



**MODIFIKASI SUDU *DETHRIDGE WHEEL* DALAM
MENINGKATKAN EFISIENSI**

SKRIPSI



Oleh:

Irfan Nur Fauzi

1603035037

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2020**

**MODIFIKASI SUDU *DETHRIDGE WHEEL* DALAM
MENINGKATKAN EFISIENSI**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Mesin



Oleh:

Irfan Nur Fauzi

1603035037

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

MODIFIKASI SUDU *DETHRIDGE WHEEL* DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik

Oleh:

Irfan Nur Fauzi

1603035037

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA
Tanggal, 03 Agustus 2020

Pembimbing-1



Dr. Dan Mugisidi ST, M.Si

NIDN. 0301126901

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin



Delvis Agusman, S.T., M.Sc

NIDN. 0311087002

HALAMAN PENGESAHAN

MODIFIKASI SUDU *DETHRIDGE WHEEL* DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI

SKRIPSI

Oleh:
Irfan Nur Fauzi
1603035037

Telah **diuji** dan dinyatakan **lulus** dalam Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA
Tanggal, 18 Agustus 2020

Pembimbing-1



Dr. Dan Mugisidi ST, M.Si
NIDN. 0301126901

Penguji-1



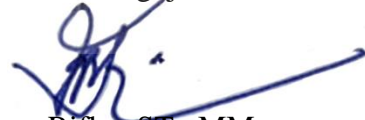
Drs. M. Yusuf Djeli, MM., MT
NIDN. 0330016001

Mengesahkan,
Dekan
Fakultas Teknik UHAMKA



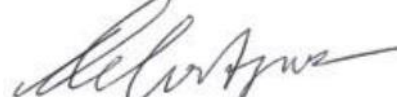
Dr. Sugema, S.Kom., M.Kom
NIDN. 0323056403

Penguji-2



Rifky, ST., MM
NIDN. 0305046501

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Delvis Agusman, ST., M.Sc
NIDN. 0311087002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang membuat pernyataan

Nama : Irfan Nur Fauzi
NIM : 1603035037
Judul skripsi : **Modifikasi *Dethridge Wheel* Dalam Meningkatkan Efisiensi**

Menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan tinggi mana pun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, KECUALI yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 18 Agustus 2020



Irfan Nur Fauzi

KATA PENGANTAR

Assallamu'alaikum wa rohmatullahi wa barokaatuh, shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad dan para pengikutnya.

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA untuk memperoleh gelar sarjana.

Peneliti menyadari penyusunan ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, bimbingan dan perhatian berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Sukarman dan Mamah Suwarsih yang selalu memberikan dukungan semangat dan do'a.
2. Bapak Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dari awal skripsi sampai selesainya pembuatan skripsi dengan baik.
3. Bapak Delvis Agusman, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.
4. Teman-teman Teknik Mesin 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari kekurangan dan jauh dari kata sempurna untuk itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang sangat membangun. Semoga penulisan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

Wa billahitaufiq wal hidayah, fastabiqul khoirot, wassalamu'alaikum wa rohmatullahi wa barokaatuh.

Jakarta, 03 Agustus 2020

Irfan Nur Fauzi

PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA), saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Irfan Nur Fauzi
NIM : 1603035037
Program Studi : Teknik Mesin

Menyetujui, memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty free right*) kepada Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA) atas karya ilmiah saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) yang berjudul:

Modifikasi Sudu *Dethridge Wheel* Dalam Meningkatkan Efisiensi

Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 18 Agustus 2020


Irfan Nur Fauzi

ABSTRAK

Modifikasi Sudu *Dethridge Wheel* Dalam Meningkatkan Efisiensi

Irfan Nur Fauzi

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kincir air *Dethridge Wheel* dengan memodifikasi sudu kincir menjadi tertutup dan mempelajari pengaruh dari variasi debit dalam saluran. Penelitian ini dilakukan di Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka yang bertempat di lantai 5 *rooftop* di Jakarta, Indonesia pada bulan Oktober 2019 – Mei 2020. Metodologi penelitian ini dengan cara eksperimental yang menggunakan bentuk dasar kanal 2/4 dan menggunakan dua kincir yang berbeda bentuk sudu yang digunakan secara bergantian. Parameter yang diamati adalah debit air, tinggi air, putaran kincir, torsi, dan kecepatan air. Data dari kedua kincir dapat diolah menggunakan persamaan untuk menghitung daya air, daya kincir, dan efisiensi. Menurut hasil perhitungan yang memiliki daya kincir dan efisiensi yang paling optimal adalah kincir sudu tertutup pada debit 0.008 m³/s. Kincir sudu terbuka lebih cepat air keluar menyebabkan efisiensi lebih kecil.

Kata kunci: Geometri sudu kincir, *dethridge wheel*, dasar kanal

Modification Blade of Dethridge Wheel to higher efficiency

Irfan Nur Fauzi

This research aim to upgrade the efficiency of the Dethridge Wheel water wheel by modifying the blade to be closed and studying the effect of variations in discharge in the channel. This research was conducted at the Faculty of Engineering, Prof. Muhammadiyah University DR. Hamka is located on the 5th floor of a rooftop in Jakarta, Indonesia in October 2019 - May 2020. The research methodology is an experimental method that uses shroud a 2/4 and uses two different paddle blades which are used alternately. The parameters observed were water discharge, water height, wheel rotation, torque, and water velocity. Data from both wheels can be processed using equations to calculate water power, windmills, and efficiency. According to the results of calculations which have the most optimal power and efficiency are closed blade at discharge 0.008 m³ / s. The blade of the blades opens faster the water comes out causing smaller efficiency.

Keywords: *Shape blade wheel, dethridge wheel, channel bottom*

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | vi |
| ABSTRAK | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR NOTASI | xii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.5.1 Manfaat bagi Masyarakat | 2 |
| 1.5.2 Manfaat bagi Peneliti | 2 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB 2. DASAR TEORI | 4 |
| 2.1 Kerangka Teori | 4 |
| 2.1.1 Mekanika Fluida | 4 |
| 2.1.2 Segitiga Kecepatan | 5 |
| 2.1.3 Bentuk Sudu Kincir Air | 6 |
| 2.1.4 Kincir Air <i>Dethridge Wheel</i> | 8 |
| 2.1.5 Persamaan Bilangan <i>Froude</i> | 10 |
| 2.2 Penelitian yang relevan | 11 |
| BAB 3. METODOLOGI | 13 |
| 3.1 Alur Penelitian | 13 |

| | | |
|---------------|--|----|
| 3.2 | <i>Alat dan Material</i> | 14 |
| 3.2.1 | <i>Alat</i> | 14 |
| 3.2.2 | <i>Material</i> | 15 |
| 3.3 | <i>Desain Penelitian</i> | 15 |
| 3.3.1 | <i>Bentuk kincir</i> | 16 |
| 3.3.2 | <i>Experimental rig</i> | 17 |
| 3.4 | <i>Prosedur Penelitian</i> | 19 |
| 3.5 | <i>Pengumpulan Data</i> | 19 |
| 3.6 | <i>Teknik Pengolahan Data</i> | 20 |
| 3.7 | <i>Tempat dan Waktu Penelitian</i> | 21 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 22 |
| 4.1 | <i>Hasil Penelitian</i> | 22 |
| 4.1.1 | <i>Debit air</i> | 22 |
| 4.1.2 | <i>Tinggi air</i> | 22 |
| 4.1.3 | <i>Putaran Kincir dan Torsi</i> | 23 |
| 4.1.4 | <i>Kecepatan Air</i> | 24 |
| 4.2 | <i>Pembahasan</i> | 25 |
| BAB 5. | SIMPULAN | 34 |
| 5.1 | <i>Simpulan</i> | 34 |
| 5.2 | <i>Saran</i> | 34 |
| | DAFTAR REFERENSI | 35 |
| | LAMPIRAN | 39 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3-1 Alat penelitian | 14 |
| Tabel 3-2 Material penelitian | 15 |
| Tabel 3-3 Pengumpulan data | 19 |
| Tabel 3-4 Pengolahan data | 20 |
| Tabel 4-1 Data debit air | 22 |
| Tabel 4-2 Data pengukuran ketinggian air kincir sudu terbuka | 23 |
| Tabel 4-3 Data pengukuran ketinggian air kincir sudu tertutup..... | 23 |
| Tabel 4-4 Data pengukuran torsi dan putaran kincir sudu terbuka | 24 |
| Tabel 4-5 Data pengukuran torsi dan putaran kincir sudu tertutup | 24 |
| Tabel 4-6 Data pengukuran kecepatan air kincir sudu terbuka | 24 |
| Tabel 4-7 Data pengukuran kecepatan air kincir sudu tertutup..... | 25 |
| Tabel 4-8 Perbandingan debit dan daya air dari kincir sudu terbuka dan kincir sudu tertutup..... | 26 |
| Tabel 4- 9 Perbandingan debit dan daya kincir pada kincir sudu terbuka dan kincir sudu tertutup | 27 |
| Tabel 4- 10 Perbandingan efisiensi kincir sudu terbuka dan kincir sudu tertutup | 27 |
| Tabel 4-11 Perbandingan gaya air dan gaya air tangensial pada kincir sudu terbuka dan kincir sudu tertutup..... | 32 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2-1 Segitiga Kecepatan Air Sisi Masuk dan Sisi Keluar | 6 |
| Gambar 2-2 Geometri sudu datar | 7 |
| Gambar 2-3 Geometri sudu V atau lengkung | 7 |
| Gambar 2-4 Geometri sudu mangkuk | 8 |
| Gambar 2-5 Profil sudu kincir | 8 |
| Gambar 2-6 Kincir air <i>dethridge wheel</i> | 9 |
| Gambar 2-7 Model kincir <i>Dethridge Wheel</i> | 9 |
| Gambar 2-8 Kincir air tipe <i>undershoot</i> | 10 |
| Gambar 2-9 Pola peramabatan penjalaran gelombang | 11 |
| Gambar 3-1 Diagram alir penelitian | 13 |
| Gambar 3-2 Bentuk kincir sudu terbuka | 16 |
| Gambar 3-3 Bentuk kincir sudu tertutup | 16 |
| Gambar 3-4 Sistem sirkulasi pengujian | 17 |
| Gambar 3-5 Geometri saluran air | 17 |
| Gambar 3-6 Geometri pemusatan air | 18 |
| Gambar 3-7 Geometri dasar kanal $2/4$ | 18 |
| Gambar 3-8 Posisi alat pada skema penelitian | 20 |
| Gambar 4- 1 Grafik daya air, daya kincir, dan efisiensi terhadap debit pada kincir sudu terbuka dan tertutup | 29 |
| Gambar 4-2 Arah gaya pada air yang menghantam kincir sudu terbuka | 31 |
| Gambar 4-3 Arah gaya pada air yang manghantam kincir sudu tertutup | 31 |

DAFTAR NOTASI

| No. | Uraian | Notasi | Satuan |
|-----|------------------------|-----------------------|-----------|
| 1. | Head total | H | m |
| 2. | Tinggi air masuk | h_1 | m |
| 3. | Kecepatan air masuk | v_1 | m/s |
| 4. | Tinggi air keluar | h_2 | m |
| 5. | Kecepatan air keluar | v_2 | m/s |
| 6. | Gravitasi | g | m/s^2 |
| 7. | Daya air | P_a | watt |
| 9. | Massa jenis | ρ | Kg/cm^3 |
| 10. | Kecepatan sudut | ω | rps |
| 11. | Debit | Q | m^3/s |
| 12. | Putaran kincir | n | rpm |
| 13. | Torsi | T | N.m |
| 14. | Jari-jari kincir | R | m |
| 15. | Daya kincir | P_t | watt |
| 16. | Efisiensi kincir | η | % |
| 17. | Massa alir | \dot{m} | kg/s |
| 18. | Luas penampang | A | m^2 |
| 19. | Gaya air | F_{air} | N |
| 20. | Gaya air tangensial | $F_{air\ tangensial}$ | N |
| 21. | Sudut | θ | ° |
| 22. | Bilangan <i>froude</i> | F_r | m/s |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| LAMPIRAN A. Foto Pengujian | 39 |
| LAMPIRAN B. Gambar Teknik Kincir Sudu Terbuka | 40 |
| LAMPIRAN C. Gambar Teknik Kincir Sudu Tertutup | 41 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkiraan pertumbuhan kebutuhan listrik 22 wilayah di Indonesia, selama kurun waktu 2003 hingga 2020 mengalami pertumbuhan sebesar 6,5% per tahun dari 91,72 TWh tahun 2002 menjadi 272,34 TWh tahun 2020 (Muchlis & Permana, 2003) seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Akan tetapi, karena penyebaran penduduk ada pada area yang sangat luas, banyak daerah yang masih belum memiliki jaringan listrik sehingga energi terbarukan menjadi alternatif (Purnama, Hantoro, & Nugroho, 2013). Sumber energi terbarukan seperti energi angin, air, dan matahari memiliki potensi yang sangat besar, tetapi belum dimanfaatkan dengan optimal (Muliawan & Yani, 2017). Salah satunya adalah saluran irigasi sawah yaitu energi air (Faiz, 2017).

Energi air menjadi pilihan yang baik pada kondisi di Indonesia karena, kondisi topografi Indonesia bergunung dan berbukit, sehingga banyak aliran sungai (Lubis, 2007) dan murah, relatif mudah didapat dan bebas dari polusi, dan dapat diperoleh pada aliran sungai (Raya, Prabumulih, Indralaya, & Ogan, 2010). dan saluran irigasi. Beberapa daerah tertentu telah mengadakan program pembuatan saluran irigasi yang cukup potensial sebagai sumber energi air (Kencana, 2018). Pemakaian teknologi pada energi terbarukan dengan sumber energi air salah satunya adalah *Detridge Wheel*.

Detridge Wheel adalah mesin hidrolik sederhana untuk menghitung air yang dialirkan air ke peternakan, pada saluran irigasi, alat ini cocok untuk *head* rendah pada irigasi (Paudel & Saenger, 2018). Penggunaan energi air dengan *head* yang rendah masih sangat minim pemanfaatannya, padahal di daerah pedesaan Indonesia mempunyai akses tersebut yang cukup untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air pada kondisi *head* yang rendah (Muliawan & Yani, 2017). Kelemahan yang ada pada *Dethridge Wheel* adalah air yang masuk ke sudu

akan langsung terbuang menyebabkan gaya cepat terbuang, sehingga pada penelitian ini memodifikasi bentuk sudu *Dethridge Wheel* menjadi tertutup. Supaya air yang masuk ke sudu akan memberikan beban air yang masih ada dan juga gaya yang diberikan tetap ada.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah seberapa besar daya dan efisiensi kincir air *Dethridge Wheel* dengan sumber tenaga air *head* sangat rendah dengan perbandingan bentuk sudu terbuka dan sudu tertutup.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah pengujian dilakukan dalam skala laboratorium.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan, yaitu:

Menghitung daya dan efisiensi kincir air *dethridge wheel* dengan perbandingan bentuk sudu kincir terbuka dan tertutup.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ada dua target, yaitu manfaat bagi masyarakat dan bagi peneliti.

1.5.1 Manfaat bagi Masyarakat

Kelangkaan energi listrik saat ini diharapkan masyarakat dapat membuat pembangkit energi listrik sendiri dari tenaga air *dethridge wheel* skala kecil.

1.5.2 Manfaat bagi Peneliti

Menambah pengetahuan tentang pengembangan energi terbarukan, khususnya kincir air *dethridge wheel* tersebut sehingga lebih efektif.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini memiliki beberapa BAB untuk memahami lebih jelas laporan skripsi ini, maka materi yang ada pada laporan skripsi ini dikelompokkan menjadi beberapa BAB dengan sistematika penyampaian sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2. DASAR TEORI

Berisi tentang teori yang berupa definisi dan pengertian yang diambil dari kutipan buku dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan topik skripsi.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang alir penelitian dari saat pengambilan data hingga membuat kesimpulan, desain dari set alat pengujian, serta prosedur penelitian dan pengambilan data apa saja yang dibutuhkan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil dari pengujian dan pembahasan penelitian sesuai dengan permasalahan dan tujuan dari penelitian yang dibatasi oleh batasan penelitian.

BAB 5. SIMPULAN

Berisi tentang simpulan dari penelitian yang sudah dilakukan dan diamati antara *variable* yang ada.

DAFTAR REFERENSI

- Anam, A., Soenoko, R., & Widhiyanuriyawan, D. (2013). *Jurnal Rekayasa Mesin Vol . 4 , No . 3 Tahun 2013 : 199-203 ISSN 0216-468X Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik ISSN 0216-468X*. 4(3), 199–203.
- Boli, R., Makhsud, A., Tahir, M., & Tahir, M. (2018). Analisis Daya Output Dan Efisiensi Kincir Air Sudu Miring Yang Bekerja Pada Saluran Horizontal. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.32662/gojise.v1i2.423>
- Boy Ilham Prabowo, P. H. A. (2018). *Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lengkung L Dengan Variasi Sudut Pada Ujung Sudu Mohamad Andrian Ardiansyah Priyo Heru Adiwibowo Abstrak*. 06, 115–123.
- Denny, M. (2004). The efficiency of overshoot and undershot waterwheels. *European Journal of Physics*, 25(2), 193–202. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/25/2/006>
- Dwi Widodo, Sartono Putro, N. A. (2011). *Rancang Bangun Dan Pengujian Turbin Kaplan Pada Ketinggian (H) 4 M Debit (Q) 0 , 025 M³ / S Dengan Variasi Sudut Sudu Rotor*.
- Effendy. (2012). Disain Saluran Drainase. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 1–8.
- Faiz, S. (2017). PLTMH Adalah Solusi Kebutuhan Listrik di Daerah Terpencil. Retrieved from www.kompasiana.com website: <https://www.kompasiana.com/wptyas/59990fe12a582308de56d912/pltmh-solusi-kebutuhan-listrik-di-daerah-terpencil?page=all>
- Fatah, A., & Pd, M. (2012). *P – 2 Modifikasi Persepsi: Harapan Baru Meningkatkan Minat Belajar Matematika Terapan*. (November), 978–979.
- H, D. A., Dpt, D. D., C, S. I., & Pitana, T. S. (2016). *Tenaga Picohidro*

Keywords : Abtract : 15, 10–16.

- Henry, O., Daud, A., & Haki, H. (2013). Analisis Pengaruh Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus: Desa Pandan Enim). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 001–004.
- Heriyani, O., Mugisidi, D., Luhung, R. A., Djeli, M. Y., & Fikri, A. (2019). Performance of dethridge wheel as low head power generator and loss analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1373(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1373/1/012012>
- Kencana, M. R. B. (2018). Kementerian PUPR Tawarkan Teknologi Konstruksi untuk Jaringan Irigasi. Retrieved from www.liputan6.com website: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3600493/kementerian-pupr-tawarkan-teknologi-konstruksi-untuk-jaringan-irigasi>
- Larasakti, A. A., Himran, S., & Syamsul, A. (2012). Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt. *Pembuatan Dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt*, 3(1), 245–253.
- Lubis, A. (2007). Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi*, Vol. 8(2), 155–162.
- Luhung, R. A., Mugisidi, D., Fikri, A., & Heriyani, O. (2019). Pengujian Kinerja Detridge Wheel sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Head Sangat Rendah. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 44. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2912>
- Mafruddin, M., & Irawan, D. (2014). Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2), 7–12. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i2.12>
- Muchlis, M., & Permana, A. D. (2003). Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN 2003

- s.d. 2020. *Pengembangan Sistem Kelistrikan Dan Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*, 11 Halaman. Retrieved from http://www.oocities.org/markal_bppt/publish/slistrk/slmuch.pdf
- Muliawan, A., & Yani, A. (2017). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.31958/js.v8i1.434>
- Nurjanah, R. A. D. (2014). *Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran*. 2(3).
- Nursal, R. S., Nordin, N. I., Mohammad, M., Afandi, M., Hamid, A., Awang, M. N., ... Ariffin, M. (2017). *Investigation On Resistance Effect Through Towing Test And CFD Analysis On Catamaran Boat Hull Form*. 12(4), 1334–1343.
- Paudel, S., & Saenger, N. (2016). Dethridge wheel for pico-scale hydropower generation: An experimental and numerical study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 49(10). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/49/10/102007>
- Paudel, S., & Saenger, N. (2018). Effect of channel geometry on the performance of the Dethridge water wheel. *Renewable Energy*, 115, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.08.043>
- Paudel, S., Weber, M., Geyer, D., & Saenger, N. (2017). *Zuppinger Water Wheel for Very Low-Head Hydropower Application*. 25–34. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-055-4.3>
- Purnama, A. C., Hantoro, R., & Nugroho, G. (2013). Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), B278–B282. Retrieved from <http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/4615>
- Putra, A. S. (2014). (*Ruas Sungai : Pulau Kemaro Sampai Dengan Muara Sungai Komerling*). 2(3), 603–608.

- Raya, J., Prabumulih, P., Indralaya, K., & Ogan, K. (2010). *Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air*. 13–15.
- Regatama, G., Amiruddin, W., & Mulyatno, I. P. (2019). Jurnal teknik perkapalan. *Teknik Perkapalan*, 7(2), 152–160.
- Siahaan, D. H. (2009). Pengujian sudu rata prototipe turbin air terapung pada aliran sungai. *Skripsi Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara*, 1(1), 1.
- Sipahutar, R., & Hadi, Q. (n.d.). *Tinjauan Teoritis Modifikasi Sudu Turbin Pelton dengan Material Polyester Matrix Composite untuk Pemakaian Pada Kincir Air 'Undershot' Arus Lemah*. 149–154.
- Tirono, M. (2012). Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh Dan Debit Kecil. *Jurnal Neutrino*. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.1939>
- Yani, A., Mihdar, M., & Erianto, R. (2017). Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan). *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.113>