

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SEKAT SUDU BERPENAMPANG MANGKUK TUNGGAL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON

Muhammad Arifin

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Email : muhammadarifin.19064@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Email : priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan akan energi di Indonesia harus selaras dengan pemenuhan kebutuhan energi, oleh karena itu pembangkit listrik berbasis energi terbarukan (EBT) perlu dikembangkan. salah satunya yaitu turbin pelton yang termasuk dari PLTMH, pemilihan turbin pelton didasarkan pada tingkat efisiensi dengan baik. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh sekat pada sudu mangkuk tunggal terhadap efisiensi dan juga adanya yang paling optimal. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan cara mengoptimasikan sekat pada sudu tanpa sekat, satu sekat dan dua sekat pada turbin pelton. Jumlah sudu sebanyak 8 dengan variasi kapasitas air sebesar 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s dan 0,003114 m³/s menggunakan nosel berdiameter 25,4 mm dengan jarak semprot 50 mm. Sedangkan untuk mendapatkan daya dan efisiensi pada turbin pelton digunakan variasi pembebanan sebesar 5 kilogram, 10 kilogram, 15 kilogram dan terus bertambah sampai berhenti.

Penelitian ini menghasilkan daya maksimum pada variasi sekat satu 60,0896835 Watt pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s dengan pembebanan 40kg dan juga mempunyai daya tahan pembebanan sampai 100kg. Sedangkan efisiensi optimum pada variasi tanpa sekat 76,97% pada kapasitas air 0,001854 m³/s dengan pembebanan 10 kg dan memiliki ketahanan pembebanan hingga 22 kg.

Kata Kunci: Turbin, energi, listrik

Abstract

Increasing energy needs in Indonesia must be in line with meeting energy needs, therefore renewable energy-based power plants (EBT) need to be developed. one of them is the Pelton turbine which is included in the PLTMH, the selection of the Pelton turbine is based on a good level of efficiency. This study aims to determine the effect of insulation on a single bowl blade on the most optimal power and efficiency. This study used an experimental method by varying the baffle on the blade, namely, without baffle, one baffle and two baffle on the Pelton turbine. The number of blades is 8 with variations in water capacity of 0.001854 m³/s, 0.002005 m³/s, 0.002434 m³/s and 0.003114 m³/s using a nozzle with a diameter of 25.4 mm with a spray distance of 50 mm. Meanwhile, to get the power and efficiency of the Pelton turbine, a loading variation of 5 kilograms, 10 kilograms, 15 kilograms is used and continues to increase until it stops. This study produces maximum power at a single partition variation of 60.0896835 Watt at a water flow capacity of 0.003114 m³/s with a loading of 40kg and has a load resistance of up to 100kg. While the optimum efficiency for the unscreened variation is 76.97% at a water capacity of 0.001854 m³/s with a loading of 10 kg and has a load resistance of up to 22 kg.

Keywords: Turbine, energy, electricity.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik merupakan suatu sumberdaya yang memang selalu dibutuhkan oleh seluruh lapisan masyarakat. Maka dari itu diperlukan adanya pemenuhan terhadap keterbatasan ketersediaan energi listrik. Berdasarkan hasil dari perhitungan oleh penulis dapat diambil kesimpulan yaitu kebutuhan energi di Indonesia sendiri pada sektor rumah tangga menduduki posisi pertama dengan proyeksi di tahun 2025 dengan besar

6.092,49 GWh, lalu diikuti oleh sektor bisnis dengan besar 1.280,62 GWh, dunia industri sebesar 1.101,62 GWh, bidang sosial sebesar 256,61 GWh, untuk penerangan jalan raya dengan besar 186,77 GWh, dan juga pada gedung kantor pemerintahan dengan besar 143,41 GWh, besarnya kapasitas pembangkit yang akan dibutuhkan sampai dengan tahun 2025 dengan kapasitas total 3.681,54 Mw. (Hakimah, 2019)

Mengingat kebutuhan diatas, dengan melihat potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang tersebar di

wilayah negara Indonesia diproyeksikan memiliki kapasitas sebesar 75.000 Mw, akan tetapi dalam saat ini sementara yang hanya dimanfaatkan sekitar 2,5 % dari kapasitas total yang tersedia. Salah satunya adalah turbin air yang menjadi pengubah energy potensial menjadi ebergi torsi/putar yang bisa dimanfaatkan untuk dasar penggerak pada generator pembangkit listrik hal itu digunakan untuk wilayah dengan sumber air begitu memberi untung, apabila mengadopsi teknologi pembangkit listrik dengan tenaga air. PLTMH atau disebut juga dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro sebagai salah satu pembangkit energi listrik yang memiliki beberapa keunggulan seperti: proyeksi pada air yang banyak/melimpah, Teknologi yang mumpuni yang mampu beroperasi dengan jangka waktu kurang lebih 50 tahun.

PLTMH adalah teknologi yang tidak mencemari lingkungan seperti batu bara dan juga ramah dengan lingkungan, juga memiliki Efisiensi yang cukup tinggi sekitar kurang lebih(70-85 persen), menggunakan energy yang terbarukan, minim mengeluarkan polusi, memiliki sumber yang terseedia banyak , untuk pembangunannya juga membutuhkan biaya yang cenderung rendah pada pembangkitnya, membantu upaya dalam proses penyelamatan lingkungan, untuk pembangkit listrik tenaga air ini mempunyai keluaran sebesar 10 kW – 100 kW dan sumbernya bisa dari Air tawar (seperti halnya: Sungai, danau, air terjun). Dan juga pembangkit ini memiliki kekurangan seperti dibutuhkan total Investasi awal yang cukup besar, memiliki masalah ketika musim kemarau datang, bergantung pada debit air yang menjadi sumbernya, dan (Rohermanto Agus, 2007).

Untuk itu fokus pemanfaatan aliran air yang relatif kecil pada desa terpencil lebih bisa dimaksimalkan melalui pembangunan turbin pelton mikro dimana air yang dialirkan melalui kincir air pelton yang kemudian disalurkan menuju generator. Turbin ini juga tergolong kedalam turbin impuls. Mengenai Karakteristiknya yaitu aliran air yang masuk kedalam runner pada tekanan udara biasa atau bisa disebut juga dengan tekanan atmosfer. Turbin pelton yang kecil memiliki kapasitas lebih kecil dari turbin pelton. Mengenai datanya turbin mikro menampilkan kapasitas pembangkit sebesar 5 kW-50 kW(Poea et al., 2013)

Menurut (Y. Pramesti, 2018) penelitiannya yang berjudul “Analisa Pengaruh Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Poros Horizontal dan Vertikal” dengan memiliki analisis data, dengan macam-macam besar sudut 5°, 10°, 15° dengan beberapa macam aliran dengan debit 50, 70 dan 90 m³/jam. Dan juga pada turbin yang beroperasi ini menggunakan teknik dan jenis poros vertikal dan horizontal. Daya keluar yang mampu dihasilkan dari turbin ini berkisar 1,53 Watt terbentuk

pada aliran air dengan debit 90 m³/jam ditambah dengan kemiringan sebesar 15°. Dan juga daya keluar yang mampu dihasilkan oleh turbin ini berbanding lurus dengan aliran air yang dipakai. Semakin besar debit air yang mengalir juga dapat menghasilkan daya yang besar pula. Dan juga efisiensi yang optimal dengan nilai 18% akan tercapai apabila aliran sebesar 50 m³/jam dengan elevasi sudut 15°. Turbin yang memiliki poros sejajar atau horizontal mempunyai daya serta efisiensi cenderung lebih besar apabila disandingkan dengan turbin poros vertikal.

Prototype turbin pelton dibuat untuk memudahkan penelitian, menurut (Fernanda & Adiwibowo, 2021) yang berjudul “Pengaruh Variasi Diameter Ujung Nossel Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton”, dengan sudu pipa elbow ukuran 0,5 inch, kapasitas air 12 LPM, 16 LPM, 20LPM, jarak semprot nossel 5cm, dengan variasi perbandingan diameternya dengan ujung nossel 8mm, 10mm, 12mm membuktikan bahwa setelah melalui beberapa proses pembuatan dan juga pengujian secara langsung. Turbin ini mendapatkan kesimpulan berikut ini.

Daya maksimal yang dapat dihasilkan didiameter nossel dengan panjang 8 mm pada pembebanan 5000 gram dan kapasitas 20 LPM yaitu sebesar 2,508 watt lalu daya yang terendah didapatkan dengan diameter nossel 12 mm pada pembebanan 2500 gram dengan kapasitas 16 LPM yaitu sebesar 0,053 Watt , efisiensi paling optimal terlihat pada kapasitas 12 LPM dengan diameter ujung nossel 12 mm pada pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 57,51%. Lalu terdapat juga efisiensi terendah dinossel dengan diameter ujung nossel 12 mm pada kapasitas air 16 LPM yaitu sebesar 6,87% pada pembebanan 2500 gram.

Bentuk pada sudu juga mempengaruhi pada daya serta efisiensi turbin dimana fungsinya sendiri sebagai penerima energi kinetik dari air melalui nossel. Dengan merubah bentuk sudu datar menjadi bentuk sudu lengkung disimpulkan bahwa sudu hasil modifikasi yang berbentuk lengkung memiliki besaran daya lebih optimal dibandingkan sudu sebelumnya pada kondisi BELUM DIMODIFIKASI, yaitu dari 0,05 Watt menjadi 0,08 Watt pada ketinggian 1.5 meter. Dari sisi putaran, putaran tertinggi dihasilkan pada ketinggian 1,5 meter yaitu 41,7 Rpm dari sebelumnya 38,3 Rpm. Untuk beda potensial, tegangan yang tertinggi dihasilkan pada ketinggian 1,5 meter yaitu 0,198 Volt yang sebelumnya 0,128 Volt (Wiyono et al., 2018) dengan judul “Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu”.

Begitu juga dengan model sudu, sebagai modifikasi dari bentuk sudu dimana hal ini juga memiliki pengaruh pada daya dan efisiensi turbin. Menurut (Bagus Prasetro & Adiwibowo, 2016) menyatakan bahwa Daya dan juga

efisiensi paling optimal didalam penelitian ini mendapatkan dikeadaan kapasitas 7,4923 L/s dengan pembebanan 2 Kg pada turbin dengan modifikasi sudu satu sekat yaitu sebesar 2,28679 Watt dan 78,56929 %. Dan juga semakin tinggi pembebanan dan kapasitas debit aliran air yang dialirkan maka daya serta efisiensi turbin yang dipakai juga ikut tinggi. Dengan variabel bebas sudu tanpa sekat, sudu satu sekat, sudu dua sekat.

Ada banyak mahasiswa yang sudah melakukan penelitian yang berhubungan dengan modifikasi bentuk sudu, namun masih belum ada yang melakukan modifikasi bentuk sudu turbin air jenis pelton. Rata-rata memiliki tujuan untuk mengembangkan pengetahuan lebih luas lagi tentang turbin air. Dengan begitu penulis memiliki gagasan guna membuat prototype turbin pelton sudu mangkuk dengan modifikasi bentuk tanpa sekat, satu sekat dan dua sekat. Harapannya dengan pembuatan dan perancangan ini untuk menghasilkan jenis turbin pelton yang lebih baik lagi dari sudut pandang efektif serta daya yang mampu dihasilkan yang kemudian dapat digunakan dalam skala yang lebih kecil.

METODE

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang dipakai oleh peneliti merupakan jenis penelitian eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode yang mengaitkan hubungan sebab akibat antara variabel yang dipilih dengan saling berkaitan. Pada penelitian ini penulis memberikan variasi sekat pada sudu dengan bentuk mangkuk tunggal guna mencari daya dan efisiensi paling optimal. Penelitian ini dilaksanakan melalui alat-alat yang sudah disesuaikan terlebih dahulu.

Waktu

Waktu yang diperlukan untuk pengerjaan dalam penelitian setelah proposal skripsi disidangkan atau setelah seminar proposal dan telah disetujui hingga data dan analisa yang dibutuhkan.

Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida yang berada di Gedung A.8 lantai 2 Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dengan proses pembuatan dilakukan di bengkel sudah berkerjasama.

Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini yaitu tingkat efisien dan daya dihasilkan oleh turbin pelton dengan variabel bebas sekat sudu mangkuk tunggal dan jumlah tanpa sekat, satu sekat, dan dua sekat.

Variabel Penelitian

Menurut (Sugiyono, 2013) variabel penelitian merupakan obyek atau kegiatan yang punya varian tertentu yang bisa ditetapkan sendiri oleh peneliti yang bertujuan untuk dipelajari, diamati dan kemudian diambil kesimpulan.

Pada eksperimen penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

- **Variabel Bebas (Independent)**

Menurut (Sugiyono, 2013) variabel bebas adalah variabel yang bisa menjadi sebab timbulnya variabel variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variasi sekat sudu mangkuk tunggal yaitu sudu tanpa sekat, sudu satu sekat, sudu dua sekat.

- **Variabel Terikat (Dependent)**

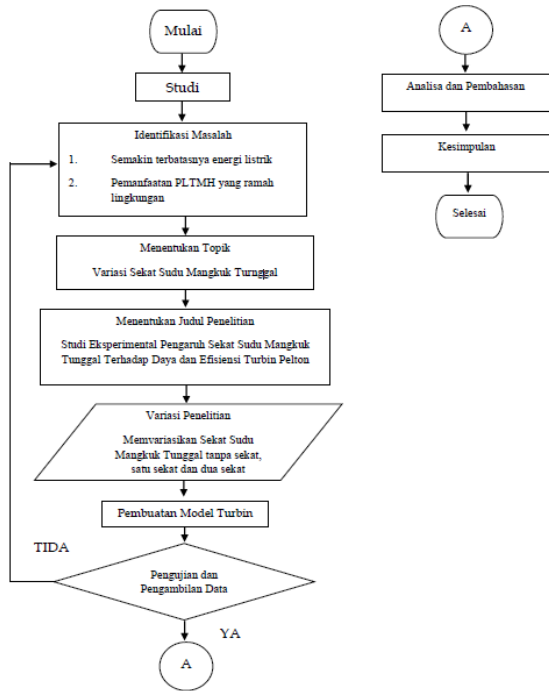
Menurut (Sugiyono, 2013) variabel terikat dipengaruhi adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini merupakan daya dan tingkat efisien yang dapat dihasilkan oleh turbin pelton.

- **Variabel Kontrol**

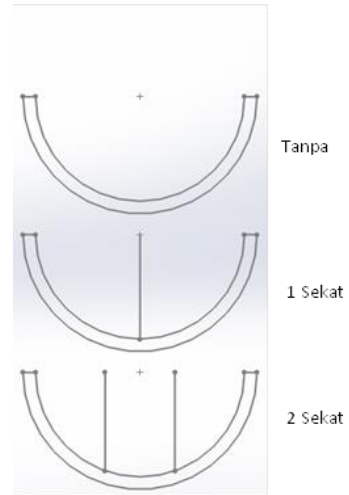
Variabel kontrol merupakan variabel dibuat konstan kemudian bisa membuat pengaruh pada variabel independent pada dependen dan tidak bisa dipengaruhi dari faktor luar tidak diteliti (Sugiyono, 2013). Pada penelitian kali ini variabel kontrol yang digunakan adalah :

- a. Fluida kerja yang digunakan adalah air.
- b. Sudut bukaan katup 90°, 100°, 110°, dan 120°.
- c. Diameter ujung nosel sebesar 8 mm dengan jarak semprot nosel 50 mm.
- d. Pembebanan sebesar 5kg, 10 kg, 15 kg, dan seterusnya hingga turbin berhenti berputar.
- e. Menggunakan runner berdiameter 246 mm
- f. Menggunakan sudu berbentuk mangkuk tunggal berjumlah 8 buah.;

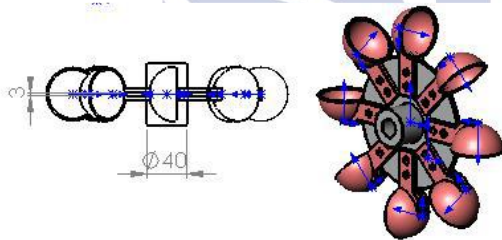
Berikut diagram alir penelitian ini:



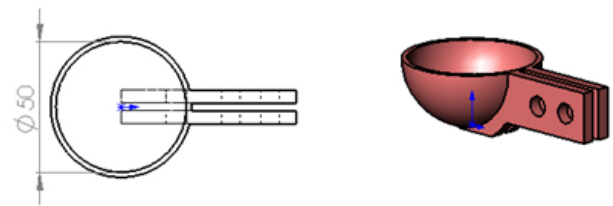
Gambar 1 Flowchart Penelitian



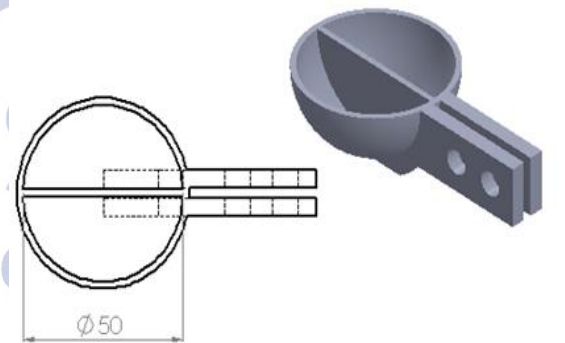
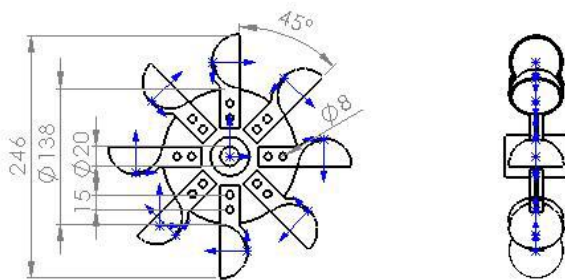
Gambar 3 Variasi Sekat Sudu Mangkuk Tunggal



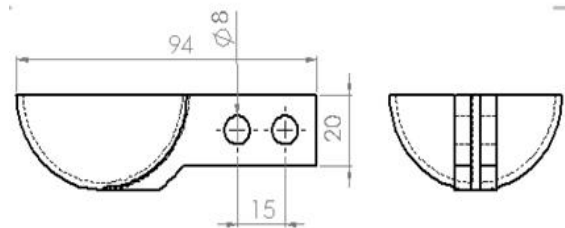
Gambar 2 Desain Runner

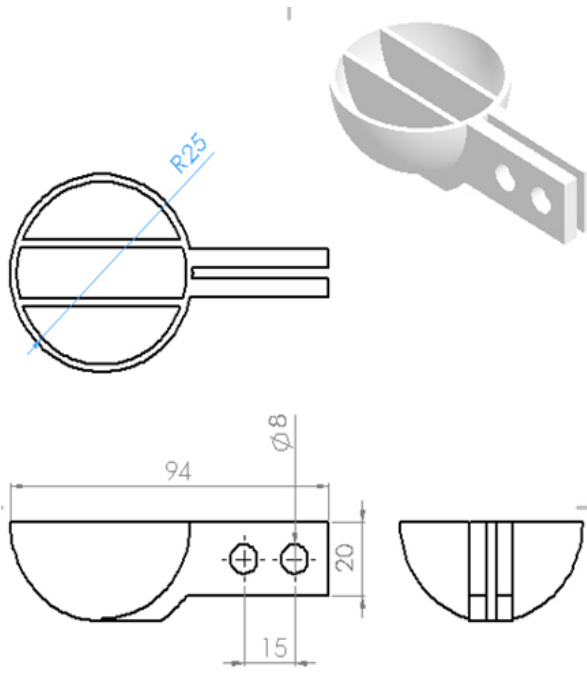


Gambar 4 Variasi Sudu Tanpa Sekat



Gambar 5 Variasi Sudu Satu Sekat





Gambar 6 Variasi Sudu Dua Sekat

Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini meliputi pengukuran dan perhitungan. Pengukuran kapasitas aliran menggunakan digital flowmeter, beban diukur menggunakan neraca, sedangkan putaran turbin diukur menggunakan tachometer. Data pengukuran dihitung menggunakan rumus, lalu disajikan dalam bentuk table dan grafik untuk mengetahui perbandingan nilai dalam setiap variasi. Penyajian data dikelompokkan setiap kapasitas aliran untuk melihat perbandingan setiap variasi kedalaman sudu mangkuk tunggal yang divariasikan pada penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan oleh penulis sebagai berikut ini :

- Luas Penampang Air (A)

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

A = Luas penampang ujung nozzle (m²)

D = diameter ujung nozzle = 0,0254 m

$\pi = 3,14$

Adanya nozzle pada simulator instalasi turbin karena menggunakan tipe aliran air tertutup, disamping itu nozzle juga membuat tembakan air yang jatuh pada sudu turbin menjadi lebih cepat dan terpusat. Berikut contoh perhitungan luas penampang ujung nozzle:

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,0254^2 = 0,0005065 \text{ m}^2$$

- Kecepatan Aliran Air (v)
Kecepatan aliran air dipengaruhi oleh debit aliran air dan luasan penampang, pada penelitian ini menggunakan 4 variasi bukaan katup. Berikut persamaan kecepatan aliran air pada bukaan katup 90°:

$$v = Q / A$$

Dengan:

v = Kecepatan aliran (m/s).

Q = Debit aliran air (m³/s). 0,001854

A = Luas ujung nosel = 0,0005065 m²

Berikut contoh perhitungannya:

$$v = 0,001854 / 0,0005065 = 3,67261881 \text{ m/s}$$

- Energi Kinetik (Ek)

Energi kinetik digunakan untuk menghitung daya yang berkerja pada pipa dengan dorongan pompa sentrifugal. Energi kinetik dipengaruhi oleh massa jenis dan kecepatan, berikut bentuk persamaannya pada bukaan katup 90° :

$$P_a = 1/2 \cdot A \cdot v^3$$

dengan:

P_a = daya air (watt)

ρ = massa jenis = 1000 kg/m³

A = Luas ujung nosel = 0,0005065 m².

v = Kecepatan pada aliran = 3,67261881 m/s.

Maka berikut contoh perhitungannya:

$$P_a = 1/2 \cdot 1000 \cdot 0,0005065 \cdot 3,66706^3 = 12,4223 \text{ watt}$$

No	Sudut Bukaan Katup (°)	Luas Penampang (m ²)	Kecepatan Air (m/s)	Massa Jenis Air (kg/m ³)	Energi Kinetik (Watt)
1	90	0,0005065	3,660706	1000	12,4223
2	100	0,0005065	3,958596	1000	15,7084
3	110	0,0005065	4,806721	1000	28,1225
4	120	0,0005065	6,148346	1000	58,8548

- Daya Tekan (Pp)

Daya tekan diperoleh dari data yang dapat terbaca pada pressure gauge dan debit. Tekanan air dalam pipa di ukur bergantian pada 4 variasi bukaan katup, yakni katup 90°, 100°, 110°, dan 120°.

Selanjutnya contoh perhitungan pada katup 90°, berikut persamaan daya tekan:

$$P_p = Q \cdot p$$

Dimana:

P_p = Daya Tekan (watt)

Q = Debit = 0,001854 m³/s (lampiran)

$P = \text{Tekanan Air} = 1378,9514 \text{ N/m}^2$ (Tabel 4.3)

Contoh perhitungan:

$$P_p = 0,0018600 \cdot 1378,9514 = 2,556530 \text{ Watt}$$

- Daya Air Total (Pa)

Daya air total adalah daya air yang akan bekerja pada simulator dengan variasi 4 katup yaitu, katup 90°, 100°, 110°, dan 120°. Tentunya daya pada setiap katup akan berbeda-beda, dan juga daya air total akan bekerja pada setiap variasi turbin. Berikut persamaan daya air dan contoh perhitungannya terhadap bukaan katup 90°:

$$P_a = E_k + P_p$$

Dimana:

$P_a = \text{Daya Air (Watt)}$

$E_k = \text{Energi Kinetik} = 12,5440 \text{ Watt}$ (Tabel 4.2)

$P_p = \text{Daya Tekan} = 2,56485072 \text{ Watt}$ (lampiran)

Contoh perhitungan:

$$P_a = 12,5440 + 2,56485072 = 15,1088 \text{ Watt}$$

No	Sudut Bukaan Katub (°)	Energi Kinetik (Watt)	Daya Tekan (Watt)	Daya Total (watt)
1	90	12,4223	2,556530	14,9788
2	100	15,7084	5,529135	21,2375
3	110	28,1225	23,498113	51,6206
4	120	58,8548	68,701197	127,5560

- Daya Turbin

Perhitungan daya turbin bertujuan untuk mengetahui daya dari tiap- tiap variasi turbin, mulai dari daya terendah hingga daya tertinggi. Disini peneliti menggunakan variasi sekat pada sudu mangkok tunggal turbin, yakni sudu tanpa sekat, sudu sekat 1, dan sudu sekat 2.

$$F = (m \text{ beban} - m \text{ neraca}) \times g$$

Dimana :

m (beban) = Massa = 5 kg (Lampiran)

m (neraca) = Gaya pada neraca = 1,710 kg

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s²)

perhitungan gaya menjadi :

$$F = (5 - 2,15) \times 9,81 = 27,93 \text{ kg m/s}^2$$

- Torsi Turbin

Torsi dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini:

$$T = F \cdot r \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$T = \text{Torsi (N.m)}$.

$F = \text{Gaya (N)}$.

$r = \text{Lengan / jari-jari (m)}$.

Contoh perhitungan torsi:

$$T = 29,9205 \cdot 0,01 = 0,299205 \text{ N}$$

- Kecepatan Anguler(ω)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60$$

Dengan:

$\omega = \text{Kecepatan anguler/tangensial (rad/s)}$.

$n = \text{Putaran turbin } 286,1 \text{ rpm}$ (Lampiran)

$\pi = 3,14$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 286,1 / 60 = 29,97238095 \text{ rad/s}$$

Perhitungan nilai dayaturbin dengan variasi sudu tanpa sekat turbin berpenampang mangkok tunggal kapasitas 0,001854 L/s pada pembebanan 5 kg adalah :

$$P_t = 0,279585 \text{ Nm} \times 29,97238095 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 8,379828129 \text{ Watt}$$

- Efisiensi Turbin

Perhitungan efisiensi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\%$$

Dimana:

$\eta = \text{Efisiensi turbin}$

$P_t = \text{Daya turbin (Watt)} = 8,379828129 \text{ Watt}$ (Lampiran)

$P_a = \text{Daya air (Watt)} = 14,97953492 \text{ Watt}$ (Lampiran)

Perhitungan tingkat efisiensi turbin dengan varian sudu 120° turbin berpenampang v kapasitas 9,5715 L/s pada pembebanan 4000 gram:

$$\eta = \frac{8,379828129 \text{ Watt}}{14,97953492 \text{ Watt}} \cdot 100\% \\ \eta = 55,94 \%$$

Perhitungan nilai daya turbin dengan variasi sudu tanpa sekat turbin berpenampang mangkok tunggal kapasitas 0,001854 L/s pada pembebanan 5 kg adalah 55,94%

a. Daya Variasi Sudu Tanpa Sekat

Daya Turbin Variasi Tanpa sekat					
No	Beban	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)
1	0	0,001854	0,002005	0,002434	0,003114
2	5	8,379828129	8,833820914	11,87568391	0
3	10	11,52903589	13,13305809	18,41581783	27,13021834
4	15	11,27936983	12,75996354	20,60882309	0
5	20	10,39361714	11,113531	24,17353573	42,077706
6	21	2,793721386	0	0	0
7	22	0	0	0	0
8	25	0	9,660514286	19,86520329	0
9	26	0	4,556114357	0	0
10	27	0	0	0	0
11	30	0	0	17,19324891	42,077706
12	35	0	0	10,91192771	0
13	40	0	0	0	50,03285891
14	50	0	0	0	43,14522709
15	55	0	0	0	20,00634271
16	60	0	0	0	7,521498286
17	65	0	0	0	0



daya turbin variasi sudu tanpa sekat sudut pada sudut bukaan katup 90°, kapasitas aliran 0,001854 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg daya dapat dihasilkan sebesar 11,529 Watt dan berhenti di beban 22kg. Berikutnya daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 100°, kapasitas aliran 0,002005 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg serta daya yang dapat dihasilkan dengan besar 13,133 Watt lalu berhenti di beban 27 kg. Selanjutnya daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 110°, kapasitas aliran 0,002434 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg, dan yang dihasilkan sebesar 24,173 Watt dan berhenti di beban 40 kg. Kemudian daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 120°, kapasitas aliran 0,003114 m³/s terus naik hingga pembebanan 40 kg dan daya yang dapat dihasilkan sebesar 50,003 Watt dan berhenti di beban 65 kg.

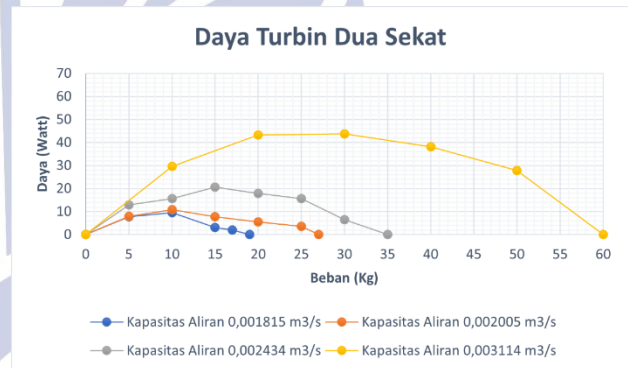
- Daya Variasi Sudu Sekat 1

daya turbin variasi sudu tanpa sekat sudut pada sudut bukaan katup 90°, kapasitas aliran 0,001854 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 10,694 Watt dan berhenti di beban 24kg. Berikutnya daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 100°, kapasitas aliran 0,002005 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 12,780 Watt dan berhenti di beban 27 kg. Selanjutnya daya turbin variasi sudu

tanpa sekat pada sudut bukaan katup 110°, kapasitas aliran 0,002434 m³/s terus naik hingga pembebanan 20 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 24,969 Watt dan berhenti di beban 50 kg. Kemudian daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 120°, kapasitas aliran 0,003114 m³/s terus naik hingga pembebanan 40 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 60,083 Watt dan berhenti di beban 100 kg.

- Variasi Sudu Sekat 2

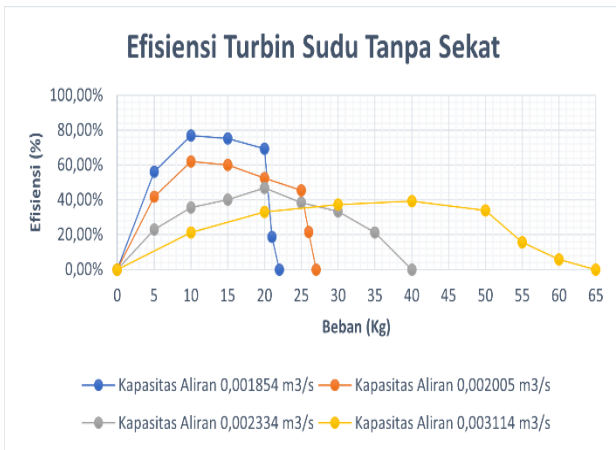
Daya Turbin Variasi Tanpa sekat					
No	Beban	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)
1	0	0,001854	0,002005	0,002434	0,003114
2	5	7,756262486	7,912886143	12,94961109	0
3	10	9,481692	10,729851	15,68805857	29,61461486
4	15	3,125416171	7,80549	20,57083191	0
5	17	2,0462134	0	0	0
6	19	0	0	0	0
7	20	0	5,528451971	17,869896	43,1952939
8	25	0	3,534001114	15,67027911	0
9	27	0	0	0	0
10	30	0	0	6,542634686	43,7952735
11	35	0	0	0	0
12	40	0	0	0	38,15115229
13	50	0	0	0	27,88625636
14	60	0	0	0	0



daya turbin variasi sudu tanpa sekat sudut pada sudut bukaan katup 90°, kapasitas aliran 0,001854 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan daya yang bisa dihasilkan dengan besar 9,481 Watt dan berhenti di beban 19 kg. Berikutnya daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 100°, kapasitas aliran 0,002005 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 10,729 Watt dan berhenti di beban 27 kg. Selanjutnya daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 110°, kapasitas aliran 0,002434 m³/s terus naik hingga pembebanan 15 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 20,57 Watt dan berhenti di beban 35 kg. Kemudian daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 120°, kapasitas aliran 0,003114 m³/s terus naik hingga pembebanan 30 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 43,795 Watt dan berhenti di beban 60 kg.

1. Efisiensi Variasi Sudu Tanpa Sekat Efisien turbin

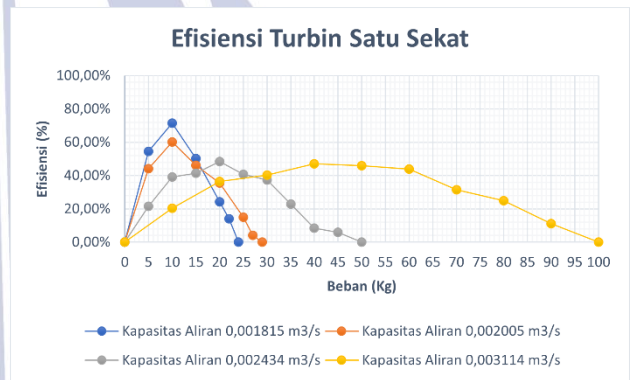
Efisiensi Turbin Variasi Tanpa sekat					
No	Beban	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)
1	0	0,001854	0,002005	0,002434	0,003114
2	5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	10	55,46%	41,82%	22,33%	0,00%
4	15	76,31%	62,18%	34,63%	21,05%
5	20	74,65%	60,41%	38,76%	0,00%
6	25	68,79%	52,62%	45,46%	32,65%
7	30	18,49%	0,00%	0,00%	0,00%
8	35	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	40	0,00%	45,74%	37,36%	0,00%
10	45	0,00%	21,57%	0,00%	0,00%
11	50	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	55	0,00%	0,00%	32,33%	36,95%
13	60	0,00%	0,00%	20,52%	0,00%
14	65	0,00%	0,00%	0,00%	38,82%
15	70	0,00%	0,00%	0,00%	33,48%
16	75	0,00%	0,00%	0,00%	15,52%
17	80	0,00%	0,00%	0,00%	5,84%
18	85	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
19	90	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20	95	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21	100	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%



Variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 90°, kapasitas aliran 0,001854 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 76,31% dan berhenti di beban 22. Berikutnya efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 100°, kapasitas aliran 0,002005 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 62,18% dan berhenti di beban 27 kg. Selanjutnya daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 110°, kapasitas aliran 0,002434 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 45,46% dan berhenti di beban 40 kg. Kemudian daya turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 120°, kapasitas aliran 0,003114 m³/s terus naik hingga pembebanan 40 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 50,003 Watt dan berhenti di beban 65 kg.

2. Efisiensi Turbin Variasi Sekat 1

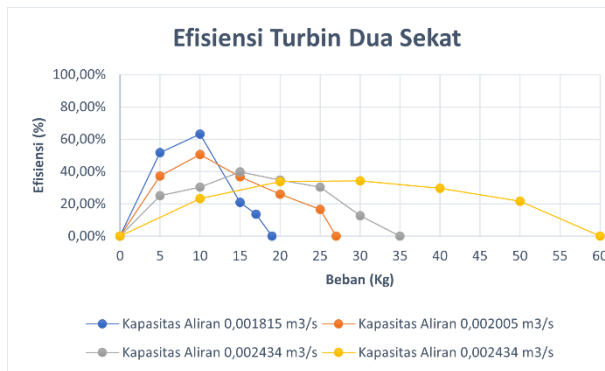
Efisiensi Turbin Variasi Sekat 1					
No	Beban	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)
1	0	0,001854	0,002005	0,002434	0,003114
2	5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	10	54,00%	44,36%	20,88%	0,00%
4	15	70,79%	60,51%	38,07%	20,05%
5	20	49,75%	46,41%	40,18%	0,00%
6	25	24,07%	35,76%	46,96%	36,01%
7	30	13,93%	0,00%	0,00%	0,00%
8	35	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	40	0,00%	14,92%	39,58%	0,00%
10	45	0,00%	4,05%	0,00%	0,00%
11	50	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	55	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	60	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	65	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	70	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
16	75	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17	80	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18	85	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
19	90	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20	95	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21	100	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%



Berdasarkan gambar grafik 4. 8 efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 90°, kapasitas aliran 0,001854 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 70,79% dan berhenti di beban 24. Berikutnya efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 100°, kapasitas aliran 0,002005 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 60,51% dan berhenti di beban 27 kg. Selanjutnya efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 110°, kapasitas aliran 0,002434 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 46,96% dan berhenti di beban 50 kg. Kemudian efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 120°, kapasitas aliran 0,003114 m³/s terus naik hingga pembebanan 40 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 46,63% dan berhenti di beban 100 kg.

3. Efisiensi turbin variasi sekat 2

Efisiensi Turbin Variasi Sekat 2				
No. Beban	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)	Kapasitas Aliran (m ³ /s)
1	0	0,001854	0,002005	0,002434
2	5	0,00%	0,00%	0,00%
3	10	51,34%	62,76%	24,35%
4	15	20,69%	71,02%	29,50%
5	17	13,54%	51,66%	38,69%
6	19	0,00%		
7	20		36,59%	33,61%
8	25		25,39%	29,47%
9	27		0,00%	
10	30			12,30%
11	35			0,00%
12	40			29,60%
13	50			21,64%
14	60			0,00%



Efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 90°, kapasitas aliran 0,001854 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan efisiensi yang dihasilkan yang dihasilkan sebesar 62,76% dan berhenti di beban 19. Berikutnya efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 100°, kapasitas aliran 0,002005 m³/s terus naik hingga pembebanan 10 kg dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 71,01% dan berhenti di beban 27 kg. Selanjutnya efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 110°, kapasitas aliran 0,002434 m³/s terus naik hingga pembebanan 15 kg dengan daya yang dihasilkan sebesar 38,69% dan berhenti di beban 35 kg. Kemudian efisiensi turbin variasi sudu tanpa sekat pada sudut bukaan katup 120°, kapasitas aliran 0,003114 m³/s terus naik hingga pembebanan 30 kg dengan daya yang bisa dihasilkan dengan besar 33,98% dan berhenti di beban 60 kg.

PENUTUP

Simpulan

melalui penelitian yang sudah dilaksanakan, pengujian serta analisa, dengan demikian dapat dibuat kesimpulan:

- Sekat dengan jumlah total yang berbeda disudu turbin bisa mempengaruhi daya serta tingkat efisiennya. Turbin yang memiliki sudut satu sekat bisa mempengaruhi daya pada turbin jadi lebih baik dibandingkan turbin dengan sudu tanpa sekat dan dua sekat. Daya maksimum yang dihasilkan dari

pengujian turbin variasi sekat pada sudu turbin pelton bernilai 60,089 Watt dengan pembebanan 40 kg pada kapasitas 0,003114 m³/s.

- Tingkat efisien yang paling tinggi dalam penelitian ini diperoleh dalam kapasitas 0,001854 m³/s dengan beda 10kg di turbin pada satu sudu sekat dengan besar 76,97 %. Tingkat efisien turbin bisa dipengaruhi dengan besarnya daya turbin serta daya air. Daya air adalah daya yang diberikan kepada turbin, sedangkan daya turbin adalah daya yang dihasilkan turbin.

Saran

Pada hasil penelitian yang dilaksanakan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan, dengan begitu dapat dibuat kesimpulan:

- Untuk penelitian lebih lanjut sangat dianjurkan melakukan pemilihan bahan pada turbin, agar beban turbin tidak terlalu berat dan malah memperlambat putaran.
- Pada penelitian ini diketahui sudu dengan hanya menggunakan satu sekat bisa menghasilkan daya lebih besar daripada yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagus Prasetro, A. D. N., & Adiwibowo, P. H. (2016). *UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BANYAK SEKAT PADA SUDU TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN REAKSI COSSFLOW POROS VERTIKAL DENGAN SUDU SETENGAH SILINDER*.

Fernanda, A. D., & Adiwibowo, P. H. (2021). *Pengaruh Variasi Diameter Ujung Nossel PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON*.

Hakimah, Y. (2019). *JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI*.

Husen, A. (2021). *UJI EKSPERIMENTAL BENTUK SUDU-SUDU PADA RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR TURBIN PELTON*. In *PRESISI* (Vol. 23, Issue 2).

Mafruddin, & Irawan, D. (2020). *Turbin Impuls*.

Poea, S., G. Soplanit, & Rantung, J. (2013). *PERENCANAAN TURBIN AIR MIKRO HIDRO JENIS PELTON UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI DESA KALI KECAMATAN PINELENG DENGAN HEAD 12 METER*.

Pramesti, Y. (2018). *Analisa pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetik poros horisontal dan vertikal*. *Jurnal Mesin Nusantara*, 1(1), 51. <https://doi.org/10.29407/jmn.v1i1.12296>

- Rohermanto Agus. (2007). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) AGUS ROHERMANTO* (Vol. 4, Issue 1). <http://www.kompas.com>
- Simamora, M. S. (n.d.). *PERANCANGAN ALAT UJI PRESTASI TURBIN PELTON*.
- Sugiyono. (2013). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF*.
- Sukamta, S., & Kusmantoro, A. (2013). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur*.
- Tobi Sogen, M. D., & van Harling, V. N. (n.d.). *STUDI PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTMH DI KAMPUNG SASNEK DISTRIK SAWIAT KABUPATEN SORONG SELATAN PROVINSI PAPUA BARAT*.
- Wiyono, A., Heryana, G., Rahayu, W., Prakoso, A. P., & Berman, E. T. (2018). *Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu: Vol. IV (Issue 2)*. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>

