

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI LUAS SUDU PADA PLAT DATAR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON

**Ilham Galih Daru Kumara**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [ilham.18071@unesa.ac.id](mailto:ilham.18071@unesa.ac.id)

**Priyo Heru Adiwibowo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id](mailto:priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id)

### Abstrak

Keterbatasan energi listrik menjadi permasalahan yang paling mendasar di Indonesia. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menjadi salah satu pilihan sebagai upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut. Turbin *pelton* adalah salah satu jenis turbin PLTMH. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui luas sudu pada plat datar turbin *pelton* yang memiliki daya dan efisiensi paling optimal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan Luas sudu sebesar 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, dan 50 cm<sup>2</sup> pada turbin *pelton*. Jumlah sudu adalah 8 buah yang akan diuji dengan variasi kapasitas aliran air sebesar 0,001854 m<sup>3</sup>/s, 0,002005 m<sup>3</sup>/s, 0,002434 m<sup>3</sup>/s dan 0,003114 m<sup>3</sup>/s menggunakan nosel berdiameter 25,4 mm dengan jarak semprot 50 mm dan variasi pembebanan pula. Hasil dari penelitian ini pada variasi Luas sudu 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, dan 50 cm<sup>2</sup> didapatkan daya turbin tertinggi yang dihasilkan sebesar 38,678 watt pada Luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dengan kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s dipembebanan 40 kg. Sedangkan efisiensi paling optimal yang dihasilkan sebesar 48,97% pada Luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dengan kapasitas aliran air, 0,002005 m<sup>3</sup>/s dipembebanan 15 kg.

**Kata Kunci:** Daya, Efisiensi, Luas Sudu, Turbin *Pelton*.

### Abstract

Limited electrical energy is the most basic problem in Indonesia. Microhydro Power Plant (PLTMH) is one option as an effort to overcome these problems. *Pelton* turbine is one type of PLTMH turbine. The purpose of this study was to determine the blade area on the flat plate of the *Pelton* turbine which has the most optimal power and efficiency. This study used an experimental method by varying the blade area by 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, and 50 cm<sup>2</sup> on the *Pelton* turbine. The number of blades is 8 pieces to be tested with variations in water flow capacity of 0.001854 m<sup>3</sup>/s, 0.002005 m<sup>3</sup>/s, 0.002434 m<sup>3</sup>/s and 0.003114 m<sup>3</sup>/s using a nozzle with a diameter of 25.4 mm with a spray distance of 50 mm and loading variations as well. The results of this study on variations in the blade area of 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, and 50 cm<sup>2</sup> obtained the highest turbine power produced of 38.678 watts at a blade area of 50 cm<sup>2</sup> with a water flow capacity of 0.003114 m<sup>3</sup> / s loaded 40 kg. While the most optimal efficiency produced is 48.97% at a blade area of 50 cm<sup>2</sup> with a water flow capacity, 0.002005 m<sup>3</sup> / s loaded 15 kg.

**Keywords:** Power, Efficiency, Blade Area, *Pelton* Turbin.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah yang luas dan jumlah penduduk yang tinggi. Sebagai negara dengan kondisi geografis yang beragam dan jumlah penduduk yang tersebar, Indonesia masih menghadapi tantangan dalam pemenuhan energi bagi seluruh warganya. Pada tahun 2016, masih terdapat 7 juta rumah tangga atau sekitar 28 juta penduduk Indonesia yang belum memiliki akses listrik, terutama di daerah terpencil dan pedesaan. Indonesia memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang sangat besar. Potensi sumber daya tersebut dapat dimanfaatkan untuk menciptakan akses energi yang adil dan bersih. (IESR,2017).

Mikrohidro atau dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerakannya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alami dengan memanfaatkan ketinggian air terjun

dan jumlah debit air. Di sungai air anak terdapat potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang diandalkan, memiliki kontur yang sesuai dan telah dimanfaatkan untuk PLTMH, PLTMH umumnya merupakan pembangkit listrik jenis *run of river* diperoleh bukan dengan membangun bendungan besar, tetapi dengan mengalihkan aliran sungai ke satu sisi sungai kemudian dialirkan lagi ke sungai di tempat yang ketinggiannya berbeda telah diperoleh. Air akan memutar bilah turbin/kincir air (*runner*), kemudian air dikembalikan ke sungai asalnya. (Gunawan dkk., 2014)

Turbin *Pelton* adalah turbin impuls yang digunakan untuk permukaan air jatuh yang besar. Turbin *pelton* merupakan turbin dengan kecepatan spesifik yang relatif rendah dan menggunakan drop height yang sangat besar serta kapasitas air yang kecil dibandingkan dengan turbin jenis lainnya. (Irawan.,2014)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Dwi Fernanda & Heru adiwibowo, 2021) dengan judul “Pengaruh Variasi

Diameter Ujung Nozzle Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin *Pelton*". Hasil penelitian didapatkan daya turbin tertinggi pada kapasitas air 20 LPM dengan diameter nozzle 8 mm yaitu sebesar 2,508 Watt pada pembebanan 5000 gram. Kemudian efisiensi paling optimum terdapat pada kapasitas air 12 LPM dengan diameter nozzle 12 mm pada pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 57,51%.

Dalam Penelitian (Fauzy & Adiwibowo, 2020) yang berjudul "Studi eksperimental pengaruh variasi rasio diameter luar dan dalam sudu plat datar terhadap daya dan efisiensi turbin cross flow poros horizontal" Hasil dari penelitian didapatkan turbin dengan rasio diameter 0,6 memiliki daya tertinggi dan efisiensi yang paling optimal daripada turbin dengan rasio diameter 0,5, 0,65 dan 0,7. Daya tertinggi dimiliki oleh turbin dengan rasio diameter 0,6 yang terjadi pada kapasitas 14,32 L/s dengan pembebanan 5500 gram, memiliki daya sebesar 2,86 Watt. Efisiensi paling optimal juga dihasilkan oleh rasio diameter 0,6 pada kapasitas 14,32 L/s dengan pembebanan 5500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 74,18%.

Dalam penelitian (Akbar, 2016) yang berjudul "mempelajari bentuk sudu runner pada berbagai debit dengan ketinggian air masukan yang sama pada sistem mikrohidro skala laboratorium". Hasil Penelitian daya air yang dihasilkan turbin adalah 237,435 Watt, diperoleh putaran runner 496 rpm pada kombinasi roda gila besar, kecepatan spesifik 16,602 m/s, putaran dinamo 4337 rpm, dan menghasilkan daya listrik 82,5 Watt.

Untuk mengembangkan pengetahuan mengenai turbin air maka penulis berinisiatif membangun turbin air jenis *pelton* dengan memvariasikan kelengkungan sudu turbin *pelton*. Harapan dari uji eksperimen ini adalah menciptakan turbin *pelton* yang baik dari segi efisiensi dan daya yang diperoleh sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran mengenai energi terbarukan.

## METODE EKSPERIMEN

Metode yang digunakan pada penelitian kali ini adalah metode eksperimen. Menurut (Jaedun, 2011) metode eksperimen adalah metode untuk mengetahui adanya hubungan sebab akibat antara beberapa aspek atau unsur yang saling bersangkutan.

### • Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa variable yaitu;

#### Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini ada 3 (tiga) variasi yaitu variasi luas sudu pada plat datar 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, 50 cm<sup>2</sup>

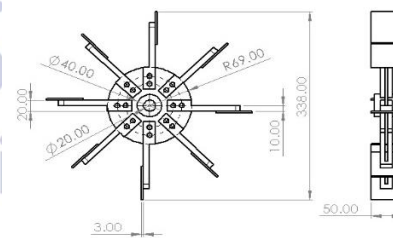
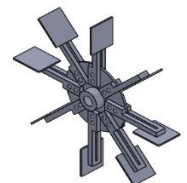
### • Variabel Terikat

Variabel terikat yang dipakai pada penelitian ini adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *pelton*.

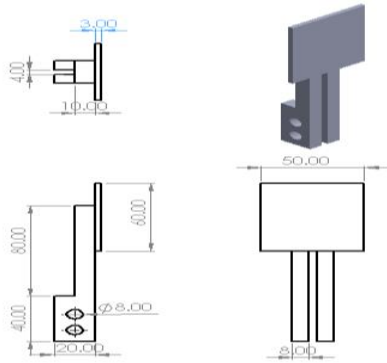
### • Variabel Kontrol

Dalam penelitian ini variabel kontrol yang digunakan yaitu:

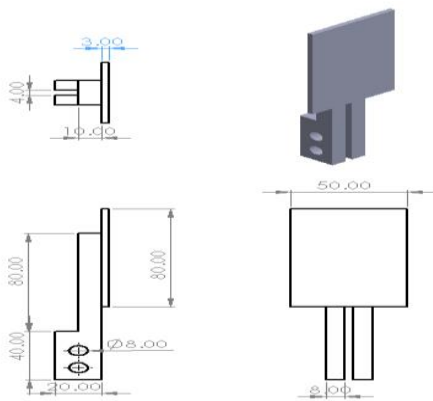
- Fluida kerja menggunakan fluida air.
- Kapasitas aliran air pada saat dilakukan pengujian yaitu sebesar 0,001854 m<sup>3</sup>/s, 0,002005 m<sup>3</sup>/s, 0,002434 m<sup>3</sup>/s dan 0,003114 m<sup>3</sup>/s
- Bukaannya katup disesuaikan pada 90°, 100°, 110°, dan 120°.
- Pembebanan pada saat kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s sebesar 5 kg, 10 kg, 12 kg, 15 kg, 16 kg, dan 17 kg.
- Pembebanan pada saat kapasitas aliran air , 0,002005 m<sup>3</sup>/s sebesar 5 kg, 10 kg, 15 kg, 17 kg, 20 kg, dan 21 kg.
- Pembebanan pada saat kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s sebesar 5 kg, 10 kg, 15 kg, 20 kg, 25 kg, 30 kg, 32 kg, 35 kg, 40 kg, dan 41 kg.
- Pembebanan pada saat kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s sebesar 10 kg, 20 kg, 30 kg, 35 kg, 37 kg, 40 kg, 45 kg, 47 kg, 50 kg, 60 kg, 70 kg, dan 75 kg.
- Diameter *nozzle* yang digunakan pada saat penelitian sebesar 25,4 mm, dengan jarak semprot *nozzle* sebesar 50 mm.
- Jumlah sudu yang digunakan pada saat penelitian sebanyak 8 buah.



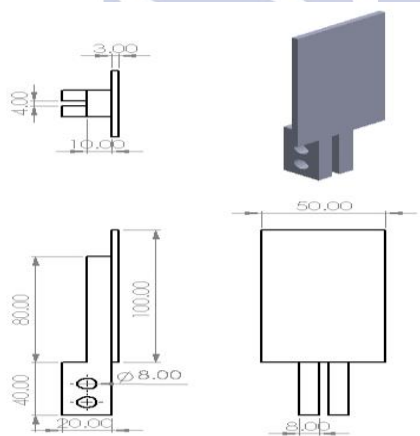
Gambar 1. Desain Runner



Gambar 2. Luas Sudu 30 cm<sup>2</sup>



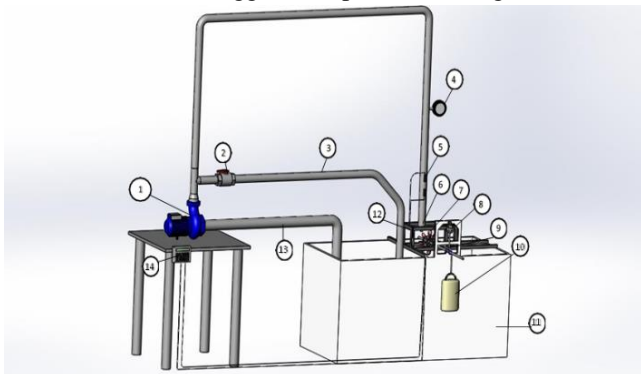
Gambar 3. Luas Sudu 40 cm<sup>2</sup>



Gambar 4. Luas Sudu 50 cm<sup>2</sup>

• **Peralatan dan Instrumen Penelitian**

Penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut:

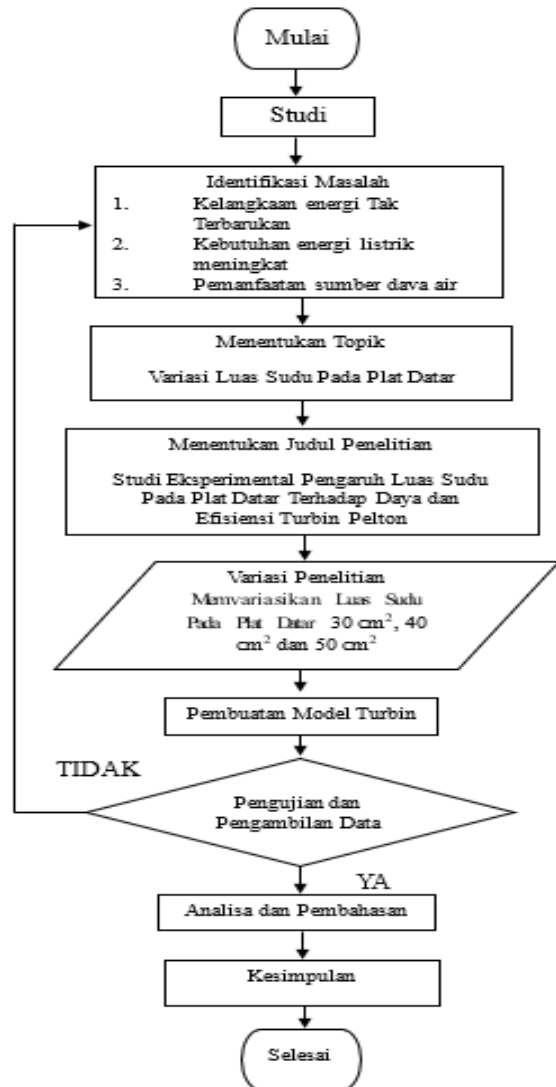


Gambar 5. Skema PLTMH

Keterangan:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. Pompa                 | 8. Neraca                               |
| 2. Katup                 | 9. <i>Prony Brake</i>                   |
| 3. Pipa Pembuangan       | 10. Beban                               |
| 4. <i>Pressure Gauge</i> | 11. Bak Penampung Air                   |
| 5. <i>Transducer</i>     | 12. Rumah Turbin                        |
| 6. <i>Nozzle</i>         | 13. Pipa Hisap                          |
| 7. Turbin Pelton         | 14. <i>Digital Ultrasonic Flowmeter</i> |

• **Diagram Alir Penelitian**



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

• **Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan agar penulis mendapatkan data yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ini. Tujuan penelitian berupa bentuk hipotesis yaitu semacam jawaban sementara mengenai pertanyaan penelitian. Data yang diambil akan ditentukan oleh beberapa variabel-variabel di hipotesis. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu dengan mengukur atau menguji obyek yang diteliti dan mencatat serta menghitung hasil tersebut.

• **Teknik Analisa Data**

Data yang sudah diambil dan diukur menggunakan alat ukur, selanjutnya data tersebut akan dikelompokkan dalam sebuah tabel dan disajikan dalam bentuk grafik agar memudahkan pembaca dalam memahami data penelitian. Hal ini dilakukan dengan tujuan memberikan informasi mengenai kinerja turbin yang optimal, pengaruh dari beberapa variabel dan fenomena yang terjadi selama pengujian dan pengambilan data.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

• **Hasil Penelitian**

Pengambilan data pada penelitian ini terdiri dari pengukuran dan perhitungan. Kapasitas aliran air diukur menggunakan *Digital Flowmeter*, beban menggunakan neraca, sedangkan putaran turbin pengukurannya menggunakan *tachometer*. Data diambil sebanyak 3 kali lalu dihitung menggunakan rumus, dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar dapat mengetahui perbandingan nilai dalam setiap variasi. Data yang disajikan dikelompokkan setiap kapasitas aliran air agar bisa melihat perbandingan dari setiap variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, 50 cm<sup>2</sup>. Beberapa perhitungan mendapatkan data tersebut yaitu:

- Luas Penampang Ujung *Nozzle* (A)

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

A = Luasan ujung *nozzle* (m<sup>2</sup>)  
 d = Diameter dalam *nozzle* (m)

- Kecepatan Aliran Air (v)

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

v = Kecepatan aliran (m/s)  
 Q = Debit aliran air (m<sup>3</sup>/s)  
 A = Luasan ujung *nossel* (m<sup>2</sup>)

- Kecepatan Anguler/tangensial (ω)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot 60 \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

ω = Kecepatan anguler / tangensial (rad/s)  
 n = Putaran turbin (rpm)

- Gaya (F)

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

F = Gaya (N)  
 M = Beban (Kg)  
 g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

- Torsi (T)

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots(5)$$

Dengan:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = Lengan / jari-jari (m)

- Daya Turbin (Pt)

$$Pt = T \cdot \omega \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

Pt = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

- Daya Air (Pa)

$$Pa = Ek + Pp \dots\dots\dots(7)$$

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(8)$$

$$Pp = Q \cdot P \dots\dots\dots(9)$$

Dengan:

Pa = Daya air (watt)

Ek = Energi Kinetik (watt)

Pp = Daya Tekan (watt)

ρ = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

A = Luas Ujung *Nozzle* (m<sup>2</sup>)

v = Kecepatan Aliran (m/s)

Q = Debit aliran turbin (m<sup>3</sup>/s)

P = Tekanan Air (N/m<sup>2</sup>)

- Efisiensi Turbin

$$\eta = \frac{Pt}{Pa} \cdot 100\% \dots\dots\dots(10)$$

Dengan:

η = Efisiensi turbin

Pt = Daya turbin (Watt)

Pa = Daya air (Watt)

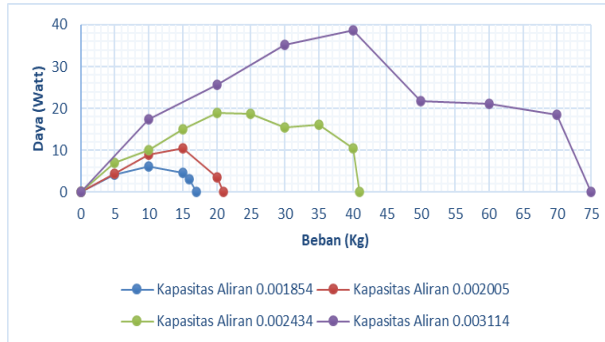
• **Pembahasan**

Data penelitian yang sudah didapatkan kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat perbandingan daya tertinggi dan efisiensi optimal dari ketiga variasi luas sudu pada turbin *pelton*. Data disajikan berdasarkan kapasitas aliran air pada setiap variasi bukaan katup yang digunakan.



**Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Daya Turbin Berpenampang Datar pada Luas Sudu 50 cm<sup>2</sup>**

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Variasi Kapasitas Aliran Air pada Luas Sudu 50 cm<sup>2</sup>



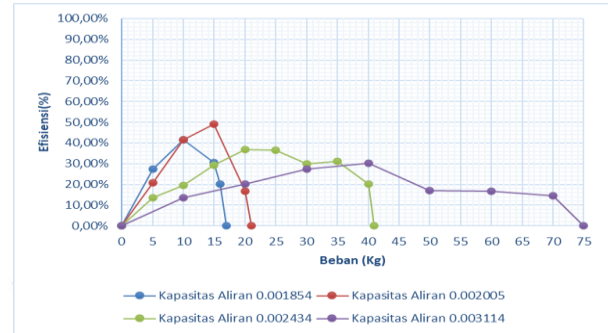
Gambar 7. Garfik Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Daya Turbin pada luas sudu 50 cm<sup>2</sup>

Daya turbin pelton luas sudu 50cm<sup>2</sup> sesuai yang ditunjukkan pada gambar 7. Variasi bukaan katup 90° yang memiliki kapasitas air sebesar 0,001854 m<sup>3</sup>/s , daya turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 6,208 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 17 kg. Variasi bukaan katup 100° yang memiliki kapasitas air 0,002005 m<sup>3</sup>/s, daya turbin tertinggi pada pembebanan 15 kg menghasilkan daya sebesar 10,399 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 21 kg. Variasi bukaan katup 110° yang memiliki kapasitas air sebesar 0,002434 m<sup>3</sup>/s , daya turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 19,035 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 41 kg. Variasi bukaan katup 120° yang memiliki kapasitas air 0,003114 m<sup>3</sup>/s, daya turbin tertinggi pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 38,679 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 75 kg.

Dari gambar 7. dapat disimpulkan bahwa nilai daya tertinggi luas sudu 50cm<sup>2</sup> yakni pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s dan pembebanan 40 kg memiliki nilai daya tertinggi yaitu 38,679 Watt. Hal ini terjadi karena kapasitas aliran air yang meningkat menyebabkan putaran turbin semakin besar, putaran turbin yang besar menghasilkan daya turbin yang semakin besar pula begitu juga sebaliknya, karena di luas sudu 50cm<sup>2</sup> lebih banyak menampung air yang keluar dari nosel dibandingkan 40cm<sup>2</sup> dan 30cm<sup>2</sup>. Sedangkan penurunan daya disebabkan karena pembebanan semakin besar yang membutuhkan gaya dorong yang besar pula agar turbin mampu berputar.

**Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Efisiensi Turbin Berpenampang Datar pada Luas Sudu 50 cm<sup>2</sup>**

Tabel 2. Hasil Perhitungan Efisiensi Variasi Kapasitas Aliran Air pada Luas Sudu 50 cm<sup>2</sup>



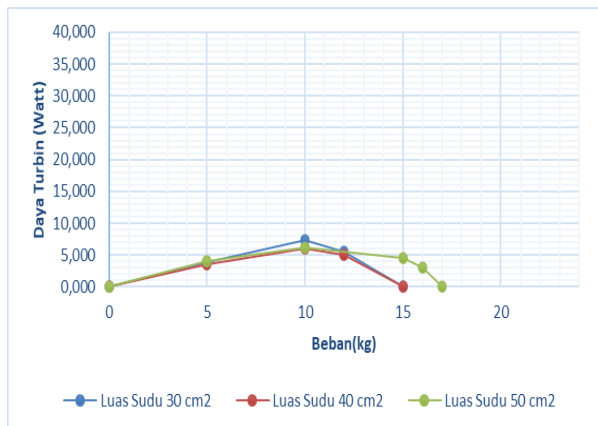
Gambar 8. Garfik Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Efisiensi Turbin pada Luas Sudu 50 cm<sup>2</sup>

Efisiensi turbin pelton luas sudu 50cm<sup>2</sup> sesuai yang ditunjukkan pada gambar 8. Variasi bukaan katup 90° yang memiliki kapasitas air sebesar 0,001854 m<sup>3</sup>/s , efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi sebesar 41,45%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 17 kg. Variasi bukaan katup 100° yang memiliki kapasitas air 0,002005 m<sup>3</sup>/s, efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 15 kg menghasilkan efisiensi sebesar 48,97%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 21 kg. Variasi bukaan katup 110° yang memiliki kapasitas air sebesar 0,002434 m<sup>3</sup>/s , efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan efisiensi sebesar 36,87%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 41 kg. Variasi bukaan katup 120° yang memiliki kapasitas air 0,003114 m<sup>3</sup>/s, efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 40 kg menghasilkan efisiensi sebesar 30,32%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 75 kg.

Dari gambar 8. dapat disimpulkan bahwa efisiensi tertinggi luas sudu 50cm<sup>2</sup> yakni pada kapasitas aliran air 0,002005m<sup>3</sup>/s dan pembebanan 15 kg yaitu 48,97%. Hal ini disebabkan pada kapasitas aliran air 0,002005m<sup>3</sup>/s mengeluarkan daya air pada nosel menabrak sudu 50cm<sup>2</sup> lebih merata dari pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s dan dengan kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s dan 0,003114 m<sup>3</sup>/s mempunyai tekanan yang cukup kuat untuk menabrak sudu sehingga menimbulkan efek wiru, namun pada titik tertentu terjadi penurunan nilai efisiensi yang dihasilkan, disebabkan semakin besarnya pembebanan yang diberikan sehingga perlu adanya gaya lebih besar untuk memutar turbin.

### Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Daya Turbin pada Kapasitas Aliran 0,001854 m<sup>3</sup>/s

Tabel 3. Daya Turbin pada Kapasitas Aliran Air 0,001854 m<sup>3</sup>/s



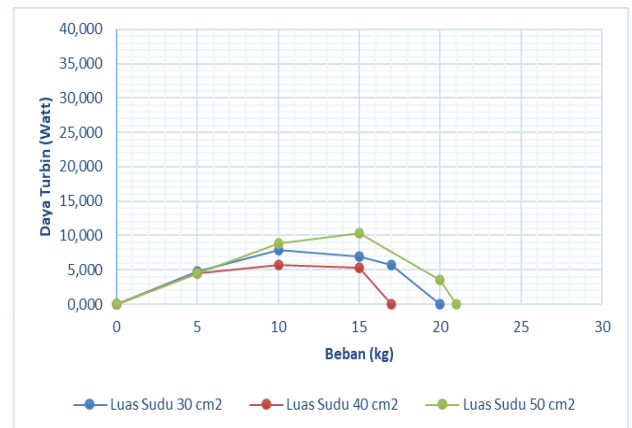
Gambar 9. Grafik daya turbin pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 9. Daya turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki daya tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 7,337 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 6,117 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 6,208 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 17 kg.

Dari gambar 9. Dapat disimpulkan bahwa nilai daya tertinggi pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 10 kg memiliki nilai daya tertinggi yaitu 7,337 watt. Putaran turbin yang besar menghasilkan daya turbin yang semakin besar pula begitu juga sebaliknya. Sedangkan penurunan daya disebabkan karena pembebanan semakin besar yang membutuhkan gaya dorong yang besar pula agar turbin mampu berputar. Hal ini terjadi karena kekuatan kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s yang keluar dari nosel dan menabrak sudu 30 cm<sup>2</sup> lebih merata dibandingkan 40 cm<sup>2</sup> dan 50 cm<sup>2</sup>.

### Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Daya Turbin pada Kapasitas Aliran 0,002005 m<sup>3</sup>/s.

Tabel 4. Daya Turbin pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m<sup>3</sup>/s



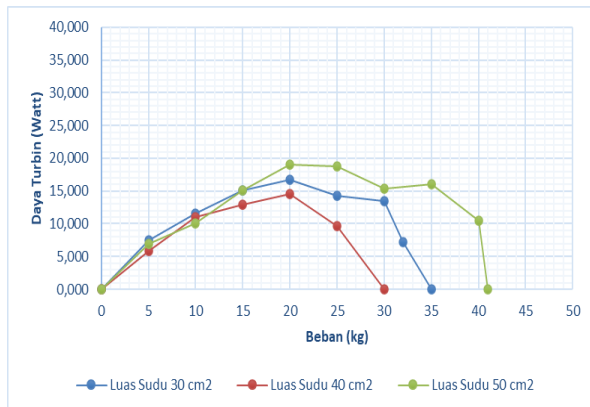
Gambar 10. Grafik daya turbin pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 10. Daya turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki daya tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 7,902 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 20 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 5,766 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 15 kg menghasilkan daya sebesar 10,398 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 21 kg.

Dari gambar 10. dapat disimpulkan bahwa nilai daya tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 15 kg memiliki nilai daya tertinggi yaitu 10,398 Watt. Hal ini terjadi karena kapasitas aliran air yang meningkat menyebabkan putaran turbin semakin besar, putaran turbin yang besar menghasilkan daya turbin yang semakin besar pula begitu juga sebaliknya, karena di luas sudu 50 cm<sup>2</sup> lebih banyak menampung air yang keluar dari nosel dibandingkan 40 cm<sup>2</sup> dan 30 cm<sup>2</sup>. Sedangkan penurunan daya disebabkan karena pembebanan semakin besar yang membutuhkan gaya dorong yang besar pula agar turbin mampu berputar.

**Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Daya Turbin pada Kapasitas Aliran 0,002434 m<sup>3</sup>/s.**

Tabel 5. Daya Turbin pada Kapasitas Aliran Air 0,002434 m<sup>3</sup>/s.



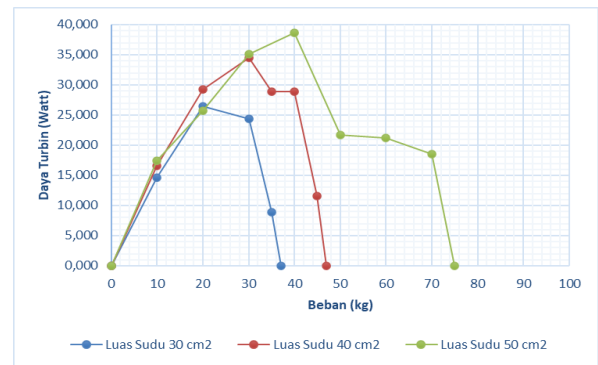
Gambar 11. Grafik daya turbin pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 11. Daya turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki daya tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 16,661 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 35 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki daya tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 14,496 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 30 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 19,035 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 41 kg.

Dari gambar 11. dapat disimpulkan bahwa nilai daya tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 20 kg memiliki nilai daya tertinggi yaitu 19,035 Watt. Hal ini terjadi karena kapasitas aliran air yang meningkat menyebabkan putaran turbin semakin besar, putaran turbin yang besar menghasilkan daya turbin yang semakin besar pula begitu juga sebaliknya, karena di luas sudu 50cm<sup>2</sup> lebih banyak menampung air yang keluar dari nosel dibandingkan 40cm<sup>2</sup> dan 30cm<sup>2</sup>. Sedangkan penurunan daya disebabkan karena pembebanan semakin besar yang membutuhkan gaya dorong yang besar pula agar turbin mampu berputar

**Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Daya Turbin pada Kapasitas Aliran 0,003114 m<sup>3</sup>/s.**

Tabel 6. Daya Turbin pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m<sup>3</sup>/s.



Gambar 12. Grafik Daya Turbin kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 12. Daya turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki daya tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 26,395 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 37 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 30 kg menghasilkan daya sebesar 34,502 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 47 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 38,678 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 75 kg.

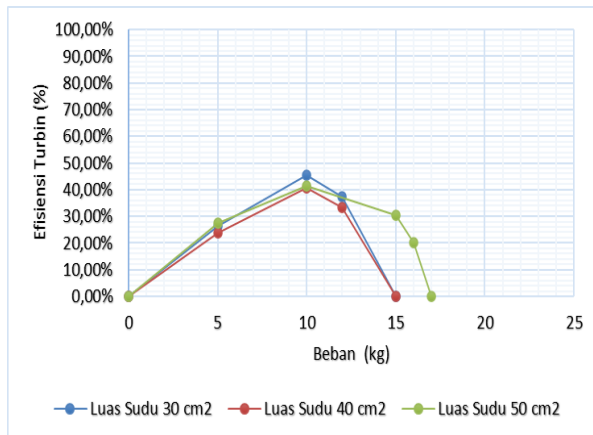
Dari gambar 12 dapat disimpulkan bahwa nilai daya tertinggi pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 40 kg memiliki nilai daya tertinggi yaitu 38,678 Watt. Hal ini terjadi karena kapasitas aliran air yang meningkat menyebabkan putaran turbin semakin besar, putaran turbin yang besar menghasilkan daya turbin yang semakin besar pula begitu juga sebaliknya, karena di luas sudu 50cm<sup>2</sup> lebih banyak menampung air yang keluar dari nosel dibandingkan 40cm<sup>2</sup> dan 30cm<sup>2</sup>. Sedangkan penurunan daya disebabkan karena pembebanan semakin besar yang membutuhkan gaya dorong yang besar pula agar turbin mampu berputar

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa meningkatnya kapasitas aliran air memengaruhi besarnya daya turbin karena putaran dan torsi turbin yang berbeda dalam setiap pembebanan. Pembebanan yang terus meningkat pada saat pengujian menyebabkan torsi pada turbin menjadi semakin besar. Apabila gaya turbin tidak cukup besar menahan beban maka putaran turbin akan berkurang hingga turbin berhenti berputar. Pada penelitian ini dari ketiga variasi luas sudu, daya turbin tertinggi terletak pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dengan kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s pada pembebanan 40 kg sebesar 38,678 Watt.



### Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,001854 m<sup>3</sup>/s

Tabel 7. Efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s



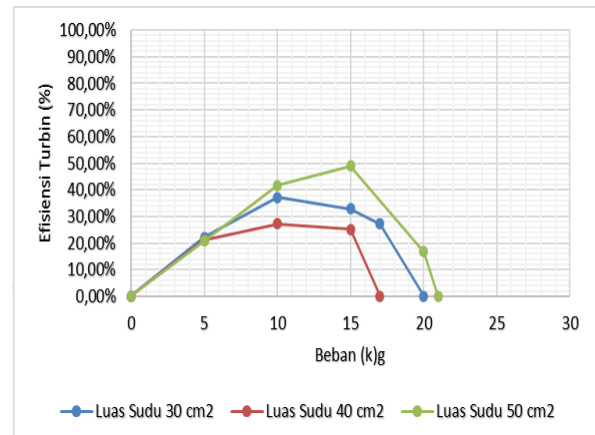
Gambar 13. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 13. Efisiensi turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi sebesar 45,51%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi sebesar 40,84%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi sebesar 41,45%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 17 kg.

Dari gambar 13. dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,001854 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 10 kg memiliki nilai efisiensi tertinggi yaitu 45,51%. Hal ini disebabkan kecepatan air yang besar, sehingga gayadorong yang diberikan sanggup membuat turbin berputar meski pembebanan semakin meningkat, adanya penurunan disebabkan karena pembebanan semakin besar dan gaya yang diperlukan besar juga untuk memutar turbin.

### Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m<sup>3</sup>/s

Tabel 8. Efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s



Gambar 14. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s

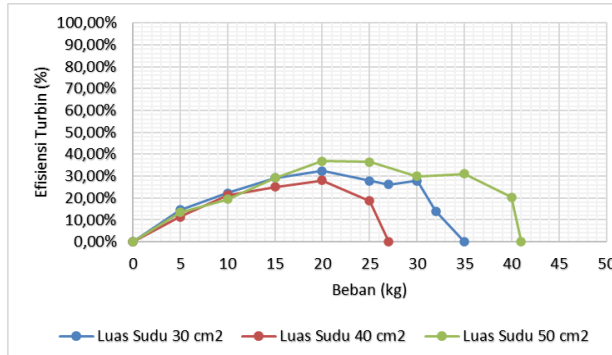
Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 14. Efisiensi turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi tertinggi pada pembebanan 10kg menghasilkan daya sebesar 37,21%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 20 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 27,15%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 17 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 15 kg menghasilkan daya sebesar 48,97%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 21 kg.

Dari gambar 14. dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002005 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 15 kg memiliki nilai efisiensi tertinggi yaitu 48,97%. Hal ini disebabkan kecepatan air yang besar, sehingga gayadorong yang diberikan sanggup membuat turbin berputar meski pembebanan semakin meningkat, adanya penurunan disebabkan karena pembebanan semakin besar dan gaya yang diperlukan besar juga untuk memutar turbin.



**Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002434 m<sup>3</sup>/s.**

Tabel 9. Efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s



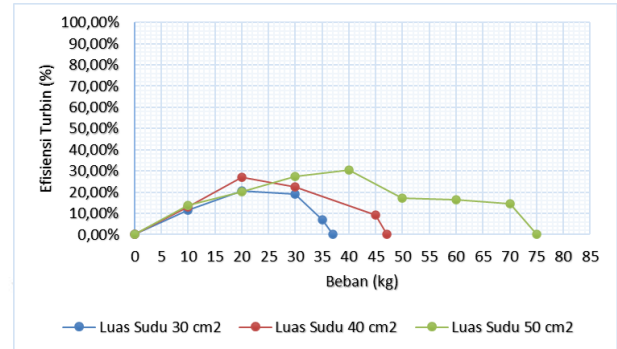
Gambar 15. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 15. Efisiensi turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi tertinggi pada pembebanan 20kg menghasilkan daya sebesar 32,28%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 35 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 28,08%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 27 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 36,87%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 41 kg.

Dari gambar 15. dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002434 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 20 kg memiliki nilai efisiensi tertinggi yaitu 36,87%. Hal ini disebabkan kecepatan air yang besar, sehingga gaya dorong yang diberikan sanggup membuat turbin berputar meski pembebanan semakin meningkat, adanya penurunan disebabkan karena pembebanan semakin besar dan gaya yang diperlukan besar juga untuk memutar turbin.

**Pengaruh Variasi Luas Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m<sup>3</sup>/s.**

Tabel 10. Efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s



Gambar 16. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 16. Efisiensi turbin variasi luas sudu 30 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 20,69%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 37 kg. Daya turbin variasi luas sudu 40 cm<sup>2</sup> memiliki efisiensi turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 27,05%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 47 kg. Daya Turbin variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki daya turbin tertinggi pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 30,32%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 75 kg.

Dari gambar 16. dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,003114 m<sup>3</sup>/s terdapat pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dan pembebanan 40 kg memiliki nilai efisiensi tertinggi yaitu 30,32%. Hal ini disebabkan kecepatan air yang besar, sehingga gaya dorong yang diberikan sanggup membuat turbin berputar meski pembebanan semakin meningkat, adanya penurunan disebabkan karena pembebanan semakin besar dan gaya yang diperlukan besar juga untuk memutar turbin.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa besarnya efisiensi sebuah turbin dipengaruhi oleh daya turbin dan daya air. Ketika daya air yang digunakan semakin besar sementara daya turbin yang dihasilkan tidak terlalu besar maka nilai efisiensi akan menurun, maka hasil efisiensi yang didapatkan cukup tinggi Pada penelitian ini dari ketiga variasi luas sudu, efisiensi tertinggi terletak pada variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> dengan kapasitas aliran 0,002005 m<sup>3</sup>/s. pada pembebanan 15 kg dengan nilai efisiensi 48,97%

**PENUTUP****Simpulan**

Dilihat dari hasil penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan. Maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Dari ketiga variasi dalam penelitian ini, variasi Luas sudu 50 cm<sup>2</sup> memiliki luas penampang lebih besar diantara 2 variasi yang lain, yaitu 30 cm<sup>2</sup> dan 40 cm<sup>2</sup>. sehingga daya air yang di terima oleh sudu 50 cm<sup>2</sup> jauh lebih banyak dan menghasilkan daya yang besar, dari pada luas sudu variasi 30 cm<sup>2</sup> dan 40 cm<sup>2</sup>, sehingga daya turbin yang dihasilkan lebih besar. Daya maksimal dihasilkan dari pengujian turbin dengan dengan variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup>, yaitu sebesar 38,678 Watt dengan pembebanan 40 kg pada kapasitas 0,003114 m<sup>3</sup>/s.
- Efisiensi turbin dipengaruhi oleh besarnya daya turbin dan daya air. Daya air adalah daya yang diberikan kepada turbin, sedangkan daya turbin adalah daya yang dihasilkan turbin. Prinsip dari efisiensi adalah memaksimalkan daya yang dihasilkan, sehingga efisiensi yang optimal Ketika daya yang dihasilkan semaksimal mungkin, namun dengan daya masuk seminimal mungkin. Sehingga Efisiensi yang paling optimal dihasilkan dari turbin dengan variasi luas sudu 50 cm<sup>2</sup> yaitu sebesar 48,97% dengan pembebanan 15 kg pada kapasitas Aliran 0,002005 m<sup>3</sup>/s yaitu bukaan katup 100°.

**Saran**

Menurut hasil penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan. Terdapat saran untuk dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai visualisasi proses aliran air yang menabrak luas sudu pada setiap variasi dan bukaan katup tertentu

**DAFTAR PUSTAKA**

- Akbar, M. B. (2016). *DEBIT DENGAN KETINGGIAN AIR MASUKAN YANG OLEH*. 1–8.
- Fauzy, R. I., & Adiwibowo, P. H. (2020). Studi Ekperimental Pengaruh Variasi Rasio Diameter Luar Dan Dalam Sudu Plat Datar Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin, Vol 08(02)*, 77–85.
- Fernanda, A. D., & Adiwibowo, P. H. (2021). PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON. 2021, 1–10.
- Gunawan, A., Oktafeni, A., & Khabzli, W. (2014). Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Rekayasa Elektrika, 10(4)*, 28–36. <https://doi.org/10.17529/jre.v10i4.1113>
- IESR. (2017). Energi Terbarukan. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9)*, 1689–1699.
- Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai

Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 3(1)*, 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i1.17>

Jaedun, A. (2011). Oleh : Amat Jaedun. *Metodologi Penelitian Eksperimen*, 0–12.