

**SIMULASI KEKUATAN MEKANIK PLA SEBAGAI
MATERIAL SUDU TURBIN TURGO SKALA PIKO
MENGGUNAKAN *SOLIDWORKS***

SKRIPSI

Oleh :

Rizki Maulida

NIM : 06121381823046

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

**SIMULASI KEKUATAN MEKANIK PLA SEBAGAI
MATERIAL SUDU TURBIN TURGO SKALA PIKO
MENGUNAKAN *SOLIDWORKS***

SKRIPSI

Oleh

Rizki Maulida

NIM : 06121381823046

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Mengesahkan :

Pembimbing



Dewi Puspita sari, S.Pd.,M.Pd

NIP. 198707270150422002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Drs. Harlin, M.Pd

NIP. 196408011991021001



**SIMULASI KEKUATAN MEKANIK PLA SEBAGAI
MATERIAL SUDU TURBIN TURGO SKALA PIKO
MENGUNAKAN *SOLIDWORKS***

SKRIPSI

Oleh

**Rizki Maulida
06121381823046**

Telah diujikan dan lulus pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 29 Maret 2022

TIM PENGUJI

1. Ketua : Dewi Puspita Sari, S.Pd., M.Pd



2. Anggota : Imam Syofi'I, S.Pd., M.Eng



Palembang, Maret 2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Pendidikan Teknik Mesin



Drs. Harlin, M.Pd

NIP. 196408011991021001



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizki Maulida

Nim : 06121381823046

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul **“Simulasi Kekuatan Mekanik PLA Sebagai Material Sudu Turbin Turgo Skala Piko Menggunakan *Solidworks*”** ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan / atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Indralaya, Maret 2022

Yang Membuat Pernyataan



Rizki Maulida
NIM. 06121381823046

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Subhannallah Walhamdulillah walaa Ilahailallah Wallahuakbar

Maha Suci Allah SWT Tuhan semesta alam yang senantiasa selalu mencurahkan anugerah, rahmat, dan nikmat-Nya kepada semua makhluk di muka bumi. Alhamdulillah berkat izin Allah SWT dan nikmat kekuatan dari Allah SWT sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan penuh keikhlasan guna syarat menjemput gelar sarjana pendidikan di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya.

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- ❖ Alhamdulillah Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, islam, sehat dan kesempatan sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini. Semoga kita selalu bersyukur atas semua nikmat yang Allah berikan. Sholawat bertangkaikan salam tak lupa juga saya haturkan kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW semoga kelak kita menjadi pengikut beliau hingga akhir zaman.
- ❖ Kedua orang tua saya, Ubak saya Muhammad Yusuf dan Umak saya Komariah Kemis Terima kasih selalu melangitkan doa-doa terbaiknya untuk saya, yang selalu berjuang agar anaknya baik-baik saja, yang selalu menyemangati dan memotivasi saya serta senantiasa selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil yang sangat luar biasa kepada saya, yang tentunya kebaikan kedua orang tua saya kepada saya tidak mungkin dapat saya balas kecuali atas izin Allah SWT.
- ❖ Kakak saya Jaka Monopita dan Rendi willian Pratama Serta ayuk

saya Endang Astuti, Nirmalasari Dan Kurnia Saputri yang selalu menjadi penyemangat adik bungsu mereka untuk lebih baik lagi dan lebih semangat untuk wisuda dan mengejar cita-cita saya. Atas izin Allah SWT semoga kita semua selalu diberi kesehatan serta kebahagiaan.

- ❖ Keponakan saya, Mahira Aulia Jeka dan Mysha Arumi Jeka yang selalu memberikan senyuman serta semangat kepada saya setiap harinya. Atas izin Allah SWT semoga kalian tumbuh menjadi Anak yang selalu berbahagia dan Sukses dalam menggapai cita-citanya.
- ❖ Dosen pembimbing, Terima kasih Bapak Dendy Ananta, S.Pd., MT, IPP. dan Ibu Dewi Puspita Sari, S.Pd.,M.Pd. yang telah banyak membantu dan membimbing saya dengan sabar selama masa skripsian juga masa perkuliahan.
- ❖ Kepala Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Terima Kasih Bapak Drs.Harlin, M.Pd yang selalu mendukung dan memotivasi saya selama masa perkuliahan sampai akhir pendidikan saya.
- ❖ Dosen pengajar, Terima kasih Bapak H.Imam Syofii, S.Pd.,M.Eng, Ibu Nopriyanti, S.Pd.,M.Pd, Ibu Nyimas Aisyah, M.Pd.,Ph.D, Bapak Handi Arsap, S.Pd.,M.Pd, Bapak Wadirin, S.Pd.,M.Pd, Bapak Edy Setiyo, S.Pd.,M.Pd.T, dan Bapak Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd.,M.Pd.T, yang telah banyak membagikan pengetahuan dan pengalaman kepada saya, serta memberikan semangat dan dukungannya selama masa perkuliahan sampai akhir pendidikan saya.
- ❖ Admin Pendidikan Teknik Mesin, Terima kasih kak Andi yang sudah membantu mengurus administrasi dan sebagainya selama masa skripsian ini.

- ❖ Sahabat-Sahabat saya, Terima Kasih (Widya, Darti, Putri, Sandy, Iken, Anug, Daffa, Rama,) Sedikit banyaknya sudah membantu saya dalam masa skripsi ini, yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada saya semoga kalian semua Sukses selalu.
- ❖ Sahabat Penulis, Terima kasih (Eka, Amalia, Taufiq, Yogik dan Ana) yang selalu mau saya repotkan dan selalu meluangkan waktunya untuk bersedia mendengarkan keluh kesah saya.
- ❖ Sahabat-sahabat dan teman seperjuangan saya di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, meliputi kawan satu angkatan 2018, Kakak tingkat, dan Adik tingkat, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak atas kenangan selama saya berkuliah, semoga selalu dalam kesuksesan.
- ❖ Almamater saya tercinta Universitas Sriwijaya, Terimakasih.

MOTTO

“Jangan pernah putus asa akan kegagalanmu hari ini, Karena ALLAH SWT pasti memberikan jalan yang lebih baik untukmu dihari Esok”

“Janganlah pernah menyerah ketika kamu masih mampu Untuk berusaha lagi,
Tidak ada kata berakhir sampai kamu berhenti mencoba”

"Kesuksesan tidak mencari kamu namun, kamu yang harus keluar dan meraihnya"

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 5)

“Usaha tidak pernah mengkhianati Hasil”

PRAKATA

Skripsi dengan judul “Simulasi Kekuatan Mekanik Pla sebagai Material Sudu Turbin Turgo Skala Piko Menggunakan Solidworks” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis telah mendapat bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Dewi Puspita Sari, S.Pd., M.Pd sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Hartono, M.A., Dekan FKIP Unsri, Dr. Ismet., M.Si., Wakil Dekan Bidang Akademik, dan Drs. Harlin, M.Pd., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi matematika dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.

Indralaya, Maret 2022

Penulis



Rizki Maulida

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
MOTTO	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi	5
2.2 Energi Air / potensial energi air	6
2.3 Konsep Segitiga Kecepatan Turbni Turgo	7
2.4 Analisis Segitiga Kecepatan di inlet.....	8
2.5 Analisis Segitiga Kecepatan <i>Outlet</i>	11
2.6 Persamaan Euler	12
2.7 Efisiensi	12
2.8 Analisis geometri.....	14
2.9 Analisis kekuatan mekanik.....	15
2.9.1 Nilai tegangan	15
2.9.2 Modulus elasticity	16
2.9.3 Von mises stres	16
2.9.4 Flexural Strength.....	17

2.9.5	Yield Strength	18
2.9.6	Ultimate Tensile strenght	18
2.9.7	Fracture	18
2.9.8	Elastic Region	19
BAB III METODOLOGI		20
3.1	Gambaran umum	20
3.2	Metode analitik	21
3.3	Metode komputasi solidwork	23
3.4	Langkah Kerja	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil Perhitungan Performansi	33
4.1.1	Persamaan C_1	33
4.1.2	Persamaan Cr_1	33
4.1.3	Persamaan Cx_1	34
4.1.4	Persamaan W_1	34
4.1.5	Persamaan U_1	34
4.1.6	Persamaan C_2	35
4.1.7	Persamaan Cr_2	35
4.1.8	Persamaan Cx_2	36
4.1.9	Persamaan W_2	36
4.1.10	Persamaan Looser	36
4.1.11	Menentukan Q	37
4.1.12	Menentukan P	37
4.1.13	Persamaan Euler	37
4.1.14	Persamaan n	37
4.2	Hasil perhitungan Geometri	38
4.2.1	Menentukan Geometri Sudu Turbin	38
4.2.2	Menentukan z (Jumlah Sudu)	39
4.2.3	Menentukan Geometri <i>Runner</i>	39
4.2.4	Menentukan Kecepatan Generator	39
4.2.5	Menentukan Panjang sisi sudu turbin turgo	40

4.2.6	Menentukan kedalaman sudu turbin	40
4.3	Pembahasan Hasil Simulasi <i>solidworks</i>	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
1.1	Kesimpulan.....	45
1.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		46
DAFTAR LAMPIRAN		49

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Performansi	38
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan geometri.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Skematik Hukum Bernoulli</i>	6
Gambar 2. 2 Proyeksi arah kecepatan air dan <i>runner</i>	8
Gambar 2. 3 Posisi <i>Inlet</i>	9
Gambar 2. 4 Menentukan U_1	10
Gambar 2. 5 Menentukan <i>Outlet</i>	11
Gambar 2. 6 Grafik <i>Stress and Strain</i>	19
Gambar 3. 1 Tumpuan sudu turbin turgo	23
Gambar 3. 2 Daerah Tes <i>Impact</i> Sudu Turbin Turgo.....	24
Gambar 3. 3 Desain Roda Sudu Turbin Turgo	24
Gambar 4. 1 Proyeksi sudu turbin Turgo	41
Gambar 4. 2 Roda turbin Turgo	41
Gambar 4. 3 Visualisasi Von Misses Stress Mesh Coarse.....	42
Gambar 4. 4 Gambar Visualisasi Simulasi <i>Mesh Medium</i>	42
Gambar 4. 5 Visualisasi Gambar Simulasi <i>Mesh Fine</i>	43
Gambar 4. 6 Grafik Hasil simulasi <i>Solidworks</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Usul Judul Skripsi.....	49
Lampiran 2 Surat Keterangan Verifikasi Pengajuan Judul Skripsi.....	50
Lampiran 3 Kesiadaan Membimbing Skripsi	51
Lampiran 4 Surat Pengantar Pembuatan SK Pembimbing Dari Kaprodi	52
Lampiran 5 Sk Pembimbing	53
Lampiran 6 Surat Pengantar Pembuatan SK Penelitian dari Kaprodi.....	55
Lampiran 7 Surat Izin Penelitian dari Dekan Fkip Unsri.....	56
Lampiran 8 Kartu Bimbingan Skripsi	57
Lampiran 9 Surat Persetujuan Sidang Skripsi.....	59
Lampiran 10 Surat Persetujuan Ujian Akhir	60
Lampiran 11 Surat Bukti Perbaikan Skripsi.....	61
Lampiran 12 RPS	62

SIMULASI KEKUATAN MEKANIK PLA SEBAGAI MATERIAL SUDU TURBIN TURGO SKALA PIKO MENGUNAKAN *SOLIDWORKS*

Rizki Maulida¹, Dewi Puspita Sari²

¹ Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya

² Dosen Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya

e-mail : rizkymaulidaaa@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan material PLA (Polylactic Acid) sebagai material sudu turbin Turgo skala piko menggunakan simulasi *SOLIDWORKS* berdasarkan hasil kekuatan mekanik. Ada dua metode yang digunakan dalam studi ini: metode analitik untuk menentukan geometri sudu turbin Turgo skala piko, dan metode simulasi digunakan untuk memprediksi kekuatan mekaniknya. Dari hasil analitik, sudu turbin Turgo skala piko memiliki 18 jumlah sudu dengan laju aliran 10 kg/s (100 Newton). Dari hasil simulasi, kekuatan mekanik PLA sebagai material sudu turbin turgo skala piko menggunakan *Solidworks* direkomendasikan untuk digunakan. Ini karena nilai Von mises stress material sudu tidak melebihi nilai maksimum yield strength PLA yaitu 53 MPa. Artinya, material PLA untuk menjadi bahan dasar sudu turbin turgo skala piko aman dan kuat sehingga bisa untuk digunakan menjadi material sudu turbin Turgo.

Kata Kunci : PLA, *Solidworks*, Turbin Turgo, Von Mises Stress.

SIMULATION OF PLA MECHANICAL POWER AS PIKO SCALE TURBINE MATERIAL USING SOLIDWORKS

Rizki Maulida¹, Dewi Puspita Sari²

¹ Student of Mechanical Engineering Education, Sriwijaya University

² Lecturers of Mechanical Engineering Education, Sriwijaya University

e-mail : rizkymaulidaaa@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the feasibility of PLA (Polylactic Acid) as a pico-scale Turgo turbine blade material using SOLIDWORKS simulation based on mechanical strength results. This study uses two methods: an analytical method to determine the geometry of the Turgo Pico scale turbine blade, and a simulation method is used to predict its mechanical strength. From the analytical results, the Turgo Piko scale turbine blades have 18 blades with a flow rate of 10 kg/s (100 Newtons). From the simulation results, the mechanical strength of PLA as a pico-scale turgo turbine blade material using Solidworks is recommended for use. This is because the value of the Von mises stress of the blade material does not exceed the maximum value of the PLA yield strength, which is 53 MPa. This means that the PLA material to be the base material for the pico-scale turgo turbine blades is safe and robust so that it can be used as a Turgo turbine blade material.

Keywords : PLA, Solidworks, Turgo Turbine, Von Mises Stress.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan yang terjadi pada ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini berkembang dengan sangat pesat. Sejak zaman dulu teknologi telah menjadi bagian dari kehidupan manusia. Pemikiran manusia tidak terlepas dari bagaimana aktivitas yang dijalani agar bisa menjadi lebih mudah dan praktis dan dapat membuat banyaknya inovasi dalam bidang teknologi. Oleh sebab itu, Manusia selalu memiliki kecenderungan yaitu tidak dapat hidup tanpa adanya bantuan dari teknologi. Pada saat ini sebagian besar teknologi yang digunakan manusia yaitu energi listrik sebagai sumber energi. Kebutuhan manusia terhadap energi listrik terus meningkat sehingga energi listrik telah menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat Indonesia (Kementerian energi dan sumber daya mineral 2019). Maka dari itu, Pemerintah Indonesia berupaya meningkatkan rasio elektrifikasi (RE) agar mencapai 100%. Tercatat, masih ada penduduk Indonesia yang berada di daerah terpencil yang masih belum mendapatkan akses ke energi listrik, salah satunya Provinsi Sumatera Selatan. Rasio elektrifikasi Sumatera Selatan sebesar 98% (Kementerian energi dan sumber daya mineral 2019). Ini berarti masih 2% Daerah Sumatera Selatan yang masih belum teralir listrik (Kementerian energi dan sumber daya mineral 2019).

Di Indonesia, suplai energi lebih dominan menggunakan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan jenis bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, dimana semakin hari akan habis. Oleh karena itu, dalam mengatasi hal tersebut dapat dengan cara menggunakan sumber energi alternatif pembangkit energi listrik yaitu energi air (Bono and Suwanti 2019).

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu dari lima sumber energi terbarukan yang terbesar. Pembangkit energi air ini dapat dimanfaatkan untuk menjadi listrik tanpa meninggalkan emisi gas rumah kaca seperti halnya yang

dihasilkan oleh pembangkit listrik energi fosil. Provinsi Sumatera Selatan memiliki potensi energi air yang berlimpah sebesar 21866 MW. Oleh karena itu, penyediaan listrik di daerah Sumatera Selatan seharusnya sudah direncanakan dengan baik, dimana energi air dapat digunakan sebagai energi alternatif. Tahun 2018, kapasitas PLTA yang dipasang hanya sebesar 12 MW dengan potensi 766 MW (IESR, 2019). Total kapasitas (PLTA, PLT mini, PLT mikro, dan PLT Piko) adalah sebesar 18 MW (Kementrian energi dan sumber daya mineral 2019).

Potensi energi air Sumatera Selatan sangat menjanjikan untuk di eksploitasi. Direncanakan PLTA yang akan terpasang hingga tahun 2028 adalah sebesar 921 MW. Oleh karena itu, pembangkit listrik mandiri berbasis energi air dengan sistem *off-grid* direkomendasikan untuk daerah terpencil di Sumatera Selatan (Hari Atmoko, 2019).

Turbin Turgo merupakan salah satu jenis turbin yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mandiri di Sumatera Selatan. Turbin Turgo yang cocok digunakan di daerah terpencil karena dia memiliki keunggulan kecepatan putar tinggi. Turbin Turgo dapat bekerja pada head menengah 15 meter sampai 30 meter (Bono and Suwarti 2019). Bahkan Turbin turgo juga merupakan jenis turbin yang sering digunakan karena memiliki tinggi jatuh (*head*) yang tinggi dan memiliki bentuk lengkung sudu yang tajam (Bono and Suwarti 2019).

Pada aplikasinya, material Turbin turgo menggunakan baja. Meskipun baja memiliki keuntungan inersia yang besar namun karena ini diaplikasi di air sehingga runner membutuhkan perlakuan untuk menghindari karat. Alternatif yang tepat dalam memproduksi runner turbin turgo menggunakan material non baja seperti polylactic acid (PLA). Dengan demikian studi ini mengusulkan polylactic acid (PLA) sebagai material sudu turbin turgo.

Turbin Turgo sangat dipengaruhi oleh variasi dari diameter nozel dan turbin Turgo ini memiliki potensi untuk meningkatkan *pico-hydro* di masa depan. Namun, Keterbatasan aliran untuk turbin Turgo perlu ditetapkan sehubungan dengan PCD atau ukuran cangkir (mirip dengan cara yang telah ditetapkan untuk turbin Pelton). Sebuah turbin Turgo dan turbin-generator mengatur agar dapat dengan mudah dibangun menggunakan teknik manufaktur dasar. Dan Yang

terpenting, kesadaran umum dan teknologi pemahaman yang baik tentang kebutuhan teknologi *pico-hydro* yang sukses untuk dikembangkan dan dibina di tingkat lokal dan regional sehingga proyek elektrifikasi pedesaan dapat dilaksanakan secara efektif (Bryan dkk,2012). Elektrifikasi pedesaan sangat penting. Namun, Pembangunan Milenium Tujuannya harus dicapai. *Pico hydropower* Memberikan biaya yang efektif dan solusi dimana sumber daya alam mengizinkan. Pekerjaan dipilih sebagai Turbin Turgo sebagai solusi yang mungkin untuk spesifikasi lokasi pedesaan dengan head rendah. Pekerjaan selanjutnya termasuk meningkatkan pemodelan untuk memungkinkan efek tiga dimensi dan meningkatkan kesepakatan antara model dan hasil pada rasio nosel roda yang lebih rendah melalui pengenalan konstanta yang diturunkan secara eksperimental. Dengan model yang ditingkatkan, kemudian dapat mengarah pada peningkatan desain sudu turbin Turgo dan implementasinya (Williamson, Stark, and Booker, 2019). Studi ini Mengkaji tentang Turbin Turgo Bagaimana Pengaruh Turbin turgo skala Pico Terhadap Performa.

Dari studi literatur di atas dan hipotesa pada sub bab 1.1, kajian kelayakan PLA sebagai material turbin turgo penting untuk dikaji. Dengan demikian, studi ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan mekanik sudu turbin turgo skala piko menggunakan bahan polylactic acid.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah: “berdasarkan hasil uji mekanik, apakah Polylactic acid dapat digunakan sebagai material sudu turbin turgo skala piko”.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan Rumusan Masalah diatas, Maka Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan material PLA (Polylactic Acid) sebagai

material sudu turbin Turgo skala piko menggunakan simulasi *SOLIDWORKS* berdasarkan hasil kekuatan mekanik.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dengan adanya penelitian dapat menjadi sarana untuk menyelesaikan pendidikan yang sedang ditempuh dan untuk mempersiapkan diri untuk terjun ke dunia industri.
2. Dapat menjadi acuan bagi peneliti-peneliti untuk mengkaji lebih dalam pembangkit listrik pico hidro jenis turbin turgo.

DAFTAR PUSTAKA

- A Nurdin, D A Himawanto, S Hadi. 2020. "Optimasi Perancangan Turbin Air Menggunakan Analysis of Variance Aliran Horisontal." 10(2): 103–9.
- Agus Hariyanto, 2017. "No Title."
- Arinaldo, Deon, Julius Christian Adiatma, and Pamela Simamora. 2018. "Indonesia Clean Energy Outlook Reviewing 2018, Outlooking 2019." *Iesr (2018)*: 39. <http://iesr.or.id/old/wp-content/uploads/Indonesia-Clean-Energy-Outlook-2019.pdf>.
- Bono and Suwarti. 2019. "Variasi Jumlah Sudu Dan Modifikasi Bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro." *Eksergi* 15(2): 81.
- Benzon, D. S., G. A. Aggidis, and J. S. Anagnostopoulos. 2016. "Development of the Turgo Impulse Turbine: Past and Present." *Applied Energy* 166: 1–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.091>.
- Gaiser, Kyle, Paul Erickson, Pieter Stroeve, and Jean Pierre Delplanque. 2016. "An Experimental Investigation of Design Parameters for Pico-Hydro Turgo Turbines Using a Response Surface Methodology." *Renewable Energy* 85: 406–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.049>.
- Gallego, Edwin et al. 2021. "Experimental Analysis on the Performance of a Pico-Hydro Turgo Turbine." *Journal of King Saud University-Engineering Sciences* 33(4): 266–75.
- Kementrian energi dan sumber daya mineral, (2019). 2019. "Kebijakan Nasional Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi."
- Prayoga, Huda Setya. 2019. "Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Jenis Turbin Turgo." *Elektro, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Indonesia, Universitas Islam*.

- Priambada, Dimas Bagus et al. 2016. "Kajian Karakteristik Turbin Angin Sumbu Horizontal Type Tsd-500 Pada Variasi Beban." 10(1): 19–22.
- Rasagama, I Gede, Ratu Fenny Muldiani, and Kunlestiowati Hadiningrum. 2016. "Keterpakaian Konsep Hukum Bernoulli Dan Desain." *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016* 5: 29–34.
- Structures, Modern Bamboo. 2018. "Contact Ketenaga Listrikan Indoneisa."
- Williamson, S J, B H Stark, and J D Booker. 2019. "Performance of a Low-Head Pico-Hydro Turgo Turbine." *Applied Energy* 102: 1114–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.06.029>.
- Williamson, Sam J, Bernard H Stark, and Julian D Booker. 2013. "Performance of a Low-Head Pico-Hydro Turgo Turbine." *Applied Energy* 102: 1114–26.
- Indonesia, U., Arifianto, S. A. D. I., Teknik, F., Studi, P., & Mesin, T. (2018). *Analisis jumlah sudu dan kecepatan aliran masuk pada turbin pikohidro roda air langkah bawah skripsi*.
- Kementrian ESDM. (2019). Kebijakan Nasional Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. *Kementerian ESDM*, 1–32. <http://iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/11/191216-IESR-Clean-Energy-Outlook.pdf>
- Praditya Tampubolon, A. C. A. (2019). Laporan Status Energi Bersih Indonesia. *Iesr*, 1–23. www.iesr.or.id
- Quaranta, E., & Müller, G. (2020). Optimization of undershot water wheels in very low and variable flow rate applications. *Journal of Hydraulic Research*, 58(5), 845–849. <https://doi.org/10.1080/00221686.2019.1671508>
- Thayib, R., Nalendra, S., & D. Mayasari, E. (2017). Estimasi Sumberdaya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Dalam Pemenuhan Kebutuhan Listrik Dusun Pulau Timun, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Geomine*, 5(3), 135–142. <https://doi.org/10.33536/jg.v5i3.145>

- Viollet, P. L. (2017). From the water wheel to turbines and hydroelectricity. Technological evolution and revolutions. *Comptes Rendus - Mecanique*, 345(8), 570–580. <https://doi.org/10.1016/j.crme.2017.05.016>
- Wariito, Adanta, D., Arifianto, S. A., Nasution, S. B., & Budiarso. (2018). Effect of Blades Number on Undershot Waterwheel Performance with Variable Inlet Velocity. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Science and Technology, ICST 2018, November*. <https://doi.org/10.1109/ICSTC.2018.8528714>