

SKRIPSI

**INVESTIGASI VARIASI SUSUNAN SUDU *RUNNER* PADA  
TURBIN KAPLAN 3 SUDU TERHADAP DAYA TURBIN**



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*  
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2021

## LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : Investigasi Variasi Susunan Sudu *Runner* pada Turbin Kaplan 3 Sudu terhadap Daya Turbin

Penyusun : Alya Awanis Zahara

NIM : 1502617100

Pembimbing I : Drs. H. Sirojuddin, M.T.

Pembimbing II : Dr. Ragil Sukarno, M.T.

Tanggal Ujian : 12 Agustus 2021

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Drs. H. Sirojuddin, M.T.

NIP. 196010271990031003

Pembimbing II,



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi  
Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

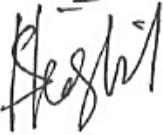


Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D.

NIP. 197110162008122001

## LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : Investigasi Variasi Susunan Sudu *Runner* pada Turbin Kaplan  
3 Sudu terhadap Daya Turbin  
Nama : Alya Awanis Zahara  
NIM : 1502617100

NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
<b>Dosen Pembimbing I</b> <u>Drs. H. Sirojudin, M.T.</u> NIP. 196010271990031003		18/08/2021
<b>Dosen Pembimbing II</b> <u>Dr. Ragil Sukarno, M.T.</u> NIP. 197911022012121001		17 Agustus 2021

### PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

**Ketua Penguji**

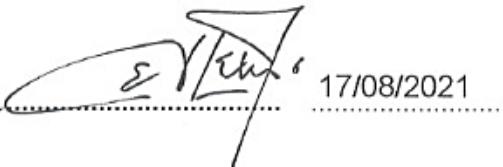
Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D.  
NIP. 197110162008122001



Aam Amaningsih Jumhur  
19/08/2021

**Sekretaris Penguji**

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



Eko Arif Syaefudin  
17/08/2021

**Dosen Ahli**

Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T.  
NIP. 197604222006041001



“ Darwin  
17/08/2021

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Aam Amaningsih Jumhur

Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D.

NIP. 197110162008122001

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan 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, 16 Agustus 2021

Yang Membuat Pernyataan



Alya Awanis Zahara

No. Reg. 1502617100

*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Alya Awanis Zahara  
NIM : 1502617100  
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Mesin  
Alamat email : [alyaawanisz@gmail.com](mailto:alyaawanisz@gmail.com)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif atas karya ilmiah:

Skripsi       Tesis       Disertasi       Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Investigasi Variasi Susunan Sudu Runner pada Turbin Kaplan 3 Sudu terhadap

Daya Turbin

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta

Penulis

( Alya Awanis Zahara )  
*nama dan tanda tangan*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “Investigasi Variasi Susunan Sudu *Runner* pada Turbin Kaplan 3 Sudu terhadap Daya Turbin”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan dari Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis tidak dapat selesai tanpa bantuan informasi, bimbingan, dan arahan yang didapatkan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin dan Dosen Pembimbing Akademik;
2. Bapak Drs. H. Sirojuddin, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan waktu, bimbingan, dan arahan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini;
3. Bapak Dr. Ragil Sukarno, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini;
4. Admin Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberi informasi dan arahan selama masa studi penulis;
5. Ibu Dr. Uswatun Hasanah, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta beserta jajarannya;
6. Kedua orang tua, Bapak Dedy dan Ibu Sumarni, adik, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan;
7. Teman–teman tim Turbin Kaplan 2017, yaitu Nadia Sari Dewi, Tony, dan Abdul Latif Hasan yang selalu sabar membantu dan menguatkan satu sama lain dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Panji Dwi Handoko yang selalu ada untuk mendengarkan dan meyakinkan penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini;
9. Tim Turbin Kaplan 2016, Monica Novita, Alfreda Nandia, Wenny Praseptya, Bella Intania, teman–teman Menanti, dan Sabtu Bersama yang

- tidak bisa disebutkan satu per satu atas dukungan dan semangatnya untuk penulis;
10. Teman–teman konsentrasi Perancangan Angkatan 2017 dan teman–teman Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang saling memberi bantuan dan motivasi;
  11. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dari segi sistematika maupun isinya. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan penulis untuk perbaikan pada penulisan selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan Mahasiswa/i Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta pada khususnya. Semoga Allah SWT melimpahkan berkat dan rahmat-Nya kepada semua pihak atas segala bantuan serta bimbingan yang telah diberikan kepada penulis.

Jakarta, 27 Juli 2021



Alya Awanis Zahara

No. Reg. 1502617100

*Mencerdaskan ~~da~~  
Memartabatkan Bangsa*

## **ABSTRAK**

Turbin Kaplan merupakan hal utama dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Daya dan efisiensi turbin Kaplan dipengaruhi besar oleh konstruksi *runner* turbin, sehingga desainnya harus diperhatikan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi susunan sudu *runner* pada turbin Kaplan tiga sudu dengan variasi tinggi sudu bagian dalam -5 mm, sejajar, +5 mm, dan +10 mm dari tinggi sudu bagian luar.

Parameter desain meliputi tinggi kotor 5,25 m, debit air 0,125 m<sup>3</sup>/s, dan daya teoritis 6,4 kW. Profil sudu *runner* didapat dengan Airfoil NACA 2412, lalu desain 2D menggunakan AutoCAD. Desain 3D dan simulasi kekuatan material dilakukan menggunakan Inventor, sedangkan simulasi aliran menggunakan SolidWorks.

Hasil simulasi perangkat lunak menunjukkan bahwa sudu *runner* varian RB-1 dengan susunan sudu bagian dalam yang tingginya dikurangi 5 mm dari sudu standar merupakan varian terbaik dibandingkan dengan tiga varian lainnya. Varian ini menghasilkan daya sebesar 5955.97 Watt dan efisiensi turbin 92.51% ketika turbin dalam keadaan berhenti sesaat, serta daya 5743.89 Watt dan efisiensi 89.22% ketika turbin berputar.

**Kata Kunci : Susunan Sudu, Turbin Kaplan, Daya, dan Efisiensi**

*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

## **ABSTRACT**

*Kaplan turbine is the main thing in the planning of Micro Hydro Power (MHP) Plant. Kaplan turbine power and efficiency are greatly affected by the turbine runner construction, so the design must consider carefully. This study aims to investigate the runner blades arrangement on a three-blade Kaplan turbine with variations in the inner blade height -5 mm, parallel, +5 mm, and +10 mm from the outer blade height.*

*The design parameters include the gross height is 5.25 m, water discharge of 0.125 m<sup>3</sup>/s, and the theoretical power of 6.4 kW. The runner blade profile obtains by Airfoil NACA 2412, then 2D design using AutoCAD. The 3D design and material strength simulation was carried by Inventor, while the flow simulation using SolidWorks software.*

*The results of the software simulation show that the runner blade of the RB-1 variant with the inner blade arrangement which is reduced by 5 mm in height from the standard blade is the best variant compared to the other three variants. This variant produces 5955.97 Watts of power and 92.51% turbine efficiency when the turbine is in a momentary stop, as well as 5743.89 Watts of power and 89.22% efficiency when the turbine rotates.*

**Keywords : Blades Arrangement, Kaplan Turbine, Power, and Efficiency**

*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

## DAFTAR ISI

HALAMAN COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN I .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN II .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Perumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) .....	6
2.2 Turbin Air .....	7
2.3 Turbin Kaplan .....	8
2.4 Pemilihan Jenis Turbin .....	9
2.4.1 Tinggi Jatuh Air ( <i>Head</i> ) .....	10

2.4.2 Kapasitas Aliran (Debit) .....	11
2.4.3 Daya Turbin ( <i>Power</i> ) .....	11
2.4.4 Efisiensi Turbin.....	12
2.4.5 Kecepatan Spesifik ( <b>N<sub>s</sub></b> ) .....	12
2.5 Perencanaan <i>Runner</i> Turbin Kaplan.....	13
2.5.1 Diameter <i>Runner</i> .....	13
2.5.2 Segitiga Kecepatan .....	14
2.5.3 Pembebatan pada Sudut <i>Runner</i> .....	15
2.6 Safety Factor ( SF ) .....	16
2.7 Gaya Drag .....	16
2.8 Tegangan Bengkok dan Torsi.....	17
2.9 TURBNPRO Version 3 .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	19
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.3.1 Uraian Diagram Alir Penelitian.....	21
3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data .....	35
3.5 Teknik Analisis Data .....	36
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian .....	37
4.1.1 Hasil Analisis <i>Runner</i> Varian RB-1.....	37
4.1.2 Hasil Analisis <i>Runner</i> Varian RB-2.....	42
4.1.3 Hasil Analisis <i>Runner</i> Varian RB-3.....	46
4.1.4 Hasil Analisis <i>Runner</i> Varian RB-4.....	51
4.2 Analisis Data Penelitian .....	56

4.3 Pembahasan .....	59
4.4 Aplikasi Hasil Penelitian .....	61
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI .....	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	64
DAFTAR LAMPIRAN .....	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	87



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Jangkauan <i>Head</i> pada Turbin Air	11
2.2	Kecepatan Spesifik pada Turbin Air	13
3.1	Spesifikasi Material	29
4.1	Hasil <i>Stress Analysis</i> Sudu <i>Runner</i> Varian RB-1	37
4.2	Data Hasil Perhitungan Gaya <i>Drag</i> Varian RB-1	40
4.3	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Gaya <i>Drag</i> Varian RB-1	40
4.4	Data Hasil Perhitungan Torsi Varian RB-1	41
4.5	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Torsi Varian RB-1	41
4.6	Hasil <i>Stress Analysis</i> Sudu <i>Runner</i> Varian RB-2	42
4.7	Data Hasil Perhitungan Gaya <i>Drag</i> Varian RB-2	44
4.8	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Gaya <i>Drag</i> Varian RB-2	44
4.9	Data Hasil Perhitungan Torsi Varian RB-2	46
4.10	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Torsi Varian RB-2	46
4.11	Hasil <i>Stress Analysis</i> Sudu <i>Runner</i> Varian RB-3	46
4.12	Data Hasil Perhitungan Gaya <i>Drag</i> Varian RB-3	49
4.13	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Gaya <i>Drag</i> Varian RB-3	49
4.14	Data Hasil Perhitungan Torsi Varian RB-3	51
4.15	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Torsi Varian RB-3	51
4.16	Hasil <i>Stress Analysis</i> Sudu <i>Runner</i> Varian RB-4	51
4.17	Data Hasil Perhitungan Gaya <i>Drag</i> Varian RB-4	54
4.18	Perhitungan Daya dan Efisiensi Varian RB-4	54
4.19	Data Hasil Perhitungan Torsi Varian RB-4	56
4.20	Perhitungan Daya dan Efisiensi dari Torsi Varian RB-4	56
4.21	Perbandingan Hasil Analisis <i>Software Inventor</i>	56

4.22	Perbandingan Hasil Gaya <i>Drag</i> dan Daya yang Dihasilkan	57
4.23	Perbandingan Hasil Torsi dan Daya yang Dihasilkan	57



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	<i>Layout PLTMH</i>	6
2.2	Tipe Penggerak Turbin Air	7
2.3	Sudu Gerak pada Turbin Kaplan	8
2.4	Komponen Utama Turbin Kaplan	9
2.5	Pemilihan Turbin	10
2.6	Dimensi Utama <i>Runner</i>	13
2.7	Sketsa Segitiga Kecepatan	14
2.8	Tegangan Bengkok	17
2.9	Torsi	17
2.10	TURBNPRO Version 3	18
3.1	Diagram Alir	20
3.2	<i>Airfoiltools NACA</i>	21
3.3	Profil Sudu Dalam NACA-2412	22
3.4	Profil Sudu Luar NACA-2412	22
3.5	Tampak Atas Varian RB-1	23
3.6	Tampak Depan Varian RB-1	24
3.7	Tampak Atas Varian RB-2	24
3.8	Tampak Depan Varian RB-2	25
3.9	Tampak Atas Varian RB-3	25
3.10	Tampak Depan Varian RB-3	26
3.11	Tampak Atas Varian RB-4	26
3.12	Tampak Depan Varian RB-4	27
3.13	<i>Mesh View</i> pada Sudu <i>Runner</i>	27
3.14	Pemberian Tumpuan pada Sudu <i>Runner</i>	28
3.15	Pemberian Beban pada Sudu <i>Runner</i>	28
3.16	Kondisi Batas Tipe Aliran Ketika Turbin Berhenti Sesaat	30

3.17	Kondisi Batas Tipe Aliran Ketika Turbin Berputar	30
3.18	Kondisi Batas Fluida	31
3.19	Kondisi Batas <i>Wall Condition</i>	31
3.20	Kondisi Batas <i>Initial Condition</i>	32
3.21	<i>Boundary Condition Inlet Volume Flow</i>	33
3.22	<i>Boundary Condition Environment Pressure</i>	33
3.23	<i>Surface Goals</i>	34
3.24	Pengaturan <i>Meshing</i>	34
3.25	Pengolahan Data dengan SolidWorks	35
4.1	Hasil <i>Von Mises Stress</i> Varian RB-1	37
4.2	Hasil <i>Displacement</i> Varian RB-1	38
4.3	Hasil <i>Safety Factor</i> Varian RB-1	38
4.4	<i>Cut Plot Force</i> RB-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	39
4.5	<i>Flow Trajectories Force</i> RB-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	39
4.6	<i>Cut Plot Torque</i> RB-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	40
4.7	<i>Flow Trajectories Torque</i> RB-1 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	41
4.8	Hasil <i>Von Mises Stress</i> Varian RB-2	42
4.9	Hasil <i>Displacement</i> Varian RB-2	42
4.10	Hasil <i>Safety Factor</i> Varian RB-2	43
4.11	<i>Cut Plot Force</i> RB-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	43
4.12	<i>Flow Trajectories Force</i> RB-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	44
4.13	<i>Cut Plot Torque</i> RB-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	45
4.14	<i>Flow Trajectories Torque</i> RB-2 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	45
4.15	Hasil <i>Von Mises Stress</i> Varian RB-3	47
4.16	Hasil <i>Displacement</i> Varian RB-3	47
4.17	Hasil <i>Safety Factor</i> Varian RB-3	48
4.18	<i>Cut Plot Force</i> RB-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	48
4.19	<i>Flow Trajectories Force</i> RB-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	49
4.20	<i>Cut Plot Torque</i> RB-3 (a) <i>Pressure</i> (b) <i>Velocity</i>	50

4.21	<i>Flow Trajectories Torque RB-3 (a) Pressure (b) Velocity</i>	50
4.22	Hasil Von Mises Stress Varian RB-4	52
4.23	Hasil Displacement Varian RB-4	52
4.24	Hasil Safety Factor RB-4	53
4.25	<i>Cut Plot Force RB-4 (a) Pressure (b) Velocity</i>	53
4.26	<i>Flow Trajectories Force RB-4 (a) Pressure (b) Velocity</i>	54
4.27	<i>Cut Plot Torque RB-4 (a) Pressure (b) Velocity</i>	55
4.28	<i>Flow Trajectories Torque RB-4 (a) Pressure (b) Velocity</i>	55
4.29	Grafik Daya yang Dihasilkan Turbin	58
4.30	Grafik Efisiensi yang Dihasilkan Turbin	58



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1	Desain 2D	68
2	Data-Data Perhitungan	70
3	Program TURBNPRO Version 3	82



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*