Jurnal Fakultas Teknik
e-ISSN:2746-220X, p-ISSN:2746-1209
Vol. 6 No. 1 Januari 2025
DOI : 10.704776/jft.v6i1.1

PENGARUH SUDUT *NOZZLE* TERHADAP DAYA TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SKALA PRAKTIKUM

Agus Adi Nursalim[1], Fikri Ulul Albab[1], Nur Anas Alhadid[1], Sadiyah Dwiyani Lestari[2]
[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Al-Ihya Kuningan
[2] Program Studi Bisnis Digital, Fakultas Manajemen dan Bisnis, Institut Budi Utomo Nasional
Jl. Mayasih No.11, Cigugur, Kec. Cigugur, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat
E-mail : adi_nursalim@yahoo.com , fikriululalbab01@gmail.com, anasalhadid22@gmail.com, sadiyahdwiyanilestari@gmail.com

ABSTRAK

Energi sangat penting untuk berbagai sektor ekonomi, terutama manufaktur dan transportasi. Sebagai sumber energi utama, listrik dihasilkan melalui berbagai sistem, termasuk fasilitas pembangkit listrik tenaga air dengan turbin Pelton. Penelitian ini mengkaji pengaruh sudut kemiringan nosel pada output turbin. Lima pengujian terpisah dilakukan dengan sudut nosel mulai dari 10°15°, 20°, 25°, dan 30°. Hasilnya mengungkapkan daya maksimum pada sudut 30°. Berdasarkan perhitungan turbin Pelton yang mendasar, analisis menghasilkan data seperti debit air 0,09034 L/s, volume aliran 0,08990, tinggi kepala 1,5 meter, kecepatan aliran 0,035973 m/s, arus 0,0205 ampere, dan RPM 489,9. Daya hidroliknya adalah 1.327 Watt, sedangkan generator menghasilkan 0,1724 Watt. Penurunan daya adalah hasil dari berkurangnya rotasi turbin yang disebabkan oleh torsi generator yang tinggi, yang menurunkan kecepatan air yang mendorong turbin. Temuan penelitian ini berkontribusi terhadap kemajuan energi berkelanjutan.
Kata kunci: daya turbin,sudut kemiringan nozzle,turbin pelton

ABSTRACT

Energy is crucial to numerous economic sectors, especially manufacturing and transportation. As a primary source of energy, electricity is generated through a variety of systems, including hydropower facilities with Pelton turbines. This study examines the influence of nozzle tilt angles on turbine output. Five separate tests were conducted with nozzle angles ranging from 10°15°,20°,25°, and 30°. The results revealed the maximum power at a 30° angle. Based on fundamental Pelton turbine calculations, the analysis yielded data such as a water discharge of 0.09034 L/s, a flow volume of 0.08990, a head height of 1.5 meters, a flow velocity of 0.035973 m/s, a current of 0.0205 amperes, and an RPM of 489.9. The hydraulic power was 1,327 Watts, while the generator produced 0.1724 Watts. The decrease in power was the result of a diminished turbine rotation brought on by a high generator torque, which decreased the water velocity propelling the turbine. This study's findings contribute to the advancement of sustainable energy.
Keywords: *turbine power, nozzle tilt angle, Pelton turbine.*

PENDAHULUAN

Energi mendukung berbagai sektor ekonomi, namun penggunaannya juga berdampak pada lingkungan. Sumber energi fosil yang umum digunakan, seperti batu bara, minyak, dan gas menyebabkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Oleh karena itu, penting untuk mengoptimalkan penggunaan energi bersih dan terbarukan seperti energi matahari, biomassa, angin, dan air. Kebijakan yang mendukung efisiensi, teknologi bersih, dan kesadaran tentang energi yang berkelanjutan diperlukan. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, masyarakat, dan lembaga internasional sangat penting dalam mendorong energi berkelanjutan (Harfi et al., 2022).

Energi listrik sangat penting bagi masyarakat dan industri. Di sektor industri, energi listrik menjadi pilar utama dalam menjalankan aktivitas perusahaan. Oleh karena itu, para pengusaha berupaya meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mencari sumber-sumber energi terbarukan seperti energi air, angin, dan surya. Ketergantungan pembangkit listrik pada sumber energi fosil mencapai 75%, sehingga energi terbarukan menjadi solusi untuk memenuhi pasokan listrik. Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan memanfaatkan potensi air sebagai sumber energi terbarukan menjadi opsi dalam menghasilkan energi listrik yang berkelanjutan. Dengan demikian, penggunaan sumber daya energi dapat dilakukan dengan lebih optimal dan efisien (Wayan et al., 2017).

Kebutuhan energi semakin meningkat tetapi sumber-sumber energi seperti BBM semakin langka. Upaya untuk memanfaatkan sumber energi baru dan terbarukan seperti surya, angin, biomasa, dan air telah dilakukan. Namun, potensi besar dari energi air belum dioptimalkan, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut termasuk untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah terpencil dan pedesaan serta sebagai bagian dari sistem interkoneksi dengan jaringan PLN yang ada (Wulandari et al., 2018).

Dengan adanya pembangkit listrik tenaga mikrohidro menjadi salah satu solusi dalam kurangnya jaringan listrik di daerah terpencil. Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) melibatkan proses pengaturan aliran sungai untuk mengumpulkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H). Air yang terkumpul kemudian dialirkan melalui saluran dan kemudian menuju kolam yang tenang. Setelah itu, kolam tersebut disambungkan dengan pipa utama yang selanjutnya terhubung dengan turbin air. Turbin air akan berputar secara otomatis ketika tekanan air (P) diterapkan, dan energi rotasi turbin akan dimanfaatkan untuk menggerakkan generator. Setelah menghasilkan putaran yang stabil, generator mampu menghasilkan tegangan listrik yang kemudian dialirkan melalui kabel distribusi (saluran listrik voltase menengah atau rendah) dan disalurkan ke konsumen. Meskipun energi terbarukan menjadi prioritas untuk dapat diakses oleh semua kalangan masyarakat, teknologi pembangkit listrik mikrohidro masih memerlukan peningkatan lebih lanjut (Sukamta & Kusmantoro, 2014).

Oleh karena itu, dilakukanlah studi dengan judul "Pengaruh Sudut *Nozzle* terhadap Daya Turbin Pelton pada Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro" guna meningkatkan aspek-aspek tersebut. Dengan acuan pada beberapa referensi pada penelitian ini diantaranya (Sutoyo et al., 2023), yang menganalisis pengaruh sudut kemiringan *nozzle* terhadap daya turbin pelton skala laboratorium, penelitian (Wardianto et al., 2021), yang melakukan pengujian torsi dan daya turbin pelton.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu

   Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, mulai tanggal 1 Mei 2023 sampai dengan tangal 1 juni 2023.

2. Tempat Penelitian

   Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini bertempat di bengkel *HEXATUNING* bertempat Dusun pahing RT.12/03 desa mekarwangi kecamatan lebakwangi.

Metode Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan metode penelitian eksperimen kuantitatif untuk memperoleh kebenaran ilmiah. Metode eksperimen bertujuan untuk mencari pengaruh antara variabel yang dikendalikan terhadap variabel lainnya, dengan kondisi yang ketat dan faktual. Data akan dikumpulkan dengan bantuan instrumen penelitian, dan dianalisis dengan metode kuantitatif eksperimen untuk menguji hipotesis yang telah dikemukakan.

Alat dan Bahan

1. Prototipe PLTMH

Prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang digunakan merupakan rancangan mahasiswa teknik mesin Universitas Islam Al-Ihya Kuningan dengan spesifikasi yang disesuaikan untuk media pembelajaran praktikum dikampus. Adapun spesifikasi Prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang digunakan tertera pada tabel 1 dengan mikrohidro yang digunakan dalam penelitian ditunjukan pada gambar 1 dibawah ini:

Gambar 1 Prototipe PLTMH

Tabel 1 Spesifikasi PLTMH

Jenis Turbin	Turbin Pelton
Titik Jatuh Air	1,5 Meter
Kapasitas Penampung Air	80 Liter
Diameter *Penstock*	1/2 Inci
Perkiraan Tegangan	220-240Volt
Maksimal Generator	

2. *Flow meter*

Flow meter digunakan untuk mengukur debit aliran yang ada dalam rangkaian PLTMH. Adapun flow meter yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukan pada gambar 2.

Gambar 2 *Flow meter*

3. *Nozzle*

Nozzle digunakan untuk mengarahkan aliran air menuju turbin dengan variasi sudut yang sudah ditentukan. Adapun *nozzle* yang digunakan ditunjukan pada gambar 3.

Gambar 3 *Nozzle* yang digunakan

Langkah Eksperimen

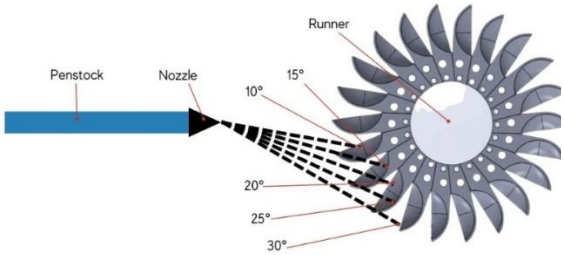
Adapun langkah pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Isi tank penampungan dengan kapasitas air sebesar 80 liter.
b. Atur kemiringan *nozzle* yang akan dilakukan dalam penelitian

(kemiringan sudut *nozzle*: 30°, 25°, 20°, 15° dan 10°)

c. Buka keran untuk menerusan laju aliran air pada *penstock*.
d. Ukur daya yang keluar dari output generator menggunakan watt meter.
e. Catat hasil pengukuran yang dilakukan.

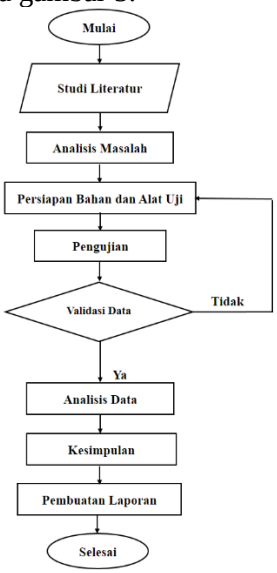
Pengujian dilakukan dengan menggunakan sudut *nozzle* 30°, 25°, 20°, 15° dan 10° dan dilustrasikan pada gambar 4 dibawah ini



Gambar 4 Ilustrasi pengujian

Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ditunjukan pada gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengujian yang dilakukan mendapatkan hasil data yang ditunjukan oleh tabel 2 sebagai berikut.

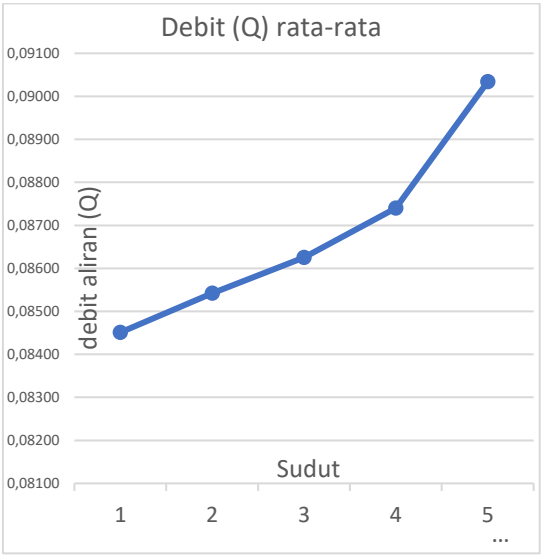
Tabel 2 Data Hasil Pengujian

Sudut	Debit (L/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10°	0,08453	6,078	0,00187	0,0115
15°	0,08515	7.204	0,00371	0,0267
20°	0,08626	7,405	0,00447	0,0331
25°	0,08744	8,365	0.0190	0,1589
30°	0,08990	8,41	0,0205	0,1724

Berdasarkan tabel 2 menunjukan rata-rata data yang dihasilkan oleh pengujian dimana setiap sudut diuji dengan parameter yang diukur pada tegangan, arus dan daya yang dibangkitkan. Dari seluruh data pengujian diatas dapat diamati bahwa sudut 30° memiliki output yang optimal dibandingkan dengan sudut yang lain.

1.Debit

Debit yang dihasilkan dari pengujian menghasilkan rata-rata yang variatif. Grafik dibawah ini merupakan debit rata-rata yang dihasilkan pada setiap sudut pengujian yang ditunjukan oleh angka 1 sampai dengan 5 sesuai dengan urutan sudut pada tabel. Adapun debit rata-rata ditunjukan pada gambar 6.



Gambar 6 Debit rata-rata

Berdasarkan grafik diatas menunjukan bahwa sudut *nozzle* mempengaruhi debit dimana semakin besar sudut yang digunakan dalam pengujian, semakin besar pula debit yang dihasilkan. Pada kemiringan sudut *nozzle* 30° memiliki debit paling besar sebesar 0,09034 m3/s,

dan paling kecil pada pada sudut *nozzle* 10° sebesar 0,08451m3/s. Data diatas menunjukan kenaikan pada setiap kemiringan sudut *nozzle* yang searah dengan debit yang dihasilkan dimana semakin efektif kemiringan sudut *nozzle* yang di pakai akan semakin besar debit yang dihasilkan.

2.Efisiensi Generator

Untuk menghitung efisiensi generator pada pengujian pengaruh kemiringan atau sudut *nozzle* terhadap daya generator pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala praktikum peneliti menggunakan daya generator dengan daya turbin sebagai acuan perhitungan sehingga dapat diketahui seberapa besar efisiensi dalam (%) yang dimiliki oleh generator yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk mengetahui daya turbin pada penelitian ini dengan menggunakan persamaan berikut:

$\boldsymbol{Ph = \rho . g . Q . H}$

= 9.8 m/s × 1000 kg/m3 × (0,09034m^3/s) × 1.5m
= 1,327watt

Jadi, pada sudut kemiringan 30° menghasilkan daya turbin sebesar 1,327 watt, persamaan diatas digunakan dalam mencari daya turbin yang sesuai dengan sudut kemiringan (30°,25°,20°,15° dan 10°) yang ditentukan oleh peneliti.

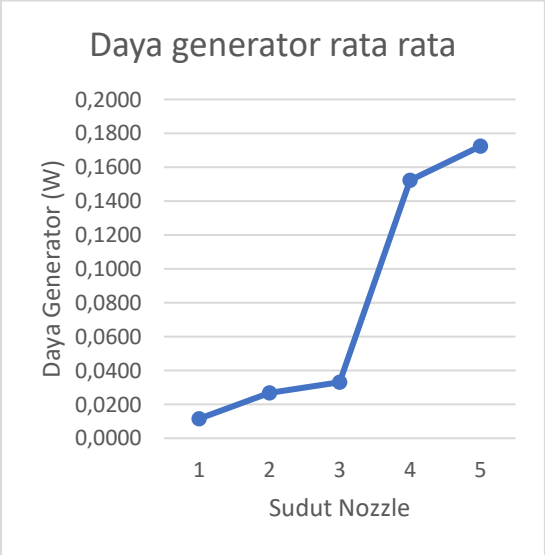
Tabel 3 Efisiemsi Generator

Sudut	Daya (W)	Daya Hidrolis(W)	efisiensi
10°	0,0115	1,242	0,9251%
15°	0,0267	1,251	2,1391%
20°	0,0331	1,268	2,6280%
25°	0,1522	1,285	12,3693%
30 °	0,1724	1,327	12,9917%

Berdasar pada data yang diberikan, dapat dinyatakan bahwa daya turbin meningkat secara bertahap ketika ketinggian meningkat. Daya maksimum yang dicapai terjadi pada sudut kemiringan 30° dengan nilai 12,9917 watt, dan daya minimum dicapai pada sudut kemiringan 10° dengan nilai 0,9251 watt. Kenaikan daya turbin disebabkan oleh peningkatan debit air yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan flow meter. Semakin efektif sudut *nozzle* yang digunakan, semakin tinggi pula debit air yang dihasilkan dan semakin meningkatkan daya generator pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala praktikum ini. Agar dapat menghitung efisiensi generator, perlu diketahui nilai daya generator dan daya turbin yang dimiliki dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$\eta = \frac{0,1724}{1,327} \times 100\%$ (menggunakan data pada sudut 30 °)
= 12,9917 %

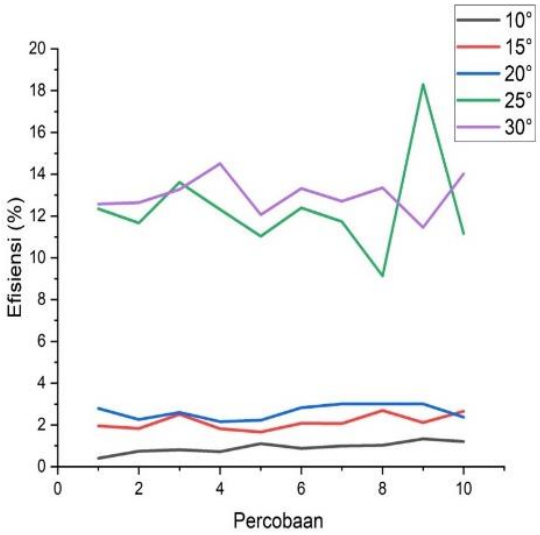
Maka, pada nilai sudut kemiringan 30°, didapatkan tingkat efisiensi generator pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala praktikum sebesar 12,9917%. Untuk mengetahui tingkat efisiensi generator pada setiap kemiringan sudut yang digunakan, dapat dilihat melalui gambar 7.



Gambar 7 Daya generator rata-rata

Berdasarkan gambar di atas, disimpulkan bahwa kemiringan sudut 30° menghasilkan daya generator yang paling efektif, sedangkan daya paling rendah terjadi pada kemiringan sudut 10°. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan daya generator terjadi dengan adanya perubahan sudut *nozzle* yang lebih efektif. Oleh karena itu, semakin efektif perubahan sudut *nozzle* maka akan

semakin efektif pula daya generator yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan memulai pengukuran pada sudut kemiringan 10° dengan menggunakan air dari area sungai dan memakai beban listrik yang terlalu tinggi. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya naik turunnya daya yang dihasilkan.



Gambar 8 Efisiensi Generator

Gambar tersebut menunjukkan bahwa efisiensi meningkat oleh karena adanya peningkatan sudut atau perubahan sudut yang diberikan. Semakin besar sudut yang diberikan, maka akan semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan. Efisiensi yang optimal adalah sebesar 12,9917% pada sudut 30°. Namun, ketika dibandingkan dengan sudut lain, efisiensi turbin lebih rendah seperti pada sudut 10° yang hanya memiliki efisiensi sebesar 0,9251%.

Pembahasan

1. Pengaruh sudut *nozzle* terhadap daya generator

Berdasarkan data yang diuji, sudut terbaik adalah 30° dengan daya rata-rata sebesar 8,46 Volt. Penelitian juga menunjukkan bahwa sudut *nozzle* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap output yang dihasilkan. Sudut 30° merupakan sudut yang paling efektif dan memiliki nilai efisiensi paling besar. Hasil penelitian serupa juga dilakukan oleh (Bayu Suka Yasa et al., 2022), di mana sudut *nozzle* 70° memiliki putaran turbin dan generator yang maksimal. Pada pengujian prototipe PLTMH dengan menggunakan turbin turgo, didapatkan hasil output maksimal pada sudut *nozzle* 70° dengan tegangan generator mencapai 36,126 Volt (tanpa beban) dan 8,296 Volt (setelah berbeban).

2. Efisiensi generator terhadap perubahan sudut *Nozzle*

Pada penelitian prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro, efisiensi terbesar terjadi pada sudut 30° dengan nilai 0,1724 Watt. Namun, pada sudut lebih kecil terjadi penurunan tingkat efisiensi secara berturut-turut. Hal ini disebabkan oleh kurang efisien dan konstruksi yang terlalu berat pada turbin dan generator yang digunakan, sehingga mempengaruhi putaran turbin. Penggunaan generator dengan daya minimal 240 Volt dan putaran generator maksimal juga berpengaruh pada efisiensi generator yang dihasilkan. Teori dari (Anthony, 2018)menjelaskan bahwa sebuah generator memiliki rugi-rugi pada komponen utamanya, seperti rugi inti dan rugi-rugi tembaga. Rugi-rugi tembaga ini dapat meningkatkan arus tahanan pada kawat belitan, yang dapat mengakibatkan daya generator tidak maksimal.

Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh sudut *nozzle* terhadap daya turbin menunjukkan bahwa semakin besar pipa dan semakin efektif sudut *nozzle*, semakin besar daya generator yang dihasilkan. Sudut kemiringan *nozzle* memiliki kontribusi tinggi terhadap daya generator dan turbin, dengan nilai kontribusi sebesar 45%. Pada sudut kemiringan 10°, nilai daya generator hanya sebesar 1,562 Watt, namun setiap kenaikan sudut 5° dapat meningkatkan daya sebesar 17,277 Watt. Hasil uji t menunjukkan bahwa sudut kemiringan berpengaruh positif terhadap daya generator. Perhitungan efisiensi generator menunjukkan bahwa kemiringan 30° memiliki nilai efisiensi terbesar sebesar 12,9971%. Efisiensi ini dapat dipengaruhi oleh jenis turbin dan generator yang digunakan, serta pipa yang

mempengaruhi aliran dan daya yang dihasilkan.

Bibliografi

Anthony, Z. (2018). *MESIN LISTRIK DASAR ITP PRESS*. http://www.press.itp.ac.id

Bayu Suka Yasa, I. P., Arta Wijaya, I. W., & Janardana, I. G. N. (2022). PENGARUH VARIASI SUDUT *NOZZLE* TERHADAP KECEPATAN PUTAR TURBIN DAN DAYA OUTPUT PADA PROTOTIPE PLTMH MENGGUNAKAN TURBIN TURGO. *Jurnal SPEKTRUM*, *9*(2). https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p13

Harfi, R., Setiadi, B., Yudian Afif, G., Studi Teknik Mesin, P., & Teknologi Industri, F. (2022). ANALISIS PENGARUH VARIASI NOSEL TERHADAP PUTARAN DAN DAYA TURBIN PADA PROTOTIPE TURBIN PELTON. In *PRESISI* (Vol. 24, Issue 2).

Sukamta, S., & Kusmantoro, A. (2014). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur*.

Sutoyo, E., Hartono, B., & Hermawan, Y. (2023). ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT KEMIRINGAN *NOZZLE* TERHADAP DAYA TURBIN PELTON SKALA LABORATORIUM. In *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 9, Issue 1).

Wardianto, D., Anwar, I., & Afdal. (2021). Pengujian Torsi dan Daya Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Mesin*, *11*(1).

Wayan, I., Saputra, B., & Weking, A. I. (2017). Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Overshot Wheel. *Teknologi Elektro*, *16*(02).

Wulandari, T. I., Herawati, H., & Yulianto, E. (2018). *PENGARUH DEBIT AIR DAN BUKAAN NOZZLE TERHADAP KINERJA DARI TURBIN PELTON SKALA LABORATORIUM*.