UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | 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
ABSTRACT vi
INTISARI vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xviii
DAFTAR LAMPIRAN xix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xx

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Prinsip Kerja Turbin Uap 5
2.2 Klasifikasi Turbin Uap 5
2.2.1 Jenis turbin menurut prinsip kerjanya 6

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.1.1 Turbin Aksi 6
2.2.1.2 Turbin Reaksi 6
2.2.1.3 Perbedaan turbin aksi dan reaksi 8
2.2.2 Jenis turbin menurut jumlah tingkatnya 9
2.2.2.1 Turbin tunggal 9
2.2.2.2 Turbin bertingkat 9
2.2.3 Jenis turbin menurut penurunan tekanan dalam turbin 9
2.2.3.1 *Non-Condensing Turbine* 9
2.2.3.2 *Condensing Turbine* 10
2.2.3.3 *Extraction Condensing Turbine* 10
2.2.3.4 *Admission Condensing Turbine* 11
2.2.3.5 *Extraction Admission Condensing Turbine* 12
2.3 Komponen-komponen turbin uap 12

BAB III LANDASAN TEORI 21
3.1 Analisis secara termodinamika 21
3.2 Ekspansi uap di dalam nosel 23
3.3 Konstruksi nosel dan sudu pengarah 24
3.4 Konstruksi rotor dan bantalan 25
3.5 Rugi-rugi pada turbin uap 26
3.5.1 Rugi-rugi internal 27
3.5.1.1 Kerugian pada katup pengatur 27
3.5.1.2 Kerugian pada nosel 27
3.5.1.3 Kerugian kecepatan keluar 27
3.5.1.4 Kerugian pada sudu gerak 27
3.5.1.5 Kerugian pada gesekan cakram 28
3.5.1.6 Kerugian akibat ruang bebas 29
3.5.1.7 Kerugian akibat kebasahan uap 29

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.5.1.8 Kerugian pada saluran keluar 29
3.5.2 Rugi-rugi eksternal 30
3.5.1.1 Kerugian mekanik 30
3.5.1.2 Kerugian akibat kebocoran uap 30
3.6 Efisiensi turbin uap 30

BAB IV PERANCANGAN 33
4.1 Penentuan spesifikasi turbin yang akan dirancang 33
4.2 Perhitungan termodinamika uap 33
4.3 Perancangan nosel 34
4.4 Perancangan sudu 34
4.5 Perancangan poros 35
4.6 Perancangan bantalan 35
4.7 Perancangan rumah turbin 36
4.8 Pendesainan turbin 36
4.9 Diagram alir perancangan 36

BAB V HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN 38
5.1 Perhitungan secara termodinamika uap 38
5.1.1 Data perancangan 38
5.1.2 Perhitungan penurunan kalor 38
5.1.3 Perhitungan massa aliran uap 41
5.1.4 Perhitungan kecepatan uap 41
5.1.5 Penentuan u/c_1 optimum 41
5.1.6 Perhitungan untuk tingkat pertama dan terakhir 47
5.1.7 Distribusi penurunan kalor untuk tingkat reaksi 50
5.1.8 Perhitungan kalor pada tingkat reaksi 51
5.1.8.1 Sudu pengarah tingkat kedua 51

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.1.8.2 Sudu pengarah tingkat ketiga 52
5.1.8.3 Sudu pengarah tingkat kesebelas 54
5.1.8.4 Sudu gerak tingkat kedua 57
5.1.8.5 Sudu gerak tingkat ketiga 60
5.1.9 Tingkat kondensasi 65
5.2 Perancangan nosel 68
5.2.1 Pemilihan jenis nosel 68
5.2.2 Penentuan dimensi nosel 69
5.3 Perancangan sudu 73
5.3.1 Rancangan sudu aksi 73
5.3.1.1 Perhitungan sudu gerak 73
5.3.2 Rancangan sudu reaksi 75
5.3.2.1 Perhitungan sudu pengarah 75
5.3.2.2 Perhitungan sudu gerak 78
5.3.3 Desain sudu 80
5.3.3.1 Perhitungan luasan penampang sudu 80
5.3.3.2 Tegangan tarik pada bagian terlemah akibat gaya sentrifugal 85
5.3.3.1 Tegangan lentur akibat tekanan uap 89
5.3.4 Bahan sudu 91
5.4 Perancangan Poros 92
5.4.1 Torsi pada poros 92
5.4.2 Diameter poros minimum 93
5.4.3 Konstruksi poros 94
5.4.4 Momen lengkung yang terjadi pada poros 98
5.4.5 Dorongan aksial pada rotor 100
5.4.6 Tegangan geser yang terjadi pada poros 102
5.4.7 Defleksi puntir yang terjadi pada poros 103

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.4.8 Defleksi lengkung pada poros 104
5.4.8 Putaran kritis poros 105
5.5 Perancangan Bantalan 106
5.5.1 Perancangan bantalan luncur radial 106
5.5.2 Perancangan bantalan luncur aksial 110
5.6 Perancangan Rumah Turbin 111
5.5.1 Dasar perancangan 111
5.5.2 Perhitungan flens dan baut 112

BAB VI PENUTUP 115
6.1 Kesimpulan 115
6.2 Saran 116

DAFTAR PUSTAKA 118
LAMPIRAN 120

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Aksi 5
Gambar 2.2 Turbin Reaksi 6
Gambar 2.3 Perbedaaan Turbin Aksi dan Turbin Reaksi 7
Gambar 2.4 *Non-Condensing Turbine* 8
Gambar 2.5 *Condensing Turbine* 9
Gambar 2.6 *Extraction Condensing Turbine* 10
Gambar 2.7 *Admission Condensing Turbine* 10
Gambar 2.8 Komponen-komponen pada Turbin Uap 11
Gambar 2.9 Rumah turbin 12
Gambar 2.10 Rotor turbin 13
Gambar 2.11 *Bearing pedestal* 13
Gambar 2.12 *Journal bearing* 14
Gambar 2.13 *Radial bearing* 14
Gambar 2.14 *Thrust bearing* 15
Gambar 2.15 *Gland packing* 15
Gambar 2.16 *Labyrinth ring* 16
Gambar 2.17 Sudu pengarah 16
Gambar 2.18 Sudu gerak 17
Gambar 2.19 *Control valve* (a) dan *Stop Valve* (b) 18
Gambar 2.20 *Main oil pump* 18

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 2.21 *Reducing Gear* 19
Gambar 2.22 *Coupling* 19
Gambar 3.1 Siklus Rankine 21
Gambar 3.2 Diagram T-s Siklus Rankine 21
Gambar 3.3 Penampang nosel pada sisi yang miring 23
Gambar 3.4 Nosel Turbin Uap 24
Gambar 3.5 Koefisien kecepatan Ψ untuk sudu gerak turbin impuls untuk berbagai panjang l' dan profil sudu 27
Gambar 3.6 *Clearance* pada sudu turbin 28
Gambar 3.7 Efisiensi mekanis turbin 29
Gambar 3.8 Efisiensi relatif efektif turbin 30
Gambar 3.9 Efisiensi generator 30
Gambar 3.10 Efisiensi turbin impuls dengan satu tingkat kecepatan sebagai fungsi u/c_1 optimum 31
Gambar 4.1 Diagram alir perancangan 36
Gambar 5.1 Diagram Mollier dasar 39
Gambar 5.2 Segitiga kecepatan untuk nilai $u/c_1 = 0,46$ 45
Gambar 5.3 Grafik hubungan efisiensi dengan nilai u/c_1 46
Gambar 5.4 Diagram Mollier untuk penurunan kalor tiap tingkat 49
Gambar 5.5 Segitiga kecepatan untuk tingkat impuls – tingkat ke 8 67
Gambar 5.6 Segitiga kecepatan untuk tingkat ke 9 – tingkat ke 16 68
Gambar 5.7 Segitiga kecepatan untuk tingkat ke 17,18 68
Gambar 5.8 Penampang sudu impuls 81
Gambar 5.9 Penampang sudu tingkat 2-10 82
Gambar 5.10 Penampang sudu tingkat 11 - 18 84
Gambar 5.11 Segmen akar sudu tingkat 1-10 dan 11-18 dengan ukurannya 86
Gambar 5.12 Konstruksi poros 95

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.13 Cakram tipe konis 97
Gambar 5.14 Gaya yang bekerja pada poros 98
Gambar 5.15 Diagram momen lengkung pada poros 100
Gambar 5.16 Kriteria beban untuk koefisien $\emptyset_v$ 107
Gambar 5.17 Kriteria beban untuk koefisien $\emptyset_s$ 107
Gambar 5.18 Flens dan baut pada turbin 107

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Perhitungan u/c1 optimum 42
Tabel 5.2 Kondisi uap pada tiap tingkat reaksi turbin..... 51
Tabel 5.3 Sudu pengarah 57
Tabel 5.4 Sudu gerak..... 65
Tabel 5.5 Perhitungan termodinamika uap tingkat nosel – 6 66
Tabel 5.6 Perhitungan termodinamika uap tingkat 7 – 13 66
Tabel 5.7 Perhitungan termodinamika uap tingkat 14 – 18 67
Tabel 5.8 Dimensi sudu pengarah 78
Tabel 5.9 Dimensi sudu gerak..... 80
Tabel 5.10 Perhitungan luas penampang sudu impuls 82
Tabel 5.11 Perhitungan luas penampang sudu tingkat 2 - 10..... 83
Tabel 5.12 Perhitungan luas penampang sudu tingkat 11 - 18..... 84
Tabel 5.13 Hasil perhitungan perancangan sudu 91
Tabel 5.14 Faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan 92
Tabel 5.15 Faktor koreksi beban kejut 94
Tabel 5.16 Berat poros tiap bagian..... 95
Tabel 5.17 Berat sudu tiap tingkat 96
Tabel 5.18 Momen lengkung pada tiap titik 100
Tabel 5.19 Dorongan aksial pada sudu gerak turbin 101
Tabel 5.20 Dorongan aksial akibat perbedaan momentum uap 102
Tabel 5.21 Defleksi puntir pada tiap titik..... 103
Tabel 5.22 Defleksi lentur pada poros 104
Tabel 5.23 Defleksi poros 105
Tabel 5.24 Data hasil perancangan bantalan radial..... 109
Tabel 5.25 Data hasil perancangan bantalan aksial..... 111

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Mollier 120
Lampiran 2 Tabel A-4 *Saturated Water – Temperature Table* 121
Lampiran 3 Tabel A-5 *Saturated Water – Pressure Table* 123
Lampiran 4 Tabel A-6 *Superheated Water* 125
Lampiran 5 Ruang bebas pada bantalan luncur 129
Lampiran 6 Nilai desain bantalan radial 129
Lampiran 7 Sifat-sifat bahan bantalan luncur 130
Lampiran 8 Sifat-sifat bahan bantalan luncur aksial 130
Lampiran 9 Tebal lapisan minyak minimum 130
Lampiran 10 Karakteristik Baja Nikel Khrom Molibden JIS G 4103 .. 131
Lampiran 11 Karakteristik Baja Khrom Molibden JIS G 4105 132
Lampiran 12 Karakteristik Baja Khrom Molibden Tempa JIS G 3221 133

PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP
MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

1. Huruf Latin

a_1 = lebar nosel pada sisi keluar (cm)

a_{min} = lebar nosel pada bagian leher (cm)

A = ekuivalensi termal kerja (0,009805 kJ/kg.m)

A_r = kerja yang dilakukan untuk melawan gesekan (kg.m/s)

b_0 = lebar sudu (mm)

c = kapasitas termal rata-rata minyak (kkal/kg^{o}C)

c_1 = kecepatan aktual uap pada sisi keluar nosel (m/s)

c_{1t} = kecepatan teoritis uap pada sisi keluar nosel (m/s)

c_{1u} = kecepatan mutlak radial uap pada sudu gerak (m/s)

c_2 = kecepatan mutlak uap keluar sudu gerak (m/s)

c_{2u} = kecepatan radial uap pada sudu gerak (m/s)

c_{ad} = kecepatan uap teoritis tingkat reaksi dikonversikan energi kinetik (m/s)

C_b = faktor pembebanan lentur

C_b = tegangan tarik sudu akibat gaya radial (kg)

d = diameter cakram (m)

d" = diameter rata-rata sudu gerak

d_s = diameter poros minimum (mm)

d_p = diameter poros (mm)

E = modulus elastisitas baja (kg/mm^2)

f = koefisien gesekan

f_c = faktor koreksi daya

f_{min} = luas penampang minimum (m^2)

f_{max} = luas penampang maximum (m^2)

f'_{min} = luas penampang leher nosel (cm^2)

f_s = luas melingkar aliran uap (m^2)

F_0 = luas panampang akar sudu (mm^2)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

G	= modulus geser (kg/mm^2)
G	= massa alir uap melalui tingkat turbin (kg/s)
G_b	= bobot sudu (kg)
$G_{kebocoran}$	= massa aliran uap yang melalui ruang-ruang labirin (kg/s)
h_0	= penurunan kalor teoritis (kJ/kg)
h_{01}	= penurunan kalor pada sudu pengarah (kkal/kg)
h_{02}	= penurunan kalor pada sudu gerak (kkal/kg)
$h_{01}+h_e^{pr}$	= energi yang dimanfaatkan pada sudu pengarah (kkal/kg)
$h_{02}+h_{w1}$	= energi yang dimanfaatkan pada sudu gerak (kkal/kg)
h_1	= entalpi tekanan uap masuk turbin (bar)
h_{2a}	= entalpi tekanan uap keluar turbin (bar)
h_c	= kerugian akibat kecepatan keluar (kkal/kg)
h_b	= kerugian pada sudu gerak (kkal/kg)
h'_b	= kerugian pada sudu gerak (kkal/kg)
h_e^{pr}	= *carry-over loss* (kkal/kg)
h_{gb}	= kerugian pada sudu pengarah (kkal/kg)
$h_{ge,a}$	= kerugian akibat gesekan dan ventilasi cakram (kkal/kg)
h_i	= penurunan kalor aktual yang dimanfaatkan (kkal/kg)
$h_{kebasahan}$	= kerugian akibat kebasahan uap (kkal/kg)
$h_{kebasahan}$	= kerugian kebocoran melalui ruang bebas radial (kkal/kg)
h_n	= kerugian akibat gesekan uap di dalam nosel (kkal/kg)
h_u	= penurunan kalor yang dimanfaatka (kJ/kg)
h_{wl}	= kandungan kalor uap pada sisi masuk sudu gerak (kkal/kg)
i_0	= kandungan kalor uap pada kondisi masuk (kkal/kg)
i_{1t}	= kandungan kalor uap pada kondisi keluar (kkal/kg)
I	= momen inersia poros (mm^4)
J	= momen inersia polar (mm^4)
K_b	= factor koreksi beban lentur
K_t	= factor koerksi beban kejut
l	= panjang nosel pada bagian divergen (cm)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

l_1 = tinggi sudu pengarah (mm)

l_2'' = tinggi sudu gerak (m)

l_{min} = tinggi penampang leher setiap nosel (cm)

M = momen lengkung terbesar pada poros (kg.mm)

n = putaran turbin (rpm)

n_{cr} = putaran kritis (rpm)

N'_i = daya yang dibangkitkan turbin (kW)

$N_{ge,a}$ = daya yang ditimbulkan akibat gesekan dan ventilasi cakram (kW)

p_0 = tekanan awal uap masuk (bar)

p_2 = tekanan keluar uap (bar)

$p'_i - p_2$ = tekanan uap sebelum dan sesudah sudu gerak (bar)

P_a = gaya yang terjadi akibat perbedaan tekanan (kg)

P'_a = gaya yang terjadi akibat perubahan momentum uap (kg)

P_{kr} = tekanan kritis (bar)

P_μ = gaya yang searah dengan putaran 9kg)

q_0 = pelumas yang dibutuhkan bantalan (liter/s)

Q_r = ekuivalensi kalor kerja (kkal/s)

r_1 = jari-jari hub (mm)

r_2 = jari-jari luar cakram (m)

r_{rat} = jari-jari titik berat terhadap sumbu poros (mm)

SF1 = *safety factor* karena berat poros

SF1 = *safety factor* karena pasak, poros bertingkat dan konsentrasi Tegangan

t = jarak antar sudu (mm)

t_n = jarak antar nosel (cm)

T = momen puntir/torsi (kg.mm)

u = kecepatan keliling (m/s)

v'_o = volume spesifik uap sebelum masuk (m^3/kg)

v_{01} = volume spesifik uap pada sudu pengarah (m^3/kg)

v_{02} = volume spesifik uap pada sudu gerak (m^3/kg)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

v_1 = volume spesifik uap pada sisi keluar nosel (m^3/kg)
W_c = berat cakram (kg)
$x_2^{"}$ = perbandingan kecepatan uap pada sudu gerak
y_{max} = defleksi maksimum poros (mm)
z = jumlah sudu
z_n = jumlah nosel yang digunakan

2. Huruf Yunani

α_1 = sudut nosel (^{o})
α_2 = sudut keluar sudu gerak (^{o})
β_1 = sudut relative uap masuk sudu gerak (^{o})
β_2 = sudut relative uap keluar sudu gerak (^{o})
σ = tegangan tarik pada sudu (kg/mm^2)
σ_B = kekuatan tarik bahan (kg/m^2)
σ_b = tegangan lentur akibat tekanan uap (kg/cm^2)
δ = simpangan maksimum poros (mm/kg)
δr = lebar ruang bebas (mm)
η_{0i} = efisiensi internal relative turbin
η_u = efisiensi kecepatan cakram turbin
φ = koefisien kecepatan pada nosel (0,91-0,98)
θ = defleksi puntir ($^o/m$)
ε = derajat pemasukan parsial
Φ_s = koefisien tahanan
Φ_v = koefisien bantalan
ρ = massa jenis bahan sudu (kg/m^3)
ρ = jari-jari kelengkungan sudu (mm)
τ_s = tegangan geser yang terjadi (kg/mm^2)
$\tau_{s\ ijin}$ = tegangan geser yang diijinkan (kg/mm^2)
μ = viskositas pelumas ($kg.s/cm^2$)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN TURBIN UAP IMPULS-REAKSI SATU RUMAH DENGAN DAYA 250 MW PUTARAN 3000 RPM TEKANAN UAP MASUK 140 BAR DAN TEMPERATUR 560 C
PRATAMA NOVIARDI WIRYAWAN, Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ω = kecepatan sudut (rad/s)

ω_1 = kecepatan relative uap pada sudu gerak (m/s)

ω_2 = kecepatan relative uap keluar pada sudu gerak (m/s)

ω_{2t} = kecepatan relative teoritis uap (m/s)

ψ = koefisien kecepatan

ϱ = derajat reaksi

γ = massa spesifik uap (kg/m^3)

γ = berat spesifik minyak pelumas (kg/liter)