



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PROYEK AKHIR PAYUNG: MELANJUTKAN PROYEK AKHIR
TEKNOLOGI FIBRILASI SERAT ALAM
(TUGAS KHUSUS: FIBRILASI SERAT DENGAN TEKNOLOGI
PUTARAN TINGGI)**

PROYEK AKHIR

**FAYYADH MUSYafa WIJAYA
40040222650080**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2026**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PROYEK AKHIR PAYUNG: MELANJUTKAN PROYEK AKHIR
TEKNOLOGI FIBRILASI SERAT ALAM
(TUGAS KHUSUS: FIBRILASI SERAT DENGAN TEKNOLOGI
PUTARAN TINGGI)**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

**FAYYADH MUSYafa WIJAYA
40040222650080**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

NAMA : Fayyadh Musyafa Wijaya

NIM : 40040222650080

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fayyadh Musyafa Wijaya', written on a light blue grid background.

Tanggal : 11 Agustus 2026

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H Tembalang Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail Vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 512/PA/RPM/II/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

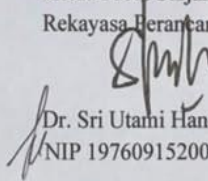
Nama : Fayyadh Musyafa Wijaya
NIM : 40040222650080
Judul Proyek Akhir : Proyek Akhir Payung: Melanjutkan Proyek Akhir
Teknologi Fibrilasi Serat Alam
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto S.T., M.T.
NIP : 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Mengembangkan proses fibrilasi serat alam untuk menghasilkan serat nano dengan kualitas yang konsisten.
2. Menganalisis pengaruh parameter proses terhadap sifat fisik dan mekanik serat hasil fibrilasi.
3. Mahasiswa mampu menganalisa serat alam berukuran nano dengan pengujian SEM dan FTIR.
4. Mengkaji pengaruh proses fibrilasi terhadap sifat mekanik serat alam.
5. Menyusun rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut teknologi fibrilasi serat alam.
6. Menyusun laporan.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 5 Maret 2026
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Sri Utami Handayani S.T, M.T.
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Fayyadh Musyafa Wijaya

NIM : 40040222650080

Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul Proyek Akhir : Proyek Akhir Payung; Melanjutkan Proyek Akhir Teknologi Fibrilasi Serat Alam

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

Penguji 1 : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

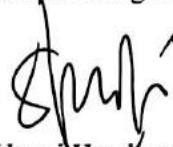
Penguji 2 : Alaya Fadllu H. M., S.T., M.Eng.

Penguji 3 : Susastro, S.T., M.T.

()
()
()
()

Semarang, 15 September 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fayyadh Musyafa Wijaya
NIM : 40040222650080
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberika kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Roylty Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Proyek Akhir Payung: Melanjutkan Proyek Akhir Teknologi Fibrilasi Serat Alam”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 23 Juni 2026

Yang menyatakan



Fayyadh Musyafa Wijaya

MOTTO

“Yang telah pergi akan selalu terkenang dan sambutlah yang akan datang.”

- **The Jeblogs**

“Success is my only option, failure’s not.”

- **Marshall Bruce Mathers**

“And to the rest of the world, god gave you the shoes that fits you. So put ‘em on and wear them. And be yourself man, be proud of who you are. Even if it’s sounds so corny, don’t ever let no one tell you, you ain’t beautiful.”

- **Marshall Bruce Mathers**

“Dunia boleh saja menahanku, kupunya doa ibu.”

- **Perunggu**

“Mari bertarung di jalur langit, yang pergi akan kembali yang hilang akan pulang.”

- **QS. Yasin: 82**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Proyek Akhir Payung: Melanjutkan Proyek Akhir Teknologi Fibrilasi Serat Alam” tanpa ada masalah dan hambatan yang berarti.

Adapun maksud dan tujuan penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Dengan penulisan laporan ini diharapkan dapat bermanfaat, menambah pengetahuan serta teknologi dibidang keteknikan khususnya teknik mesin. Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini, tentunya tidak terlepas dari bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Didik Ariwibowo, S.T., M.T serta Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. selaku Dosen Wali dan Teman-teman kelompok Tugas Akhir yang selalu berjuang bersama hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan baik.

5. Seluruh dosen dan staff pengajar yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman angkatan 2022 Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Universitas Diponegoro Dhairya Balasena yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir maupun penyusunan laporan ini.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Krisna Wijaya dan Ibu Yanti Meigantini serta kedua adik penulis, Naya Maitsaa Wijaya dan Gyandra Althafariz Wijaya yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat serta dukungan untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini. Terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan untuk penulis sampai detik ini. Penulis berharap agar selalu diberikan doa yang baik serta umur panjang dan sehat sentosa untuk keluarga penulis.
8. Rekan seperjuangan penulis, Arvin Arya Putra Hasibuan yang turut berpartisipasi sebagai teman kelompok Proyek Akhir dan berjuang bersama dari awal hingga akhir pembuatan Proyek Akhir dengan baik.
9. Dahrul Biah dan Nurtleli Suherman, kedua nenek penulis yang telah menemani masa kecil penulis hingga sampai saat ini. Terima kasih atas segala ucapan dan tindakan penuh kasih sayang serta senantiasa memberikan doa baik dan nasihat kepada penulis. Penulis berharap selalu agar diberikan umur yang panjang dan sehat sentosa.
10. Dan semua pihak yang telah membantu penulis secara tidak langsung memperlancar penyusunan laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu

dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 11 Agustus 2026



Fayyadh Musyafa Wijaya

ABSTRAKSI

PROYEK AKHIR PAYUNG: MELANJUTKAN PROYEK AKHIR TEKNOLOGI FIBRILASI SERAT ALAM

Proyek akhir ini melanjutkan pengembangan teknologi fibrilasi serat alam untuk menghasilkan serat berskala nano yang ramah lingkungan dan berpotensi digunakan sebagai bahan penguat komposit. Proses fibrilasi dilakukan menggunakan metode pengadukan berkecepatan tinggi (high-speed stirring) pada bahan baku seperti serat daun nanas, dengan karakterisasi morfologi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Karakterisasi morfologi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dilakukan untuk mengamati ukuran serat hasil fibrilasi, yang berdasarkan studi literatur berada pada skala nano. Tantangan utama dalam pemanfaatan serat alam, seperti sifat hidrofilik dan kestabilan dimensi yang rendah, diatasi melalui perlakuan permukaan dan hibridisasi dengan partikel nano. Teknologi ini mendukung pengembangan material komposit berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata kunci : fibrilasi, serat alam, high-speed stirring, nanoselulosa, komposit.

ABSTRACT

Umbrella Final Project: Continuation of the Final Project on Natural Fiber Fibrillation Technology

This final project continues the development of natural fiber fibrillation technology to produce nano-scale fibers that are environmentally friendly and have potential as reinforcement in composite materials. The fibrillation process is carried out using a high-speed stirring method on raw materials such as pineapple leaf fibers and banana pseudostems, with fiber morphology characterized using a Scanning Electron Microscope (SEM). Morphological characterization using Scanning Electron Microscopy (SEM) was performed to observe the size of fibrillated fibers, which are reported in the literature to be in the nanoscale range. Major challenges in using natural fibers, such as hydrophilic properties and low dimensional stability, are addressed through surface treatments and hybridization with nano particles. This technology supports the advancement of sustainable and eco-friendly composite materials.

Keywords: *fibrillation, natural fiber, high-speed stirring, nanocellulose, composite.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	3
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....	4
HALAMAN PENGESAHAN.....	5
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	6
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAKSI.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
DAFTAR ISI.....	13
DAFTAR GAMBAR.....	17
DAFTAR TABEL	19
DAFTAR SIMBOL	20
BAB I PENDAHULUAN.....	21
1.1 Latar Belakang	21
1.2 Rumusan Masalah	23
1.3 Batasan Masalah.....	24
1.4 Tujuan Penelitian	24
1.5 Manfaat	25
1.6 Luaran	26
1.7 Sistematika Penulisan Laporan	26
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	29
2.1 Serat Alam Sebagai Material Terbarukan	29
2.1.1 Klasifikasi Sumber Serat Alam.....	30
2.2 Fibrilasi Serat Alam Skala Nanometer.....	31
2.2.1 Peningkatan Luas Permukaan	32
2.2.2 Distribusi yang Lebih Merata.....	32
2.2.3 Peningkatan Sifat Mekanik	32
2.2.4 Peningkatan Terhadap Air dan Degradasi.....	33
2.3 Aplikasi Perlakuan Fisik Awal untuk Proses Fibrilasi.....	33

2.4	Aplikasi Perlakuan Kimia untuk Proses Fibrilasi	34
2.5	Perlakuan Alkali.....	34
2.6	Komposisi Kimia dan Struktur Serat Alam	35
2.6.1	Selulosa.....	36
2.6.2	Struktur Selulosa.....	36
2.6.3	Sumber Selulosa	37
2.6.4	Lignin.....	38
2.6.5	Hemiselulosa	39
2.6.6	Pektin dan Lilin	39
2.7	Fibrilasi Selulosa.....	39
2.8	Keunggulan dan Tantangan Penggunaan Serat Alam.....	40
2.9	Teknologi Fibrilasi Serat Alam.....	43
2.10	Konsep Dasar Fibrilasi Serat.....	43
2.11	Metode Fibrilasi Serat	44
2.12	Scanning Electromagnetic Microscope (SEM).....	48
2.13	Fourier Transform Infrared (FTIR).....	48
2.14	Komposit.....	49
2.15	Karakteristik Komposit	50
2.16	Klasifikasi Komposit.....	50
2.17	Aplikasi Serat Alam dalam Produk Inovatif.....	51
BAB III		53
METODE PELAKSANAAN		53
2.1	Diagram Alir Penelitian	54
2.2	Pembuatan Spesimen	56
3.2.1	Serat Daun Nanas	56
3.2.2	Karakteristik Serat Daun Nanas	57
2.3	Perlakuan Bahan.....	58
3.3.1	Perlakuan Fisik	60
3.3.2	Perlakuan Kimia	64
3.3.3	Perlakuan Mekanik.....	69
3.3.4	Steaming Serat.....	70
3.4	<i>Steam Explosion</i>	73
3.4.1	Alat dan Bahan	74

3.4.2 Spesifikasi Mesin Steam Explosion	76
3.4.3 Mekanisme Prinsip Ledakan Uap.....	77
3.4.4 Tahapan Pemanasan Bertekanan	78
3.4.5 Tahapan Penjenuhan.....	79
3.5 Pengadukan dengan Kecepatan Tinggi (<i>High Speed Stirring</i>)	79
3.5.1 Spesifikasi Mesin High Speed Stirring.....	80
3.5.2 Prosedur Penggunaan Mesin High Speed Stirring	81
3.6 Perhitungan Mesin <i>High Speed Stirring</i> Pada Saat Beroperasi	82
3.6.1 Luas Penampang Mata Potong (Ac).....	82
3.6.2 Kecepatan Pisau (v).....	82
3.6.3 Tekanan Yang Bekerja Pada Mata Potong (p)	82
3.6.4 Volume Poros	83
3.6.5 Torsi Yang Dihasilkan Mata Pisau (T).....	83
3.7 Pemeriksaan Fisik dan Peralatan Komponen.....	83
3.8 Karakterisasi Pengujian.....	87
3.8.1 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	88
3.8.2 Pemilihan Spesimen untuk Pengamatan SEM	89
3.8.3 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	90
BAB IV	92
HASIL DAN PEMBAHASAN	92
4.1 Hasil dari Pembahasan Penyisiran Serat.....	92
4.1.1 Karakteristik Serat Setelah Dilakukan Penyisiran	92
4.1.2 Analisa Hasil Perlakuan Penyisiran.....	93
4.2 Hasil dan Pembahasan Perlakuan Alkali.....	94
4.2.1 Karakteristik Serat Setelah Perlakuan Alkali	94
4.2.2 Analisa Perlakuan Hasil Alkali.....	95
4.3 Hasil dan Pembahasan Perlakuan <i>Steaming</i> Serat Daun Nanas.....	95
4.3.1 Hasil <i>Steaming</i> Serat pada Tekanan 2 Bar.....	96
4.3.2 Hasil <i>Steaming</i> Serat pada Tekanan 2,5 Bar.....	96
4.3.3 Efek Tekanan 2 bar.....	97
4.3.4 Efek Tekanan 2,5 bar.....	98
4.4 Hasil Dan Pembahasan Perlakuan <i>High Speed Stirring</i>	98
4.4.1 Karakterisasi Visual Setelah Perlakuan <i>High Speed Stirring</i> Variasi 2 bar	98

4.4.2 Karakterisasi Visual Setelah Perlakuan <i>High Speed Stirring</i> Variasi 2,5 bar	99
4.4.3 Pengaruh Perlakuan Awal (<i>Steam</i>) Terhadap Dispersi Akhir	100
4.4.4 Hasil Proses Penyaringan	101
4.4.5 Pengamatan Hasil Penyaringan dan Ukuran Partikel	102
4.5 Hasil Serat yang sudah melalui Uji SEM Variasi 2 bar 10.000 RPM.....	103
4.6 Hasil Serat yang sudah melalui Uji SEM Variasi 2 bar 11.000 RPM.....	104
4.7 Perhitungan Pada Mesin <i>High Speed Stirring</i>	106
4.7.1 Perhitungan Torsi	106
4.7.2 Tekanan yang Dihasilkan Mata Pisau 8 Sudu	108
4.8 Hasil Uji FTIR	110
BAB V	112
KESIMPULAN DAN SARAN	112
5.1 Kesimpulan	112
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi kimia serat alam	35
Gambar 2.2 Struktur selulosa	36
Gambar 2.3 Prinsip kerja FTIR	49
Gambar 3.1 Diagram alir	55
Gambar 3.2 Serat daun nanas	56
Gambar 3.3 Penyisiran serat.....	61
Gambar 3.4 Serat yang telah disisir.....	61
Gambar 3.5 Gunting	62
Gambar 3.6 Sikat baja	63
Gambar 3.7 Plastik klip	63
Gambar 3.8 Kertas label	64
Gambar 3.9 Timbangan digital.....	65
Gambar 3.10 Gelas ukur.....	65
Gambar 3.11 Thinwall.....	66
Gambar 3.12 NaOH.....	66
Gambar 3.13 Penyiapan serat	67
Gambar 3.14 Penyiapan larutan alkali.....	67
Gambar 3.15 Netralisasi serat.....	68
Gambar 3.16 Serat dijemur setelah pencucian	69
Gambar 3.17 Serat yang akan dimasukkan ke dalam wadah spesimen.....	70
Gambar 3.18 Serat yang dimasukkan ke wadah.....	71
Gambar 3.19 Proses memasukkan serat	71
Gambar 3.20 Capaian tekanan.....	72
Gambar 3.21 Hasil serat setelah steaming.....	73
Gambar 3.22 Steam explosion.....	75
Gambar 3.23 Mini boiler	75
Gambar 3.24 Wadah spesimen	75
Gambar 3.25 Spesimen serat daun nanas	76
Gambar 3.26 Tang penjepit	76
Gambar 3.27 Proses pembentukan uap bertekanan	78
Gambar 3.28 Holding time	79
Gambar 3.29 Mesin pengadukan kecepatan tinggi.....	80

Gambar 3.30 Inverter.....	84
Gambar 3.31 MCB (Miniatur Circuit Breaker)	85
Gambar 3.32 Motor DC.....	86
Gambar 3.33 Mata pisau.....	87
Gambar 3.34 Prinsip kerja SEM.....	88
Gambar 3.35 Serat yang diuji SEM.....	90
Gambar 3.36 Pemilihan serat untuk sampel FTIR perlakuan 10.000 RPM (a) dan 11.000 RPM (b).....	91
Gambar 4.1 Serat yang belum dilakukan penyisiran (a), dan serat yang sudah dilakukan penyisiran (b).....	92
Gambar 4.2 Serat yang direndam larutan NaOH (a), dan serat yang sudah direndam sedang dijemur (b).....	94
Gambar 4.3 Serat steaming variasi 2 bar	96
Gambar 4.4 Serat steaming pada 2,5 bar	97
Gambar 4.5 Spesimen setelah perlakuan putaran tinggi variasi 2 bar	99
Gambar 4.6 Spesimen setelah perlakuan putaran tinggi variasi 2,5 bar	100
Gambar 4.7 Penyaringan serat variasi 2 bar (a), dan penyaringan serat variasi 2,5 bar (b)	101
Gambar 4.8 Serat yang sudah dikeringkan variasi 2 bar (a), Serat yang sudah dikeringkan variasi 2,5 bar (b)	103
Gambar 4.9 Hasil uji SEM variasi 2 bar 10.000 RPM perbesaran 3000x (a), perbesaran 5000x (b), perbesaran 10.000x (c), perbesaran 15.000x (d)	104
Gambar 4.10 Hasil uji SEM variasi 2 bar 11.000 RPM perbesaran 3000x (a), perbesaran 5000x (b), perbesaran 10.000x (c), perbesaran 15.000x (d)	105
Gambar 4.11 Spektran hasil uji FTIR.....	110

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin steam explosion	77
Tabel 3.2 Spesifikasi mesin high speed stirring	80

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama Kali Muncul Pada Halaman
Dporos	Diameter Poros (m)	104
Dpisau	Panjang Pisau (m)	104
ℓ	Panjang Poros (m)	104
t	Tinggi Tabung (m)	104
r	Jari-jari (m)	105
Ac	Luas Penampang Pisau (m ²)	106
V	Volume (m ³)	105
ρ	Massa Jenis (kg/m ³)	104
I	Momen Inersia (kg.m ²)	105
Np	Putaran per Menit (RPM)	104
ω	Kecepatan Sudut (rad/s)	105
v	Kecepatan Linier (m/s)	106
P	Daya (Watt)	104
T	Torsi (Nm)	105
P	Tekanan Dinamis (Pa)	104