

ANALISIS KEKASARAN MATERIAL KOMPOSIT RESIN PADA BUCKET  
TURBINE PELTON DENGAN SIMULASI ALIRAN



Fachri Muhammad  
41317310017

PROGRAM TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2022

ANALISIS KEKASARAN MATERIAL KOMPOSIT RESIN PADA BUCKET  
TURBINE PELTON DENGAN SIMULASI ALIRAN



Disusun Oleh:

Nama : Fachri Muhammad  
NIM : 41317310017  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
MARET 2022

HALAMAN PENGESAHAN  
ANALISIS KEKASARAN MATERIAL KOMPOSIT RESIN PADA BUCKET  
TURBINE PELTON DENGAN SIMULASI ALIRAN

Disusun Oleh:

Nama : Fachri Muhammad  
NIM : 41317310017  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui Pada tanggal: 01 Juli 2022

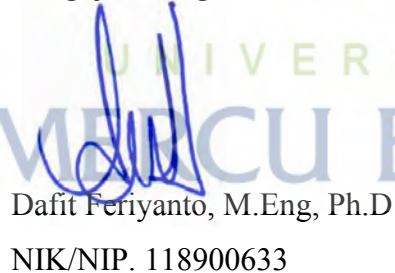
Telah dipertahankan di depan penguji,

Dosen Pembimbing



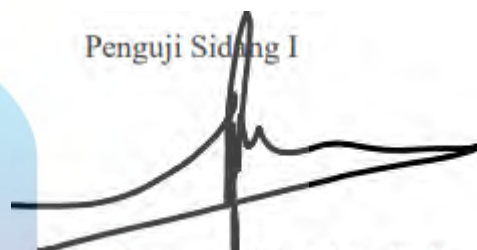
Henry Charles, ST, MT.  
NIK/NIP. 118730611

Penguji Sidang II



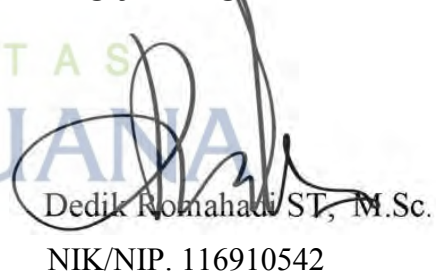
Dafit Feriyanto, M.Eng, Ph.D  
NIK/NIP. 118900633

Penguji Sidang I



Muhammad Fitri, M.Si, Ph.D  
NIK/NIP. 118690617

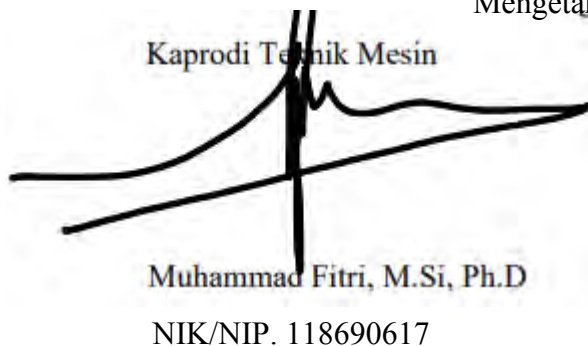
Penguji Sidang III



Dedik Romahadi ST, M.Sc.  
NIK/NIP. 116910542

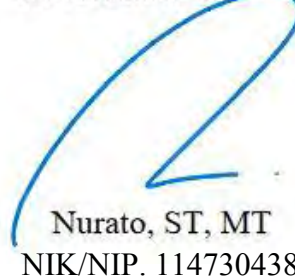
Mengetahui

Kaprodi Teknik Mesin



Muhammad Fitri, M.Si, Ph.D  
NIK/NIP. 118690617

Koordinator TA



Nurato, ST, MT  
NIK/NIP. 114730438

## HALAMAN PERNYATAAN

### HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Fachri Muhammad  
NIM : 41317310017  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekasaran Material Komposit Resin Pada *Bucket* Turbine Pelton Dengan Simulasi Aliran.

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 01 July 2022

  
METERAI  
TEMPLU  
589C0AKX212248253  
Fachri Muhammad

## PENGHARGAAN

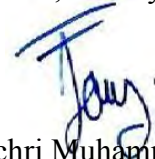
Puji syukur atas ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Kekasaran Material Komposit Resin Diperkuat Serat Ijuk Pada *Bucket* Turbine Pelton Dengan Simulasi Aliran”.

Tentunya dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan baik moril dan non moril serta motivasi dari banyak pihak. Maka dengan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Harwikarya, MT selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M. T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Muhamad Fitri, ST, MSi, Ph. D selaku Head Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Nurato, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin dan Koordinator Tugas Akhir Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Hendry Charles, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana.
7. Keluarga yang selalu mendukung dan memotivasi saya selama menempuh proses Pendidikan di Universitas Mercubuana.
8. Dan semua pihak yang turut membantu secara langsung dan tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu tanpa mengurangi besar rasa hormat saya dan saya ucapkan terima kasih.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan selalu mencurahkan hidayah serta rahmat Nya, Amin ya rabalalamin.

Jakarta, 01 July 2022



Fachri Muhammad

## ABSTRAK

Turbin Pelton salah satu jenis turbin air yang prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial air yang diubah menjadi energi kinetik untuk mendorong bagian dari bucket sehingga memutar turbin Pelton kemudian menghasilkan energi listrik. Prinsip kerjanya memanfaatkan daya fluida yang disalurkan melalui nosel untuk menghasilkan daya poros. Pembangkit Listrik Mikrohidro yang biasanya menggunakan turbin Pelton, perlu dikembangkan sampai ke pelosok-pelosok desa untuk pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia. *Bucket* turbin Pelton yang biasanya terbuat dari material logam, pada penelitian ini *bucket* menggunakan material komposit resin epoksi dengan ijuk. Untuk itu turbin Pelton bisa lebih mudah dibuat dibanding dari bahan logam, tidak perlu mesin khusus, tahan korosi, ringan, serta mudah perawatannya, yaitu dari bahan komposit. Hasil penelitian ini menunjukkan, komposit epoksi dengan penguat ijuk dengan fraksi volume ijuk 12% lebih memiliki nilai kekasaran yang besar dibanding 0%, 3%, 6%, 9%. Nilai kekasaran maksimal pada kandungan penguat ijuk 12% yaitu  $0.772 \mu\text{m}$ . Kemudian hasil nilai kekasaran di terapkan pada wizard *bucket* turbin Pelton dengan ukuran skala laboratorium yang telah divariasikan menjadi 5 ukuran yang berbeda pada tiap fraksi. Semua variasi nilai kekasaran memiliki hasil simulasi yang sama dikarenakan jarak pada luas penampang terlalu kecil, sehingga hasil akhir torsinya juga sama yaitu  $0.00357543 \text{ Nm}$ . Kemudian hasil simulasi pada software solidworks dijadikan sebagai acuan saran penelitian selanjutnya, yaitu simulasi aliran pada pipa dengan menggunakan material komposit resin yang diperkuat serat ijuk.

**Kata Kunci:** Daya poros, *Bucket*, *Roughness average*, Turbin Pelton, *Solidworks*

## **ABSTRACT**

*The Pelton turbine is a type of water turbine whose working principle utilizes the potential energy of water which is converted into kinetic energy to push part of the bucket so that it rotates the Pelton turbine and then produces electrical energy. Its working principle utilizes fluid power that is channeled through the nozzle to produce shaft power. Micro-hydro power plants, which usually use Pelton turbines, need to be developed to remote villages to meet electricity needs in Indonesia. Pelton turbine buckets which are usually made of metal material, in this study the bucket used an epoxy resin composite material with palm fiber. For this reason, Pelton turbines can be made easier than metal materials, do not need special machines, are corrosion resistant, lightweight, and easy to maintain, namely from composite materials. The results of this study showed that the epoxy composite with fiber reinforcement with a volume fraction of 12% had a greater roughness value than 0%, 3%, 6%, 9%. The maximum roughness value at the fiber reinforcement content of 12% is 0.772 m. Then the results of the roughness value are applied to the Pelton turbine wizard bucket with laboratory scale sizes that have been varied into 5 different sizes for each fraction. All variations of roughness values have the same simulation results because the distance in the cross-sectional area is too small, so the final torque is also the same, namely 0.00357543 Nm. Then the simulation results on Solidworks software are used as a reference for further research suggestions, namely simulation of flow in pipes using resin composite materials reinforced with fibers.*

*Keywords: Shaft Power, Bucket, Pelton Turbine, Solidworks, Roughness average*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. LATAR BELAKANG .....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH .....	3
1.3. TUJUAN .....	3
1.4. MANFAAT .....	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH PENELITIAN .....	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
BAB II .....	6
TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 PEMBANGKIT LISTRIK .....	6
2.2 Turbin Pelton .....	7
2.3 PERANCANGAN TURBIN PELTON .....	10
2.4 PARAMETER DESAIN TURBIN PELTON .....	11
2.4.1 Dimensi Utama Bucket Turbin Pelton .....	11
2.4.2 Kecepatan Mutlak Nozzle .....	12
2.5 PERHITUNGAN DIMENSI TURBIN PELTON .....	13
2.5.1 Dimensi Utama Bucket Turbin Pelton .....	13
2.5.2 Diameter Runner .....	15
2.5.3 Jumlah Bucket .....	16
2.5.4 Segitiga kecepatan .....	16
2.6 PERANCANGAN TURBIN PELTON .....	18
2.7 KOMPOSIT SERAT IJUK DENGAN RESIN EPOKSI SEBAGAI MATRIKS .....	18
2.7.1 Resin .....	19
2.7.2 Polymer .....	20
2.7.3 Thermosets .....	20
2.7.4 Thermoplastics .....	22
2.7.5 Serat Ijuk .....	22
2.7.6 Komposit .....	23
2.7.7 Pengikat (Matriks) .....	26
2.8 Kekasaran Permukaan .....	29
2.9 Perbedaan permukaan dan profil .....	32
BAB III .....	39



<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 DIAGRAM ALIR ANALISIS RODA JALAN TURBIN PELTON.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3 PROSEDUR PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.1 Desain Turbin Pelton</b>	<b>42</b>
<b>3.3.2 Desain Bucket Turbin Pelton</b>	<b>42</b>
<b>3.4 PEMBUATAN SPESIMEN UJI KEKASARAN.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.1 Spesimen Uji Roughness</b>	<b>45</b>
<b>3.5 UJI ROUGHNESS .....</b>	<b>45</b>
3.5.1 Standard Pengoperasian Surcom Nex 001 DX/SD	46
<b>3.6 INPUT SPESIFIKASI MATERIAL KOMPOSIT SERAT IJUK     DENGAN BAHAN MATRIKS EPOKSI.....</b>	<b>53</b>
3.6.1 Simulasi Aliran	53
<b>3.7 ANALISIS PERBEDAAN ROUGHNESS AVERAGE YANG     TERJADI PADA SETIAP VARIASI BUCKET.....</b>	<b>59</b>
<b>BAB IV.....</b>	<b>60</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>60</b>
<b>4.1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2 HASIL UJI MATERIAL.....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 HASIL PENGUJIAN KEKASARAN.....</b>	<b>61</b>
4.3.1 Material Komposit Matriks Epoksi Serat Ijuk untuk Kandungan 0%	61
4.3.3 Material Komposit Matriks Epoksi Serat Ijuk untuk Kandungan 6%	64
4.3.4 Material Komposit Matriks Epoksi Serat Ijuk untuk Kandungan 9%	66
4.3.5 Material Komposit Matriks Epoksi Serat Ijuk untuk Kandungan 12%	68
<b>4.4 HASIL SIMULASI SOLIDOWRK.....</b>	<b>71</b>
4.4.1 Simulasi aliran software solidworks pada kekasaran permukaan 0.253µm.	71
4.4.2 Simulasi aliran software solidworks pada kekasaran permukaan 0.345µm.	72
4.4.3 Simulasi aliran software solidworks pada kekasaran permukaan 0.494µm.	73
4.4.2 Simulasi aliran software solidworks pada kekasaran permukaan 0.659µm.	74
4.4.4 Simulasi aliran software solidworks pada kekasaran permukaan 0.772µm.	75
<b>BAB V .....</b>	<b>78</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>78</b>
<b>5.1 KESIMPULAN.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2 SARAN.....</b>	<b>78</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis turbin	7
Gambar 2. 2 Klasifikasi turbin	7
Gambar 2. 3 Runner Turbin Pelton	8
Gambar 2. 4 <i>Bucket</i>	9
Gambar 2. 5 Nozzle	9
Gambar 2. 6 Rumah Turbin Pelton	9
Gambar 2. 7 Grafik kecepatan spesifik (ns)	10
Gambar 2. 8 Desain Bucket	11
Gambar 2. 9 Diameter Nosel	12
Gambar 2. 10 Dimensi Utama <i>Bucket</i>	13
Gambar 2. 11 Segitiga kecepatan	16
Gambar 2. 12 Resin getah pohon	19
Gambar 2. 13 Serat ijuk	23
Gambar 2. 14 Komposit Partikel	25
Gambar 2. 15 Komposit Serat	26
Gambar 2.17 : ketidak teraturan pada profil	33
Gambar 2.18 : kekasaran permukaan	34
Gambar 2.19 Kekasaran Rata rata (Ra)	35
Gambar 2.20 kekasaran permukaan Rz	35
Gambar 2.21 Kedalaman Total dan Kedalaman Perataan	36
Gambar 2.22 Lambang Konfigurasi kekasaran permukaan	36
Gambar 2. 23 Solidworks	37
Gambar 2. 24 Proses menggambar <i>solidworks</i>	38
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	40
Gambar 3. 2 Pembalikan aliran fluida pada bucket	43
Gambar 3. 3 Gambar desain turbin pelton	43
Gambar 3.4 : Spesimen uji roughnes (ISO 4287)	45
Gambar 3.5 Surcom Nex 001 DX/SD	46
Gambar 3.6 Tuas	47
Gambar 3.7 Air Dryer	47
Gambar 3.8 Emergency Button	47

Gambar 3.9 UPS,Controller dan CPU	48
Gambar 3.10 tombol pada panel	48
Gambar 3.11 Menu Roughnes Mode	48
Gambar 3.12 Menu Stylus Addition wizard	49
Gambar 3.13 pemberian nama pada stylus	49
Gambar 3.14 Menu Stylus Setting	49
Gambar 3.15 Depth Specimen	50
Gambar 3.16 Calibration Result	50
Gambar 3.17 Measurement Condition	51
Gambar 3.18 Menu New addiction	51
Gambar 3.19 Master ball	52
Gambar 3.20 hasil pengukuran	52
Gambar 3.21 Project Name	53
Gambar 3.22 Unit System	54
Gambar 3.23 Analysis Type	54
Gambar 3.24 Default Fluid	55
Gambar 3.25 Wall Condition	55
Gambar 3.26 Initial and Ambient	56
Gambar 3.27 Creat lid	56
Gambar 3.28 Menentukan Computational domain	57
Gambar 3.29 Menentukan Goals	57
Gambar 3.30 Proses Run	58
Gambar 3.31 Finish Run	58
Gambar 3.32 Simulasi	59
Gambar 4.1 Cetakan spesimen uji kekasaran ISO 4287	60
Gambar 4.2 hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 0% pertama	61
Gambar 4.3 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 0% kedua	61
Gambar 4.4 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 0% ketiga	62
Gambar 4.5 Spesimen uji kekasaran variasi serat ijuk 0%	62
Gambar 4.6 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 3% pertama	63
Gambar 4.7 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 3% kedua	63
Gambar 4.8 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 3% ketiga	63
Gambar 4.9 Spesimen uji kekasaran variasi serat ijuk 3%	64

Gambar 4.10 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 6% pertama	65
Gambar 4.11 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 6% kedua	65
Gambar 4.12 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 6% ketiga	65
Gambar 4.13 Spesimen uji kekasaran variasi serat ijuk 6%	66
Gambar 4.14 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 9% pertama	66
Gambar 4.15 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 9% kedua	67
Gambar 4.16 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 9% ketiga	67
Gambar 4.17 Spesimen uji kekasaran variasi serat ijuk 9%	68
Gambar 4.18 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 12% pertama	68
Gambar 4.19 Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 12% kedua	69
Gambar 4.20. Hasil pengujian kekasaran variasi serat ijuk 12% ketiga	69
Gambar 4.21 Spesimen uji kekasaran variasi serat 12%	70
Gambar 4.22 Grafik garis hasil uji kekasaran	71
Gambar 4.23 Visualisasi simulasi aliran dan nilai pressure pada kekasaran 0.253 $\mu$ m	72
Gambar 4.24. Nilai torque pada kekasaran 0.253 $\mu$ m	72
Gambar 4.25 Visualisasi simulasi aliran dan nilai pressure pada kekasaran 0.345 $\mu$ m	73
Gambar 4.26. Nilai torque pada kekasaran 0.345 $\mu$ m	73
Gambar 4.27 Visualisasi simulasi aliran dan nilai pressure pada kekasaran 0.494 $\mu$ m	74
Gambar 4.28. Nilai torque pada kekasaran 0.494 $\mu$ m	74
Gambar 4.29 Visualisasi simulasi aliran dan nilai pressure pada kekasaran 0.659 $\mu$ m	75
Gambar 4.30. Nilai torque pada kekasaran 0.659 $\mu$ m	75
Gambar 4.31 Visualisasi simulasi aliran dan nilai pressure pada kekasaran 0.772 $\mu$ m	76
Gambar 4.32. Nilai torque pada kekasaran 0.772 $\mu$ m	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Properties resin	19
Tabel 2.2 Nilai kualitas kekasaran permukaan.	30
Tabel 2.3 Nilai kekasaran permukaan setelah di finishing dengan macam-macam proses permesinan menurut Mechanical Support	31
Tabel : 2.4 Nilai kekasaran permukaan mesin non tradisional	32
Tabel 4.1 hasil uji kekasaran variasi serat ijuk 0%	62
Tabel 4.2 hasil uji kekasaran variasi serat ijuk 3%	64
Tabel 4.3 hasil uji kekasaran variasi serat ijuk 6%	65
Tabel 4.4 hasil uji kekasaran variasi serat ijuk 9%	67
Tabel 4.5 hasil uji kekasaran variasi serat ijuk 12%	69
Tabel 4.6 Tabel Rekapitulasi nilai rata rata pengujian kekasaran dari semua variasi	70
Tabel 4.7 Tabel Rekapitulasi nilai rata rata simulasi aliran dari semua variasi	76



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$C_1$	: Kecepatan absolut air pada sisi masuk atau kecepatan air keluar ujung nosel (m/s)
$V_{r1}$	: Kecepatan relatif nosel ke sudu pada sisi masuk (m/s)
$V_{w1}$	: Kecepatan pusar pada sisi masuk (m/s)
$V_{f1}$	: Kecepatan aliran pada sisi masuk (m/s)
$V_2$	: Kecepatan nosel pada sisi keluar sudu (m/s)
$\phi$	: Sudut sudu pada sisi keluar (m/s)
$\beta$	: Sudut yang dibuat oleh $V_2$ dengan arah gerakan sudu pada sisi keluar.
$V_{w2}$	: Kecepatan pusar pada sisi keluar (m/s)
$V_{f2}$	: Kecepatan aliran pada sisi keluar (m/s)



## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
MW	Megawatt
PLTGU	Pembangkit Listrik Tenaga Gabungan
AM	After Market
LBM	Laser Beam Machining
CAD	Computer Aided Design
PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
PDAM	Perusahaan Daya Air Minum



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA