

TUGAS AKHIR

**STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA
TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI
TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

IVANDO SETYAJI

NIM: D200170173

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2022**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya judul tugas akhir **“STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX”** Yang dibuat untuk memenuhi senagai syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta sejauh saya ketahui bukan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasi dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 18 Juni 2022

Yang menyatakan



Ivando Setyaji

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX” telah disetujui oleh Pemimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Mesian Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

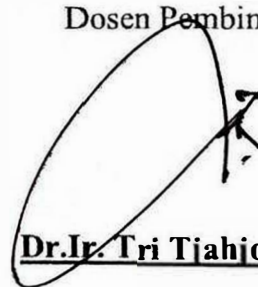
Dipersiapkan oleh :

Nama : Ivando Setyaji
NIM : D200170173

Disetujui pada

Hari : Sabtu
Tanggal : 18 Juni 2022

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX” telah dipertahankan di hadapan Tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Ivando Setyaji** NIM : **D200170173**

Disahkan pada,

Hari / Tanggal : Sabtu / 18 Juni 2022

Tim Penguji:

Ketua : Dr.Ir. Tri Tjahjono, M.T. (.....)

Anggota 1 : Patna Partono S.T., M.T. (.....)

Anggota 2 : Prof. Ir. Sarjito, M.T., Ph.D (.....)

Mengetahui,

Dekan

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Rois Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D

Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 038/II/2022 Tanggal 01 Maret 2022 tentang Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini:

Nama : Dr.Ir. Tri Tjahjono, M.T.

Pangkat/Jabatan : Lecture

Kedudukan : Pembimbing Tugas Akhir

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : Ivando Setyaji

NIM : D200170173

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 10

Judul/Topik : STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX

Rincian Soal/Tugas : Melakukan pengujian perbandingan pengaruh modifikasi penambahan sudu lengkung pada turbin Tesla terhadap putaran, torsi, daya dan efisiensi turbin dengan validasi hasil menggunakan Ansys CFX

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 27 Agustus 2021

Pembimbing


Dr.Ir. Tri Tjahjono,
M.T.

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

1. Untuk Kajur
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

MOTTO

“Man Jadda Wa Jada”

“Lihatlah Proses Bukan Lihat Hasil, Karena Proses Menentukan Hasil”

“Kegagalan dan kesalahan mengajari kita untuk mengambil pelajaran dan menjadi lebih baik”

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada keluarga saya yaitu :
Bapakku Suwandi dan Ibuku Karniati, atas doa yang tak pernah henti,
Semoga ini dapat memberikan sedikit kebahagiaan
Kakak saya Maya Setyowati atas doanya

STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan sudu lengkung pada turbin Tesla dengan jumlah sudu sebanyak 12 buah untuk setiap sisi impeller. Jumlah impeller pada turbin Tesla sebanyak 3 buah dengan masing - masing berdiameter 150mm dan impeller terbuat dari bahan (*polylactid acid*) PLA+. Turbin di uji dengan head setinggi 15m dan untuk mengetahui laju peningkatan putaran poros pada turbin Tesla dilakukan pengaturan debit melalui valve dengan variasi sudut 30^0 , 45^0 , 60^0 , dan 90^0 . Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dan simulasi menggunakan Ansys CFX, kemudian hasil eksperimen dan simulasi akan divalidasi dengan maksimal angka error 10%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan sudu lengkung pada turbin Tesla meningkatkan laju performa pada turbin Tesla. Pada turbin Tesla dengan penambahan sudu lengkung didapatkan putaran poros tertinggi 630 RPM dengan nilai torsi eksperimen 0,270 N.m dan torsi simulasi 0,281 N.m, selisih error nilai torsi 4,01%, daya turbin 17,825watt dan efisiensi 16,621%. Kemudian pada turbin tesla tanpa sudu (bladeless) didapatkan putaran poros tertinggi 360 rpm, nilai torsi eksperimen 0,154 N.m dan torsi simulasi 0,160 N.m, selisih error nilai torsi 3,81%, daya turbin 5,82 watt, dan efisiensi 5,42%.

Kata kunci : turbin Tesla, sudu lengkung, Ansys CFX, tanpa sudu

STUDY ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL CAVEL ON THE TESLA TURBINE ON ROUND, TORQUE, POWER AND TURBINE EFFICIENCY WITH RESULT VALIDATION USING ANSYS CFX

ABSTRACT

This study purpose to determine the effect of adding curved blades to the Tesla turbine with a total of 12 blades for each side of the impeller. The number of impellers on the Tesla turbine is 3 pieces with a diameter of 150mm each and the impeller is made of PLA+ (polylactid acid) material. The turbine was tested with a head as high as 15m and to determine the rate of increase in the rotation of the shaft on the Tesla turbine, discharge settings were carried out through a valve with variations in angles of 300, 450, 600, and 900. This research was carried out by experimental and simulation methods using Ansys CFX, then the experimental results and The simulation will be validated with a maximum error rate of 10%. The test results show that the addition of a curved blade on the Tesla turbine increases the performance rate of the Tesla turbine. In the Tesla turbine with the addition of a curved blade, the highest shaft rotation is 630 RPM with an experimental torque value of 0.270 N.m and a simulation torque of 0.281 N.m, the difference in the error value of torque is 4.01%, turbine power is 17.825watt and efficiency is 16.621%. Then on a bladeless Tesla turbine, the highest shaft rotation is 360 rpm, the experimental torque value is 0.154 N.m and the simulation torque is 0.160 N.m, the difference in error is 3.81%, the turbine power is 5.82 watts, and the efficiency is 5.42%.

Keyword : *Tesla turbine, curved blade, Ansys CFX, Bladeless*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat diselesaikan. Tugas akhir "STUDI ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SUDU LENGKUNG PADA TURBIN TESLA TERHADAP PUTARAN, TORSI, DAYA DAN EFISIENSI TURBIN DENGAN VALIDASI HASIL MENGGUNAKAN ANSYS CFX" dapat diselesaikan dengan baik atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rois Fatoni, ST, M.Sc, Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
2. Bapak Ir. Agus Dwi Anggono, M.Eng., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
3. Bapak Sartono Putro, Ir. M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan selama masa perkuliahan
4. Bapak Dr.Ir. Tri Tjahjono, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu membimbing serta mengarahkan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh jenjang pendidikan.
6. Rekan kelompok Tugas Akhir yaitu Sugeng Purwanto yang telah berjuang dan bekerjasama dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, 18 Juni 2022

Ivando Setyaji

-DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAKSI	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Massa Jenis dan Berat Spesifik	8
2.2.2 Viskositas	10
2.2.3 Bilangan Reynolds.....	11
2.2.4 <i>Mass Flow rate</i>	13
2.2.5 Persamaan Aliran Fluida	13
2.2.6 Lapisan Batas.....	15
2.2.7 Head Turbin.....	16
2.2.8 Turbin Tesla	17
2.2.8.1 Prinsip Kerja Turbin Tesla.....	18
2.2.9 Dasar Pemilihan Turbin.....	20

2.2.10	Permodelan dengan Computational Fluid Dynamics	22
2.2.11	Ansys CFX	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Studi Pustaka dan Studi Lapangan	28
3.2	Survei Tempat dan Pengukuran Laju Aliran Air	28
3.3	Desain Turbin Tesla dengan Solidwork	29
3.4	Persiapan Alat dan Bahan	31
3.5	Skema Pengujian	36
3.5.1	Skema Pengambilan Data Debit	36
3.5.2	Skema Pengujian Turbin Tesla	37
3.5.3	Pengaturan Sudut Valve	37
3.6	Prosedur Pengambilan Data	39
3.6.1	Eksperimen	39
3.6.2	Simulasi	41
3.7	Pembuatan Simulasi Ansys CFX	41
3.7.1	<i>Pre-processing</i>	42
3.7.2	<i>Processing</i>	63
3.7.3	<i>Post-processing</i>	64
3.8	Validasi Data	66

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Pembahasan Antara Turbin Tesla Sudu Lengkung Dengan Turbin Tesla Tanpa Sudu (<i>Bladeless</i>) Terhadap Putaran Poros	67
4.1.1	Analisa Grafik Hasil Eksperimen Antara Putaran Poros dengan Debit	71
4.1.2	Analisa Grafik Hasil Simulasi Antara Putaran Poros dengan Debit	72
4.2	Analisa Pembahasan Antara Turbin Tesla Sudu Lengkung Dengan Turbin Tesla Tanpa Sudu (<i>Bladeless</i>) Terhadap Torsi	73
4.2.1	Analisa Grafik Hasil Eksperimen Antara Torsi dengan Putaran Poros	77
4.2.2	Analisa Grafik Hasil Simulasi Antara Torsi dengan Putaran Poros	78
4.3	Analisa Pembahasan Eksperimen Analisa Pembahasan Antara Turbin Tesla Sudu Lengkung Dengan Turbin Tesla Tanpa Sudu (<i>Bladeless</i>) Terhadap Daya	79
4.3.1	Analisa Grafik Hasil Eksperimen Antara Daya dengan Torsi	82
4.3.2	Analisa Grafik Hasil Simulasi Antara Daya dengan Torsi	83
4.4	Analisa Pembahasan Antara Turbin Tesla Sudu Lengkung Dengan Turbin Tesla Tanpa Sudu (<i>Bladeless</i>) Terhadap Efisiensi	84
4.4.1	Analisa Grafik Hasil Eksperimen Antara Efisiensi dengan Daya	87

4.4.2	Analisa Grafik Hasil Simulasi Antara Efisiensi Dengan Daya.....	88
4.5	Analisa Pembahasan Antar Eksperimen dengan Simulasi.....	89
4.5.1	Analisa Perbandingan Grafik Perbandingan Torsi Eksperimen dengan Torsi Simulasi	90
4.5.2	Analisa Perbandingan Grafik Perbandingan Daya Eksperimen dengan Daya Simulasi	91
4.5.3	Analisa Perbandingan Grafik Perbandingan Efisiensi Eksperimen dengan Efisiensi Simulasi	92

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	93
5.2	Saran	95

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin tesla yang pertama kali dibuat	7
Gambar 2.2 Turbin tesla menggunakan udara bertekanan.....	8
Gambar 2.3 Aliran Laminer	12
Gambar 2.4 Aliran Turbulen	12
Gambar 2.5 Aliran Transisi.....	13
Gambar 2.6 Skema persamaan kontinuitas	15
Gambar 2.7 Lapisan batas	15
Gambar 2.8 Turbin tesla pertama kali diaplikasikan	17
Gambar 2.9 Viskositas dan gaya adhesi pada fluida.....	18
Gambar 2.10 Penampang aliran fluida turbin tesla.....	19
Gambar 2.11 Skema torsi.....	21
Gambar 2.12 Siklus Permodelan CFD	23
Gambar 2.13 Proses simulasi CFD	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian	27
Gambar 3.2 Instalasi pipa pada turbin Tesla.....	29
Gambar 3.3 Desing turbin Tesla pada <i>software</i> Solidwork 2020	29
Gambar 3.4 <i>Impeller</i>	31
Gambar 3.5 Nosel.....	31
Gambar 3.6 Rumah Turbin	32
Gambar 3.7 Poros.....	32
Gambar 3.8 Spacer	32
Gambar 3.9 Snap Ring	33
Gambar 3.10 Ring	33
Gambar 3.11 Bearing	33
Gambar 3.12 Tachometer.....	34
Gambar 3.13 Kunci L.....	34
Gambar 3.14 Pelumas Bearing.....	35

Gambar 3.15 Laptop.....	35
Gambar 3.16 Gelas ukur	36
Gambar 3.17 Skema pengambilan data debit.....	36
Gambar 3.18 Skema Pengujian turbin Tesla.....	37
Gambar 3.19 Sudut valve 30 ⁰	37
Gambar 3.20 Sudut valve 45 ⁰	38
Gambar 3.21 Sudut valve 60 ⁰	38
Gambar 3.22 Sudut valve 90 ⁰	39
Gambar 3.23 Flow chart simulasi Ansys CFX	42
Gambar 3.24 Turbin Tesla sudu lengkung 2D.....	43
Gambar 3.25 Turbin Tesla tanpa sudu 2D	43
Gambar 3.26 Data geometri rumah turbin Tesla.....	44
Gambar 3.27 Data geometri posisi nosel turbin Tesla	44
Gambar 3.28 Turbin Tesla sudu lengkung Solidwork	45
Gambar 3.29 Turbin Tesla sudu lengkung Spaceclaim 2020	45
Gambar 3.30 Turbin Tesla <i>bladeless</i> solidwork	46
Gambar 3.31 Turbin Tesla <i>bladeless</i> Spaceclaim 2020	46
Gambar 3.32 Domain rotor	48
Gambar 3.33 Potongan Domain Rotor.....	48
Gambar 3.34 Domain Stator	49
Gambar 3.35 Potongan Domain stator	49
Gambar 3.36 Kondisi lapis batas antara inlet dan outlet.....	50
Gambar 3.37 Kondisi lapis batas wall stator.....	51
Gambar 3.38 Kondisi lapis batas impeller	51
Gambar 3.39 Kondisi lapis batas <i>Shaft</i>	52
Gambar 3.40 Kondisi interface pada domain stator.....	52
Gambar 3.41 Kondisi interface pada domain rotor	53
Gambar 3.42 Settingan dalam pembuatan mesh	53
Gambar 3.43 Hasil meshing domain turbin tesla.....	54

Gambar 3.44 Kualitas hasil meshing dari <i>Skeweness</i> dan <i>Ortogonal Quality</i>	54
Gambar 3.45 Mesh metric skewness.....	54
Gambar 3.46 Mesh metric orthogonal quality	54
Gambar 3.47 Model aliran fluida	55
Gambar 3.48 Tampilan menu domain stator.....	56
Gambar 3.49 Penentuan model turbulensi pada domain stator.....	57
Gambar 3.50 input data inlet pada domain stator	57
Gambar 3.51 Input data outlet pada domain stator	58
Gambar 3.52 Menentukan kondisi lapis batas domain stator wall	58
Gambar 3.53 Input data pada domain rotor	59
Gambar 3.54 Jenis turbulensi.....	60
Gambar 3.55 kondisi lapis batas impeller.....	60
Gambar 3.56 Interface domain rotor inlet dan stator inlet.....	61
Gambar 3.57 Interface domain rotor outlet dan stator outlet.....	61
Gambar 3.58 Interface domain rotor wall dan stator wall	62
Gambar 3.59 Input data Solver control.....	62
Gambar 3.60 Tampilan menu solution sebelum dilakukan perhitungan simulasi	63
Gambar 3.61 Grafik residual massa dan momentum.....	64
Gambar 3.62 Grafik Torsi simulasi.....	64
Gambar 3.63 Data perhitungan hasil simulasi	65
Gambar 3.64 Kontur distribusi fluida pada turbin tesla.....	65
Gambar 3.65 Kondisi aliran fluida saat dilakukan simulasi	66
Gambar 4.1 Distribusi debit saat mengenai sudu.....	69
Gambar 4.2 Grafik hubungan putaran dengan debit pada turbin Tesla eksperimen	71
Gambar 4.3 Grafik hubungan putaran dengan debit pada turbin Tesla simulasi ...	72
Gambar 4.4 Grafik hubungan putaran dengan torsi pada turbin Tesla eksperimen	77
Gambar 4.5 Grafik hubungan putaran dengan torsi pada turbin Tesla simulasi	78

Gambar 4.6 Grafik hubungan Torsi dengan daya turbin pada turbin Tesla eksperimen	82
Gambar 4.7 Grafik hubungan Torsi dengan Daya Turbin pada turbin Tesla simulasi	83
Gambar 4.8 Grafik hubungan Daya turbin dengan efisensi turbin Tesla eksperimen	87
Gambar 4.9 Grafik hubungan Daya turbin dengan efisensi turbin Tesla simulasi	88

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Keterangan Domain stator	56
Tabel 3.2 Keterangan pada domain rotor	59
Tabel 3.3 Interface pada Domain turbin tesla.....	61
Tabel 4.1 Jenis Aliran saat dilakukan pengujian.....	67
Table 4.2 Data pengaturan volume aliran	67
Tabel 4.3 Hasil pengujian turbin Tesla Sudu Lengkung terhadap putaran poros	70
Tabel 4.4 Hasil pengujian turbin Tesla tanpa sudu terhadap putaran poros	71
Tabel 4.5 Hasil pengujian debit turbin tesla.....	73
Tabel 4.6 Data hasil perhitungan torsi turbin Tesla sudu lengkung.....	76
Tabel 4.7 Data hasil perhitungan torsi turbin Tesla tanpa sudu (<i>bladeless</i>)	77
Tabel 4.8 Data nilai torsi dan putaran poros turbin Tesla sudu lengkung.....	79
Tabel 4.9 Data nilai torsi dan putaran poros turbin Tesla tanpa sudu (<i>bladeless</i>) .	79
Tabel 4.10 Data hasil perhitungan daya pada turbin Tesla sudu lengkung.....	81
Tabel 4.11 Data hasil perhitungan daya pada turbin Tesla tanpa sudu (<i>bladeless</i>)	81
Tabel 4.12 Data nilai daya turbin dan putaran poros turbin Tesla sudu lengkung.	84
Tabel 4.13 Data nilai daya turbin dan putaran poros turbin Tesla tanpa sudu (<i>bladeless</i>)	84
Tabel 4.14 Data hasil perhitungan daya pada turbin Tesla sudu lengkung.....	86
Tabel 4.15 Data hasil perhitungan daya pada turbin Tesla tanpa sudu (<i>bladeless</i>)	87
Tabel 4.16 Data hasil pengujian simulasi turbin Tesla sudu lengkung.....	89
Tabel 4.17 Data hasil pengujian simulasi turbin Tesla tanpa sudu (<i>bladeless</i>)	90

DAFTAR SIMBOL

Q	Debit	m^3/s
V	Volume	MI
t	Waktu	s
v	Kecepatan	m/s
A	Luas penampang	m^2
Re	Reynold Number	
ρ	Massa jenis	kg/m^3
v_s	Kecepatan air keluar nosel	m/s
D	Diameter	m
μ	Viskositas dinamik	kg/m.s
D_h	Diameter hidrolis	m
T	Torsi	N.m
F	Gaya	N
R	Jari-jari	m
\dot{m}	Laju aliran massa	kg/s
V_{im}	Kecepatan air setelah hantaman	m/s
ω	Kecepatan sudut	rad/s
P	Daya	Watt
η	Efisiensi	%
H	Ketinggian	m