

SKRIPSI
OPTIMASI DESAIN *SPIRAL CASING* PADA TURBIN
KAPLAN



*Mencerdaskan &
Memartabatkan Bangsa*

ABDUL LATIF HASAN

1502617016

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA


2023

LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : Optimasi Desain *Spiral Casing* Pada Turbin Kaplan
Penyusun : Abdul Latif Hasan
NIM : 1502617016
Pembimbing I : Drs. H. Sirojuddin, M.T.
Pembimbing II : Dr. Ragil Sukarno, M.T.
Tanggal Ujian : 3 Februari 2023

Disetujui oleh

Pembimbing I



Drs. H. Sirojuddin, M.T.
NIP. 196010271990031003

Pembimbing II



Dr. Ragil Sukarno, M.T.
NIP.197902112012121001

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : Optimasi Desain *Spiral Casing* Pada Turbin Kaplan
Penyusun : Abdul Latif Hasan
NIM : 1502617016
Tanggal Ujian : 3 Februari 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Nama Dosen
Drs. H. Sirojuddin, M.T.
NIP. 196010271990031003
(Dosen Pembimbing I)

Tanda Tangan


Tanggal
7/2/23

Dr. Ragil Sukarno, M.T.
NIP.197902112012121001
(Dosen Pembimbing II)



13/2/23

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Yunita Sari, M.T.
NIP.196806062005012001
(Ketua Sidang)



14-02-2023

Rani Anggrainy, S.Pd., M.T
NIP.199201102022032005
(Sekretaris Sidang)



08/02/2023

Ahmad Kholil, M.T.
NIP.197908312005011001
(Dosen Ahli)



09/02/2023

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Eko Arif Syaofudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

- 1 Skripsi ini merupakan Karya asli saya serta belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
- 2 Skripsi ini belum dipublikasi, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang serta dicantumkan dalam daftar pustaka.
- 3 Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 29 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Abdul Latif Hasan

NIM. 1502617016

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “**OPTIMASI DESAIN SPIRAL CASING PADA TURBIN KAPLAN**”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang diperlukan untuk melanjutkan skripsi di Pendidikan Teknik Mesin pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa tidak lepas dari adanya nasehat, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Misbah Fadil dan Ibu Ulfatuz Zahro yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil.
2. Ibu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Drs. H. Sirojuddin, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak semangat, saran, dan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Ragil Sukarno, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu dan perhatiannya dalam membimbing penulis dalam penyusunan skripsi.
5. Teman – teman tim Turbin Kaplan yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam melakukan penelitian ini.
6. Teman – teman konsentasi Kontruksi Perancangan Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2017 yang senantiasa memotivasi dan memberikan dukungan kepada penulis.
7. Kawan – kawan seperjuangan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin Angkatan 2017 yang selalu saling mendoakan.
8. Dan seluruh pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai kritik dan saran yang membangun dari pembaca, sebagai pembelajaran penulis kedepannya. Akhir kata, penulis berharap kepada Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 29 Agustus 2022

Penyusun,



Abdul Latif Hasan

NIM. 1502617016



ABSTRAK

Turbin kaplan adalah salah satu jenis dari turbin reaksi aliran ke dalam (*inward*), yakni turbin reaksi dimana air memasuki turbin pada bagian lingkaran luar dan mengalir menuju ke dalam pusat turbin melalui sudu pengarah. Turbin jenis ini sangat cocok digunakan pada kecepatan aliran sungai yang tinggi dan *head* yang rendah. Untuk mendapatkan besar daya yang maksimal, harus memperhatikan konstruksi desain serta bentuk *Spiral case*. Tujuan dari penelitian ini untuk menginvestigasi *Spiral case* pada turbin kaplan dengan variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm untuk mendapatkan efisiensi dan daya yang maksimal pada saat turbin dalam keadaan berhenti sesaat serta pada saat turbin berputar. Proses penelitian ini menggunakan bantuan dari *software* AutoCAD dalam pembuatan model 2D, *Autodesk inventor* dalam pembuatan model 3D serta uji kekuatan material, dan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada *SolidWork Flow Simulation* untuk menguji aliran yang diperoleh pada *Spiral case*. Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan bahwa varian SC-4 menghasilkan daya dan efisiensi terbaik yaitu, menghasilkan daya sebesar 3740,64 Watt saat turbin berhenti sesaat dengan efisiensi 84,73% dan menghasilkan daya sebesar 4168,87 Watt saat turbin berputar dengan efisiensi 97,43%.

Kata kunci: Daya turbin, Efisiensi turbin, *Spiral case*

ABSTRACT

Kaplan Turbine is one type of inward flow reaction Turbine, namely a reaction Turbine where water enters the Turbine in the outer circle and flows into the center of the Turbine through the guide blades. This type of Turbine is very suitable for use at high river flow speeds and low heads. To get the maximum amount of power, you must pay attention to the design construction and the spiral shape of the case. The purpose of this study was to investigate the Spiral case on the Kaplan Turbine with variations in size reduction in the Spiral case I quadrant of 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, and 20.83 mm to obtain maximum efficiency and power when the Turbine is in a momentary stop and when the Turbine is rotating.. This research process uses the help of AutoCAD software in making 2D models, Autodesk inventor in making 3D models and testing material strength, and Computational Fluid Dynamics (CFD) in SolidWork Flow Simulation to test the flow obtained in the Spiral case. Based on the simulation results, it was found that the SC-4 variant produces the best power and efficiency, that is, produces a power of 3740.64 Watt when the Turbine stops momentarily with an efficiency of 84.73% and produces a power of 4168.87 Watt when the Turbine rotates with an efficiency of 97.43%.

Keywords: Turbine power, Turbine efficiency, Spiral case

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN I.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN II	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	5
1.3. Pembatasan Masalah.....	5
1.4. Permusan Masalah	6
1.5. Tujuan Penelitian	6
1.6. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Sumber Energi Terbarukan	8
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	9
2.2.1. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.....	9
2.3. Jenis Turbin Air	10
2.3.1. Turbin <i>Impuls</i>	11

2.3.2.	Turbin Reaksi.....	13
2.4.	Pemilihan Jenis Turbin Air	15
2.5.	Turbin Kaplan	16
2.5.1.	Komponen Turbin Kaplan.....	16
2.2.2.	Prinsip Kerja Turbin Kaplan	17
2.6.	Perencanaan Turbin Kaplan.....	18
2.6.1.	<i>Head</i>	18
2.6.2.	Kapasitas Aliran (Debit)	18
2.6.3.	Nilai Efisiensi.....	19
2.6.4.	Daya yang Dibangkitkan Turbin.....	20
2.6.5.	Kecepatan Spesifik (N_s).....	20
2.7.	Perencanaan <i>Spiral case</i>.....	20
2.7.1.	Perhitungan diameter <i>Runner</i> (DM) dan Diameter <i>Hub</i> (Dm)	21
2.7.2.	Perencanaan Bentuk <i>Spiral case</i>	21
2.7.3.	<i>Corroton Allowance</i>	23
2.7.4.	<i>Toroidal Shell</i>	24
2.8.	<i>Von mises Stress</i>	25
2.9.	<i>Safety factor</i>	26
BAB III	METODE PENELITIAN	27
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.	Diagram Alir Penelitian	28
3.3.1	Uraian Diagram Alir Penelitian	29
3.4.	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data.....	47
3.5.	Teknik Analisis Data	48
BAB IV	HASIL PENELITIAN.....	49

4.1.	Deskripsi Penelitian.....	49
4.2.	Hasil Analisis <i>Spiral case</i> Turbin Kaplan Varian SC-1	49
4.3.	Hasil Analisis <i>Spiral case</i> Turbin Kaplan Varian SC-2	53
4.4.	Hasil Analisis <i>Spiral case</i> Turbin Kaplan Varian SC-3	57
4.5.	Hasil Analisis <i>Spiral case</i> Turbin Kaplan Varian SC-4	62
4.6.	Analisis Data Penelitian	66
4.7.	Pembahasan	69
4.8.	Aplikasi Hasil Penelitian.....	70
BAB V KESIMPULAN.....		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	71
REFERENSI.....		72
LAMPIRAN.....		75
RIWAYAT HIDUP		97



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Spiral Casing</i> Model CN Tampak (a) Depan (b) Belakang	3
Gambar 1.2 <i>Spiral Casing</i> Model US Tampak (a) Depan (b) Belakang	3
Gambar 2.1 Klasifikasi Turbin <i>Mikro Hidro</i>	10
Gambar 2.2 Turbin Pelton	12
Gambar 2.3 Turbin <i>Cross-flow</i>	12
Gambar 2.4 Turbin Turgo	13
Gambar 2.5 Turbin Francis	14
Gambar 2.6 Turbin Kaplan	15
Gambar 2.7 <i>Turbine Apication Chart</i>	15
Gambar 2.8 Komponen Turbin Kaplan	16
Gambar 2.9 Nilai Efisiensi	19
Gambar 2.10 Diameter <i>Runner</i> dan <i>Hub</i>	21
Gambar 2.11 Pandangan Atas <i>Spiral case</i>	22
Gambar 2.12 Pandangan Samping <i>Spiral case</i>	23
Gambar 2.13 <i>Toroidal Shell</i>	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Desain <i>Spiral case</i> Turbin Kaplan	28
Gambar 3.2 Sketsa <i>Spiral Casing</i> Tampak (a) Atas (b) Samping	31
Gambar 3.3 Grafik Penurunan <i>Peressure</i> di Setiap Segmen	35
Gambar 3.4 Grafik Kenaikan Kecepatan Aliran di Setiap Segmen	36
Gambar 3.5 Desain 2D <i>spiral case</i> dengan panjang titik pusat ke titik ujung segmen <i>spiral case</i> sebesar 299.50 mm	37
Gambar 3.6 Desain 2D <i>spiral case</i> dengan panjang titik pusat ke titik ujung segmen <i>spiral case</i> sebesar 269.50 mm	37
Gambar 3.7 Desain 2D <i>Spiral case</i> dengan panjang titik pusat ke titik ujung segmen <i>spiral case</i> sebesar 244.50 mm	38
Gambar 3.8 Desain 2D <i>Spiral case</i> dengan panjang titik pusat ke titik ujung segmen <i>spiral case</i> sebesar 204.50 mm	38
Gambar 3.9 Desain 3D <i>Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 5 mm	39

Gambar 3.10 Desain 3D <i>Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 10 mm.....	39
Gambar 3.11 Desain 3D <i>Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 14.17 mm.....	40
Gambar 3.12 Desain 3D <i>Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 20.83 mm.....	40
Gambar 3.13 <i>Meshing Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 5 mm.....	41
Gambar 3.14 <i>Meshing Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 10 mm.....	41
Gambar 3.15 <i>Meshing Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 14.17 mm.....	42
Gambar 3.16 <i>Meshing Spiral case</i> dengan penurunan ukuran kuadran I sebesar 20.83 mm.....	42
Gambar 3.17 Titik <i>Fixed</i> pada <i>Spiral case</i>	43
Gambar 3.18 Gaya pada <i>Spiral case</i>	43
Gambar 3.19 Penentuan Tipe Aliran	44
Gambar 3.20 Penentuan Jenis Fluida.....	45
Gambar 3.21 Penentuan <i>Wall Condition</i>	45
Gambar 3.22 Penentuan Kondisi Awal	46
Gambar 3.23 <i>Boundary Conditions Inlet Volume Flow</i>	46
Gambar 3.24 <i>Boundary Conditions Environment Pressure</i>	47
Gambar 3.25 Tampilan <i>Basic Mesh</i>	47
Gambar 4.1 Hasil <i>Von mises Stress</i> Varian SC-1	49
Gambar 4.2 Hasil <i>Displacement</i> Varian SC-1	50
Gambar 4.3 Hasil <i>Safety factor</i> Varian SC-1	50
Gambar 4.4 <i>Cut Plot Force</i> SC-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	51
Gambar 4.5 <i>Flow trajectories Force</i> SC-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	51
Gambar 4.6 <i>Cut Plot Torque</i> SC-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	52
Gambar 4.7 <i>Flow trajectories Torque</i> SC-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	52
Gambar 4.8 Hasil <i>Von mises Stress</i> Varian SC-2.....	54
Gambar 4.9 Hasil <i>Displacement</i> Varian SC-2.....	54

Gambar 4.10 Hasil <i>Safety factor</i> Varian SC-2	54
Gambar 4.11 <i>Cut Plot Force</i> SC-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	55
Gambar 4.12 <i>Flow trajectories Force</i> SC-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	55
Gambar 4.13 <i>Cut Plot Torque</i> SC-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	56
Gambar 4.14 <i>Flow trajectories Torque</i> SC-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	57
Gambar 4.15 Hasil <i>Von mises Stress</i> Varian SC-3.....	58
Gambar 4.16 Hasil <i>Displacement</i> Varian SC-3.....	58
Gambar 4.17 Hasil <i>Safety factor</i> Varian SC-3	59
Gambar 4.18 <i>Cut Plot Force</i> SC-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	59
Gambar 4.19 <i>Flow trajectories Force</i> SC-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	60
Gambar 4.20 <i>Cut Plot Torque</i> SC-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	61
Gambar 4.21 <i>Flow trajectories Torque</i> SC-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	61
Gambar 4.22 Hasil <i>Von mises Stress</i> Varian SC-4.....	62
Gambar 4.23 Hasil <i>Displacement</i> Varian SC-4.....	63
Gambar 4.24 Hasil <i>Safety factor</i> Varian SC-4	63
Gambar 4.25 <i>Cut Plot Force</i> SC-4 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	64
Gambar 4.26 <i>Flow trajectories Force</i> SC-4 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	64
Gambar 4.27 <i>Cut Plot Torque</i> SC-4 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	65
Gambar 4.28 <i>Flow trajectories Torque</i> SC-4 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	65
Gambar 4.29 Grafik Efisiensi yang Dihasilkan Turbin.....	68
Gambar 4.30 Grafik Daya yang Dihasilkan Turbin	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aplikasi Turbin Mikro Hidro dengan Klasifikasi <i>Head</i>	11
Tabel 2.2 Klasifikasi Penggunaan Jenis Turbin berdasarkan <i>head</i>	18
Tabel 2.3 <i>Corrothion Allowance</i>	24
Tabel 3.1 Hasil <i>Pressure</i> Setiap Segmen pada <i>Spiral Casing</i>	34
Tabel 3.2 Matriks Pengujian Tekanan.....	36
Tabel 3.3 Matriks Pengujian Aliran	36
Tabel 3.4 Spesifikasi Material SM 490 A	44
Tabel 4.1 Hasil <i>Stress analysis Spiral case</i> Varian SC-1	49
Tabel 4.2 Data Hasil <i>Force</i> SC-1	51
Tabel 4.3 Hasil Daya Efisiensi SC-1 Berdasarkan <i>Drag force</i>	51
Tabel 4.4 Data Hasil <i>Torque</i> SC-1	53
Tabel 4.5 Hasil Daya dan Efisiensi SC-1 Berdasarkan <i>Torque</i>	53
Tabel 4.6 Hasil <i>Stress analysis Spiral case</i> Varian SC-2.....	53
Tabel 4.7 Data Hasil <i>Force</i> SC-2	55
Tabel 4.8 Hasil Daya Efisiensi SC-2 Berdasarkan <i>Drag force</i>	56
Tabel 4.9 Data Hasil <i>Torque</i> SC-2	57
Tabel 4.10 Hasil Daya Efisiensi SC-2 Berdasarkan <i>Torque</i>	57
Tabel 4.11 Hasil <i>Stress analysis Spiral case</i> Varian SC-3.....	58
Tabel 4.12 Data Hasil <i>Force</i> SC-3	60
Tabel 4.13 Hasil Daya Efisiensi SC-3 Berdasarkan <i>Drag force</i>	60
Tabel 4.14 Data Hasil <i>Torque</i> SC-3	61
Tabel 4.15 Hasil Daya dan Efisiensi SC-3 Berdasarkan <i>Torque</i>	61
Tabel 4.16 Hasil <i>Stress analysis Spiral case</i> Varian SC-4.....	62
Tabel 4.17 Data Hasil <i>Force</i> SC-4	64
Tabel 4.18 Hasil Daya Efisiensi SC-4 Berdasarkan <i>Drag force</i>	64
Tabel 4.19 Data Hasil <i>Torque</i> SC-4	66
Tabel 4.20 Hasil Daya dan Efisiensi SC-4 Berdasarkan <i>Torque</i>	66
Tabel 4.21 Hasil <i>Stress Analisis</i> pada <i>Software Inventor</i>	66
Tabel 4.22 Perbandingan Hasil <i>Darg Force</i> serta Daya yang Dihasilkan	67
Tabel 4.23 Perbandingan Hasil <i>Torque</i> serta Daya yang Dihasilkan.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain 2D <i>Spiral case</i>	75
Lampiran 2. Desain 3D <i>Spiral case</i>	77
Lampiran 3. Data-Data Perhitungan.....	79
Lampiran 4. Tabel Ketebalan Analitis	85
Lampiran 5. Perhitungan Daya dan Efisiensi.....	88
Lampiran 6. Program TURBNPRO <i>Version 3</i>	92

