



Daftar Isi

PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Performa Meter Turbin sebelumnya	6
BAB III.....	13
DASAR TEORI	13
3.1 Computation Fluid Dynamic (CFD)	13
3.1.1. Alat Bantu Perangkat Lunak	17
3.2. Hukum Gas dan Equation of State.....	19
3.2.1 Equation of State Gas Ideal.....	20
3.2.2 Equation of State Gas Real	20
3.2.3 Faktor Kompresibilitas (Z)	21
3.2.4 Reynolds number.....	24
3.3 Prinsip Pengukuran Meter Turbin.....	24
3.1 Kasus Ideal	26
3.2 Kasus Nyata.....	27
BAB IV.....	33
METODOLOGI PENELITIAN	33
4.1. Alat Yang Digunakan.....	33
4.2. Tahap Penelitian	33
4.2.1 Tahap Simulasi	34
4.2.2 Proses Simulasi	38
4.3 Jadwal Penelitian.....	42
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
5.1 Hasil Experimen di Laboratorium.....	43
5.1.1 Deceleration Test.....	44
5.1.2 Penentuan Angka Konversi Rasio Putaran per Meter Kubik.....	44
5.1.3 Hasil Kalibrasi Meter Turbin	46
5.2 Validasi Model Simulasi CFD.....	47
5.2.1 <i>Mesh Convergence Study</i>	50



5.2.2	Diagram Benda Bebas (Free Body Diagram) Rotor Meter Turbin.....	51
5.2.3	Medan Kecepatan dan Torsi dalam Simulasi Steady State.....	53
5.3	Hasil Simulasi CFD.....	56
5.3.1	Sudu Rotor Utuh dengan Fluida Udara.....	56
5.3.2	Sudu Rotor Utuh dengan Fluida Metana	58
5.3.3	Sudu Rotor Patah dengan Fluida Udara dan Variasi Jumlah Patahan	61
5.4	Pembahasan	63
5.4.1	Performa Meter Turbin Ditinjau dari Tren Konsumsi Konsumen	63
5.4.2	Analisis Vektor Kecepatan pada Berbagai Kondisi Sudu Meter Turbin.....	65
5.4.3	Pengaruh Flow Straightener terhadap Kecepatan Putaran Rotor.....	69
PENUTUP		71
6.1	Kesimpulan.....	71
6.2	Saran.....	71



Daftar Tabel

Tabel 2.1 Dampak kerusakan sudu pada k-Factor untuk pengukuran minyak....	5
Tabel 2.2 Penelitian terkait Performa Pengukuran Meter Turbin	9
Tabel 4.3 Jadwal Penelitian.....	43
Tabel 5.1 Pengujian Pembacaan Counter Meter terhadap Putaran Rotor	46
Tabel 5.2 Hasil Uji Kalibrasi Tera Meter Turbin G400	47
Tabel 5.3 Hasil Putaran Rotor Per Jam pada Uji Kalibrasi Tera Meter Turbin ..	48
Tabel 5.4 Hasil Studi Konvergensi Model untuk Rotor Meter Turbin	50
Tabel 5.5 Perbandingan Nilai Kalibrasi Tera dengan Simulasi CFD	56
Tabel 5.6 Titik Pengujian Variabel Laju Alir pada Simulasi CFD	57
Tabel 5.7 Hasil Simulasi CFD dengan sudu turbin yang utuh	58
Tabel 5.8 Kecepatan Putaran Rotor dengan Torsi-z 0 N.m Fluida Uji Udara ...	59
Tabel 5.9 Kecepatan Putaran Rotor dengan Torsi 0 N.m Fluida Uji Metana ...	60
Tabel 5.10 Perbandingan Kecepatan Putar antara Udara dengan Metana.....	61
Tabel 5.11 Nilai Kecepatan Putaran Meter Turbin dengan 1 Sudu Patah	62
Tabel 5.12 Hasil Kecepatan Putaran dengan berbagai Kondisi Sudu Rotor	63
Tabel 5.13 Hasil Simulasi Laju Alir dengan Berbagai Variasi Patahan Sudu ...	65
Tabel 5.14 Error Performa Hasil Simulasi CFD	66



Daftar Gambar

Gambar 2.1 Basis Desain Umum Meter Turbin	4
Gambar 2.2 Kurva volume rata-rata gas yang terestimasi lebih untuk setiap siklus on-off dalam fungsi laju alir volumetrik (m ³ /h).....	7
Gambar 2.3 Geometri Dasar Alat Ukur Laju Alir.....	8
Gambar 3.1 Skematik meter turbin aliran aksial.....	14
Gambar 3.2 Segitiga kecepatan turbin pada (a) kondisi ideal; (b) kondisi nyata...17	
Gambar 3.3 Bentuk Sel Dua Dimensi.....	26
Gambar 3.4 Bentuk Sel Tiga Dimensi.....	26
Gambar 4.1 Langkah-langkah Tahap Pre-processing.....	29
Gambar 4.2 Langkah-langkah pada tahap Processing	31
Gambar 4.3 Hasil Meshing Sudu Turbin.....	32
Gambar 4.4 Proses Iterasi Konvergen.....	32
Gambar 4.5 Ilustrasi medan aliran fluida	40
Gambar 4.6 Pemodelan Turbulensi Reynold Average Navier-Stokes (RANS)...40	
Gambar 4.7 Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 5.1 Deceleration Test Rotor Meter Turbin	44
Gambar 5.2 Counter Meter Turbin dan Roda Gigi Penghubung ke Sudu Rotor ..46	
Gambar 5.3 Fasilitas Uji Kalibrasi Tera Meter Turbin	47
Gambar 5.4 Gambar Pengaturan <i>Solution Method</i> Simulasi CFD Meter Turbin.49	
Gambar 5.5 Grafik Iterasi Residual CFD Meter Turbin.....	49
Gambar 5.6 Meshing Rotor Meter Turbin	50
Gambar 5.7 Grafik Hasil Studi Konvergensi Model.....	51
Gambar 5.8 Sebaran kecepatan pada frame x rotor meter turbin	52
Gambar 5.9 Aliran Fluida Gas Melewati Stator dan Rotor Meter Turbin	53
Gambar 5.10 Penampang Melintang Aliran Fluida Gas Melewati Stator dan Rotor Meter Turbin	54
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Momen dengan Kecepatan Rotor.....	55
Gambar 5.12 Perbandingan Rotasi Permenit antara Kalibrasi dan CFD.....	56
Gambar 5.13 Skematik 16 Sudu Rotor Meter Turbin G400.....	58
Gambar 5.14 Skematik Melintang Gradien Kecepatan Fluida Melewati Rotor..60	
Gambar 5.15 Perbandingan Hasil Simulasi Fluida Udara dengan Metana.....	61



Gambar 5.16 Meshing untuk Rotor dengan 1 Sudu Patah.....	62
Gambar 5.17 Kecepatan Putaran Rotor untuk Laju Alir 65 – 325 m ³ /jam.....	63
Gambar 5.18 Kecepatan Putaran Rotor untuk Laju Alir 390 – 650 m ³ /jam.....	64
Gambar 5.19 Tren Konsumsi Konsumen Per Jam.....	65
Gambar 5.20 Sebaran Vektor Kecepatan Rotor Utuh Meter Turbin dengan Laju Alir (a) 130 m ³ /jam dan (b) 195 m ³ /jam.....	67
Gambar 5.21 Sebaran Vektor Kecepatan Rotor Utuh Meter Turbin dengan Laju Alir 130 m ³ /jam	67
Gambar 5.22 Kontur Kecepatan disekitar Rotor pada laju alir (a) 130 m ³ /jam dan (b) 195 m ³ /jam	68
Gambar 5.23 Sebaran Vektor Kecepatan Rotor Patah Satu Sudu Meter Turbin dengan Laju Alir 130 m ³ /jam	69
Gambar 5.24 Kontur Kecepatan disekitar Rotor pada laju alir 130 m ³ /jam	69
Gambar 5.25 Sebaran Vektor Kecepatan Rotor Patah Lima Belas Sudu Meter Turbin dengan Laju Alir 130 m ³ /jam	70



Daftar Notasi

- r_o : radius luar dari jalur aliran melingkar pada sudu rotor
 r_i : radius dalam dari jalur aliran melingkar pada sudu rotor
 V : kecepatan absolut
 V_t : kecepatan tangensial
 V_{t1} : kecepatan tangensial saat masuk ke sudu rotor
 V_{t2} : kecepatan tangensial saat keluar dari sudu rotor
 V_a : kecepatan aksial
 ω_i : kecepatan putaran rotor ideal tanpa slip
 ω : kecepatan putaran rotor actual
 $\omega_i - \omega$: rotor slip
 \bar{r} : akar kuadrat rata-rata dari r_o dan r_i
 A : luas aktual *cross-sectional* dari jalur aliran melingkar pada sudu rotor
 β : sudut sudu diukur dari arah aksial meter
 α : sudut kecepatan gas diukur dari arah aksial meter
 δ : sudut deviasi dari sudut sudu pada outlet sudu
 ρ : massa jenis dari gas
 m : laju alir massa dari gas
 Q : laju alir volume dari gas
 μ : viskositas absolut dari gas
 ν : viskositas kinematik dari gas
 Re : Bilangan Reynolds
 M_f : total *retarding torque* dikarenakan gaya fluida
 M_n : total *retarding torque* dikarenakan gaya non fluida, utamanya beban bearing dari berat sistem putaran dan beban pickup
 $(\Delta\omega)_f$: adalah bagian slip rotor $\Delta\omega$ yang dikarenakan oleh M_f
 $(\Delta\omega)_n$: adalah bagian slip rotor $\Delta\omega$ yang dikarenakan oleh M_n