turbin Archad, Turbin Gorlov
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

P_{rotor} : Daya rotor turbin angin (W)

r : Jari-jari rotor (m)

ρ : Massa jenis air (kg/m^3)

T : Torsi (Nm)

T : ketebalan maksimum yang ditentukan oleh dua digit terakhir dalam kode NACA

m : ketinggian maksimum chamber yang dinyatakan oleh digit ke dua

p : posisi maksimum chamber dalam persen terhadap panjang chord

v_r : *Tip speed* (m/s)

v_0 : Kecepatan air (m/s)

v_1 : Kecepatan air di depan rotor (m/s)

v_2 : Kecepatan air di belakang rotor (m/s)

v_T : Kecepatan rotor turbin (m/s)