

p.ISSN 2303-212X
e.ISSN 2503-5398

Jurnal DESIMINASI TEKNOLOGI



Diterbitkan Oleh :
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG

JURNAL
DESIMINASI TEKNOLOGI

VOL. 10

NOMOR 1

HAL.: 1 - 78

JANUARI 2022

JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI

Jurnal Desiminasi Teknologi adalah jurnal yang memuat artikel dan karya ilmiah hasil penelitian dosen dan atau mahasiswa Fakultas Teknik yang diterbitkan secara periodik 2 (dua) kali per tahun oleh Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.

Pengarah:

1. Ketua Pengurus Yayasan Pendidikan Nasional Tridinanti
2. Rektor Universitas Tridinanti Palembang (UTP)
3. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat UTP

Penanggung jawab:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

Penyunting Ahli:

1. Dr. Ir. Hj. Faridatul Mukminah, M.Sc. Agr. (Universitas Tridinanti Palembang)
2. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc. (Institut Teknologi Sepuluh November)
3. Prof. Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc. (Universitas Sriwijaya)
4. Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. (Universitas Gadjah Mada)
5. Dr. Ir. Berkah Fajar TK. (Universitas Diponegoro)
6. Prof. Dr. Ir. Erika Buchari, MSc. (Universitas Sriwijaya)
7. Prof. Ir. Totok Roesmanto, M.Eng. (Universitas Diponegoro)
8. Prof. Dr. Ir. Erry Yulian Tribblas Adesta, MSc. (Universitas Gunadarma)

Ketua Dewan Penyunting:

Dr. Ir. Hj. Faridatul Mukminah, M.Sc. Agr.

Anggota Dewan Penyunting:

1. Ir. H. Suhardan MD, MS. Met.
2. Ir. Bahder Djohan, M. Sc.
3. Ir. H. Yuslan Basir, MT.
4. Dr. Ir. H. Ibnu Aziz, MT. Ars.
5. Ir. Sofwan Hariady, MT.
6. Ir. Abdul Muin, MT.

Redaksi Pelaksana:

1. Irnanda Pratiwi, ST. MT.
2. Andy Budiarto, ST.MT.
3. Ir. Madagaskar, MT.
4. Ir. Yasmid, MM. MT.
5. Devie Oktarini, ST. M. Eng.
6. Ir. H. Herman Ahmad, MT.
7. Ani Firda, ST. MT.

Alamat Redaksi:

Jl. Kapten Marzuki No. 2446 Kamboja Palembang 30129 Telp/Fax : (0711) 357526 / (0711) 357526
email : jurnal-destek@univ-tridinanti.ac.id Website : www.univ-tridinanti.ac.id

JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG

VOLUME 10 NOMOR 1

p-ISSN 2303-212X

e-ISSN 2503-5398

JANUARI 2022

DAFTAR ISI

Halaman

MODIFIKASI ALAT DUDUKAN PADA MESIN GERINDA UNTUK PEMOTONGAN BERBAGAI JENIS KAYU SECARA MANUAL <i>Rita Maria Veranika, M. Amin Fauzie, Sukarmansyah, M. Ali (Dosen Teknik Mesin UTP)</i>	1 – 7
ANALISIS POTENSI BAHAYA, PENILAIAN RISIKO DAN PENGENDALIANNYA MENGUNAKAN METODE <i>HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT</i> <i>AND RISK CONTROL (HIRARC)</i> (Studi Kasus di Divisi Perawatan (Bengkel Utama) PT XYZ) <i>Hermanto MZ, Faizah Suryani, Pranita Apriana Sari (Dosen Teknik Industri UTP)</i>	8 – 17
LAJU DAN BENTUK KOROSI PADA BAJA HQ-760 YANG MENDAPAT PERLAKUAN HARDENING DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT <i>R. Kohar, Sofwan Hariady, M. Amin Fauzie, Hermanto Ali (Dosen Teknik Mesin UTP)</i>	18 – 24
PERANCANGAN STRATEGI BERSAING PADA PRODUK DIGITAL BANKING DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS SWOT <i>Dinda Dwi Sulasmita, Hermanto MZ, Selvia Aprilyanti (Dosen Teknik Industri UTP)</i>	25 – 32
ANALISA TINGKAT PELAYANAN (Level Of Services) PERSIMPANGAN BERSINYAL PADA SIMPANG BANDARA KOTA PALEMBANG <i>Yules Pramona Zulkarnain (Dosen Teknik Sipil UTP)</i>	33 – 37
PENGUJIAN TURBIN PELTON SKALA MINI DENGAN DUA VARIASI BENTUK SUDU <i>Madagaskar, M. Ali, Abdul Muin, Rita Maria V. (Dosen Teknik Mesin UTP)</i>	38 – 43
EFISIENSI BIAYA PENGGUNAAN ENERGI BAHAN BAKAR BATUBARA DAN GAS PADA PEMBANGKIT LISTRIK <i>Letifa Shintawaty, Titi Sulaimi (Dosen Teknik Elektro UTP)</i>	44 – 50
EVALUASI TATA GUNA LAHAN KAWASAN PERMUKIMAN DI DAERAH REKLAMASI RAWA (STUDI KASUS: KAWASAN JAKABARING PALEMBANG) <i>Fajar Sadik Islami, Tri Woro Setiati, Ahmad Ardani (Dosen Arsitektur UTP)</i>	51 – 62
PEMANFAATAN BAN BEKAS UNTUK FONDASI DANGKAL PADA INDUSTRI KONSTRUKSI PERUMAHAN MENJADI NILAI EKONOMIS <i>Tolu Tamalika, Indra Syahrul Fuad (Dosen Teknik Industri UTP)</i>	63 – 69
ANALISIS METODE SIX SIGMA DALAM UPAYA PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK KERTAS DI PT. INDAH KIAT PULP & PAPER, Tbk <i>Rachmawati Apriani, Desy Rahayu Ningsih, Sisnayati, Tine Aprianti, Arif Nurrahman (Dosen Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, ITS)</i>	70 – 78

PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, atas berkah dan rahmat-Nya sehingga jurnal ilmiah *Desiminasi Teknologi* dapat dikenal pada lingkungan Fakultas Teknik dan civitas akademika teknik di seluruh Indonesia.

Jurnal *Desiminasi Teknologi* disusun dari berbagai penelitian dan kajian dosen dan atau mahasiswa internal Fakultas Teknik UTP dan dosen atau mahasiswa dari fakultas Teknik di luar Universitas Tridinanti Palembang yang memiliki penelitian untuk dipublikasikan. Jurnal ini terdiri dari berbagai rumpun ilmu teknik, diantaranya: Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Industri, Arsitektur dan teknik lainnya.

Pada edisi kali ini, Jurnal Desiminasi Teknologi telah memasuki terbitan Volume 10 Nomor 1 edisi Januari 2022, dan kami beritahukan juga bahwa Jurnal Desiminasi Teknologi telah terdaftar secara elektronik dengan nomor e.ISSN 2503-5398.

Segala kritik dan saran yang bersifat membangun, sangat kami harapkan untuk perbaikan penulisan jurnal ini di masa mendatang dan kepada semua pihak yang ikut terlibat dalam proses penerbitan jurnal ini, kami ucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya.

Palembang, Januari 2022

Redaksi

PENGUJIAN TURBIN PELTON SKALA MINI DENGAN DUA VARIASI BENTUK SUDU

Madagaskar¹⁶, M. Ali¹⁷, Abdul Muin¹⁸, Rita Maria V.¹⁹

Email Korespondensi: *amuin7959@gmail.com*

Abstrak: Turbin pelton banyak digunakan untuk pembangkit listrik skala mikro. Disini dilakukan pengujian Turbin Pelton, dengan sudu berbentuk sudu setengah silinder dan sudu sendok. sudu yang akan di uji yaitu sudu setengah silinder dengan sudut 180° dan sudu sendok dengan sudut 30° dengan masing-masing jumlah sudu 12 buah. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan bukaan katup. Daya pengereman diberikan mulai dari 0 N, 0,5 N, 1N, 1,5N 2N, 2,5N, dan 3N. Dari hasil pengujian untuk sudu setengah silinder putaran 465 rpm, 382 rpm, 46 rpm dengan torsi 0,077 Nm, 0,465 Nm, untuk sudu sendok putaran 425 rpm, 370 rpm, 14,9 rpm dengan torsi 0,077 Nm dan 0,387 Nm. Pada pengujian katup bukaan sudu setengah silinder daya maksimum turbin terjadi pada daya 6,264 Watt, torsi turbin 0,232 Nm, dan daya minimum 2,236 Watt, dengan torsi turbin 0,465 Nm, pada sudu sendok daya maksimum terjadi pada 5,288 Watt, torsi 0,155 Nm, daya minimum terjadi pada 0,599 Watt dengan torsi turbin 0,387 Nm.

Kata kunci : turbin pelton, sudu, torsi, daya turbin

Abstract: Pelton turbines are widely used for microhydro power plants. Here the Pelton Turbine test is carried out, with a semi-cylindrical blade and a bucked blade. The blades to be tested are semi-cylindrical blade with an angle of 180° and a bucked blade with an angle of 30° with 12 blades each. The test is done by varying the valve opening. Braking power is given starting from 0 N, 0.5 N, 1N, 1.5N 2N, 2.5N, and 3N. From the test results for the semi-cylindrical blade rotation of 465 rpm, 382 rpm, 46 rpm with a torque of 0.077 Nm, 0.465 Nm, for a bucked rotation of 425 rpm, 370 rpm, 14.9 rpm with a torque of 0.077 Nm and 0.387 Nm. In testing the half opening valve the maximum power of the turbine occurs at 6,264 Watt, turbine torque 0,232 Nm, and minimum power 2,236 Watt, with turbine torque 0,465 Nm, on the bucked blade the maximum power occurs at 5,288 Watt, torque 0.155 Nm, minimum power occurs at 0.599 Watt with a turbine torque of 0.387 Nm

Keywords: pelton turbine, blade, torque and turbin power

^{16,17,18,19}Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan tenaga air untuk di ubah menjadi tenaga mekanis sudah di mulai sejak tahun 2200 SM oleh bangsa India menjadi tenaga mekanis yaitu dengan menggunakan kincir air.

Saat ini kincir air mengalami perkembangan yang sangat pesat. Kincir air pertama pertama dibuat oleh Francis seorang ilmuwan Francis dan disebut dengan Turbin Francis tahun 1855. Turbin Francis memakai roda propeler atau runner yang dapat berputar secara bebas Turbin Francis merupakan Turbin reaksi. Kemudian turbin lain adalah Turbin Pelton pada tahun 1870. Pelton membangun turbin dengan ketinggian jatuh air yang besar. Pemasukan air melalui saluran yang kemudian oleh pipa pesat (penstok) air tersebut di ubah menjadi kecepatan tinggi dan langsung memukul sudu jalan. Sudu-sudu jalan dari turbin Pelton berupa bucket yang di buat runcing pada sisi sebelah luarnya. Turbin Pelton

memanfaatkan kecepatan air yang keluar dari pipa pesat. Hampir 95% tenaga air yang di berikan menjadi kinetis.

TINJAUAN PUSTAKA

Turbin air

Turbin air adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap atau *stationary blade*, tidak ikut berputar bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Ada beberapa kesamaan teori dari turbin air dan pompa air, dengan perbedaan utama energi transfer yang berkebalikan. Turbin air mengubah energi potensial dari air menjadi energi mekanis putaran poros. Sedangkan pompa air mengubah energi mekanis putaran poros menjadi gerak aliran air.

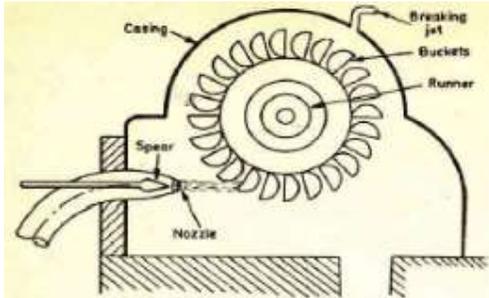
Turbin pelton

Turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin dengan pemasangan mangkok-mangkok pada roda turbin. Pada turbin pelton putaran terjadi akibat pembelokkan pada mangkuk ganda runner, oleh sebab itu turbin pelton di sebut turbin pancaran bebas. Turbin pelton mengandalkan reaksi impuls dari suatu daya yang dihasilkan dari daya hidrolisis (*Head*). Semakin tinggi head yang di miliki maka semakin baik. Walaupun ns (kecepatan spesifik) relatif kecil tapi memungkinkan untuk kecepatan yang tinggi dengan ketentuan jumlah nosel yang banyak dalam meningkatkan daya yang lebih tinggi.

Turbin berdasarkan Model Aliran Air Masuk Runner.

- Turbin Aliran Tangensial

Pada turbin ini air masuk roda gerak dengan arah tangensial atau tegak lurus dengan poros runner mengakibatkan roda gerak berputar, contohnya turbin Pelton dan turbin cross-flow



Gambar 1. Turbin Pelton

- Turbin Aliran Aksial

Pada turbin ini air masuk roda gerak dan keluar roda gerak sejajar dengan poros roda gerak, turbin Kaplan atau propeller adalah salah satu contoh dari tipe turbin ini

- Turbin Aliran Aksial-Radial

Pada turbin ini air masuk ke dalam roda gerak secara radial dan keluar roda gerak secara aksial sejajar dengan poros Turbin Francis adalah termasuk dari jenis turbin ini

Turbin menurut cara Kerjanya

- Turbin aksi atau turbin impuls

Semua energi potensial air pada turbin ini dirubah menjadi menjadi energi kinetis sebelum air masuk/ menyentuh sudu-sudu *runner* oleh

nozle. Yang termasuk jenis turbin ini antara lain : *Turbin Pelton* dan *Turbin Cross-Flow*.

- Turbin Reaksi.

Pada turbin reaksi, seluruh energi potensial dari air dirubah menjadi energi kinetis pada saat air melewati lengkungan sudu-sudu pengarah, dengan demikian putaran *runner* disebabkan oleh perubahan momentum oleh air. Yang termasuk jenis turbin reaksi diantaranya : *Turbin Francis*, *Turbin Kaplan* dan *Turbin Propeller*.

Parameter Perhitungan

Pada pengujian turbin air hasil yang diharapkan adalah mendapatkan proses perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

- Kapasitas aliran (Q)

Sumber air untuk instalasi turbin air perlu diukur kapasitas aliran dengan alat ukur *positife displacement meter*.

- Head bersih (*Net Head*)

Kerugian ketinggian di dalam sistem perpipaan sperti sambungan, katup, percabangan, difuser, dan sebagainya.

$$H_n = \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots 1$$

Di mana : H_n = Head bersih (*NetHead*) m

V = Kecepatan aliran (m/s)

g = grafitasi (m/s²)

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

- Kecepatan air di dalam pipa (V)

Untuk menghitung kecepatan aliran, di gunakan persamaan:

$$V = Q / A \dots\dots\dots 2$$

Di mana :

Q = Debit aliran air (m³/s).

A = Luas penampang pipa (m)

V = Kecepatan aliran (m/s)

- Daya air (P)

Daya air dapat di hitung dengan menggunakan persamaan:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_n \dots\dots\dots 3$$

Di mana :

- P = Daya air (Watt)
- ρ = density air (kg/m^3)
- Q = Debit air (m^3/s)
- g = grafitasi (m/s^2)
- Hn = Head net (m)

- Torsi Turbin (τ)

Menurut (Wibowo, 2007) Besarnya torsi dapat di hitung dengan persamaan:

$$\tau = F \cdot R \dots\dots\dots 4$$

Di mana:

- τ = torsi (Nm)
- F = Gaya pembebanan (N)
- R = Jari-Jari (m)

- Kecepatan anguler (ω)

Untuk mendapatkan nilai besaran segitiga kecepatan menggunakan persamaan:

$$\omega = \frac{2 \pi \cdot n}{60} \dots\dots\dots 5$$

Di mana:

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

- Daya turbin (P_t)

Menurut (Wibowo, 2007) Daya turbin di hitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_t = \tau \cdot \omega \dots\dots\dots 6$$

Di mana:

- P_t = Daya turbin (Watt)
- τ = Torsi (Nm)
- ω = kecepatan anguler (rad/s)

METODE PENELITIAN

Komponen Utama Turbin Yang Dirancang :

- Rumah turbin

Rumah turbin selain sebagai tempat turbin terpasang juga berfungsi membelokkan percikan aliran air keluar masuk sedemikian hingga baik runner maupun pancaran tidak terganggu

- Sudu turbin

Sudu turbin yang diuji disini bervariasi yaitu sudu setengah silinder, sudu sendok, bentuk sudu yang di gunakan dapat di lihat pada gambar 2, dan 3.



Gambar 2. Sudu Setengah silinder



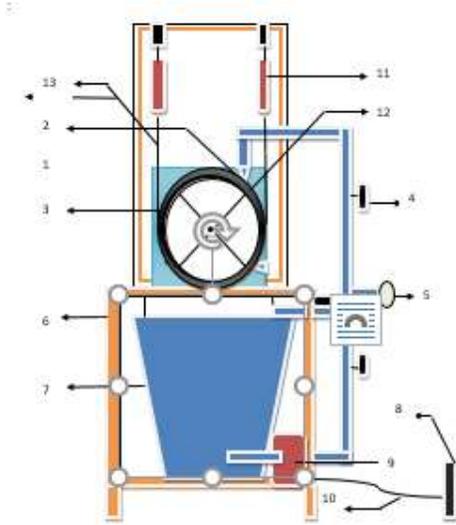
Gambar 3. Sudu Sendok

2. Rancangan Turbin Pelton



Gambar 4. Alat Uji Turbin Pelton

Skematis Rancangan Turbin



Gambar 5. Rancangan Alat Uji Turbin Pelton

Keterangan gambar :

- 1. Rumah turbin
- 2. Nozzle
- 3. Rotor
- 4. Keran
- 5. Pressure Gauge
- 6. Besi Siku
- 7. Penampung Air
- 8. Terminal
- 9. Pompa Air
- 10. Kabel
- 11. Neraca Pegas
- 12. Pully

3. Alat yang di gunakan

Alat yang di gunakan pada penelitian di lapangan, meliputi :

- Tachometer
- Flow meter
- Neraca pegas

4. Prosedur penelitian

Adapun prosedur pengujian untuk pengambilan data penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Menyiapkan instalasi dan alat ukur
2. Pastikan semua kondisi alat dalam keadaan baik
3. Melakukan pengujian
4. Mencatat debit air dari flow meter.
5. Mengukur putaran poros
6. Mengukur torsi yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data hasil penelitian

Tabel 1. Data pengujian bentuk sudu ½ silinder bukaan penuh

Beban turbin (N)	Putaran n (rpm)	Tekanan P (kg/cm ²)	Debit Q (m ³)	Waktu t (s)
0	465	0,9	0,0052	23
0,5	382	0,9	0,0084	29
1	339	0,9	0,012	43
1,5	258	0,9	0,0141	50
2	191	0,9	0,017	61
2,5	130	0,9	0,0218	70
3	46	0,9	0,028	76

Tabel 2. Data pengujian bentuk sudu ½ silinder bukaan setengah penuh

Beban turbin (N)	Putaran n (rpm)	Tekanan P (kg/cm ²)	Debit Q (m ³)	Waktu t (s)
0	352	1,2	0,0055	29
0,5	287	1,2	0,0082	32
1	248	1,2	0,0112	40
1,5	197	1,2	0,0121	50
2	80,4	1,2	0,0139	59
2,5	18,9	1,2	0,0151	63

Tabel 3. Data pengujian bentuk sudu sendok bukaan penuh

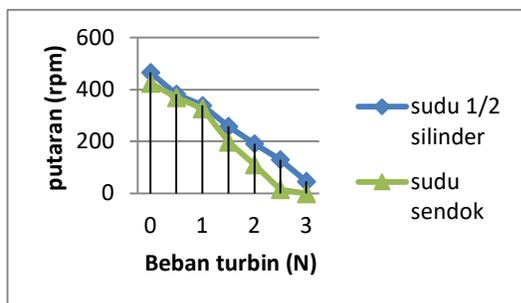
Beban turbin (N)	Putaran n (rpm)	Tekanan P (kg/cm ²)	Debit Q (m ³)	Waktu t (s)
0	425	0,9	0,0054	28
0,5	370	0,9	0,0083	30
1	326	0,9	0,0112	41
1,5	198	0,9	0,0144	52
2	110	0,9	0,0159	60
2,5	14,9	0,9	0,0204	70

Tabel 4. Data pengujian bentuk sudu sendok bukaan setengah penuh

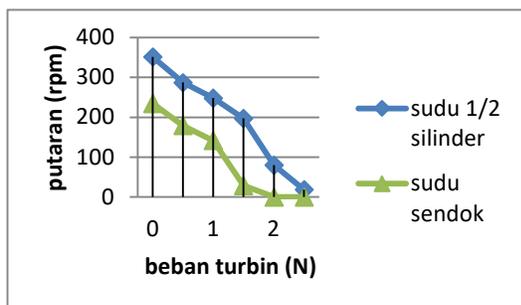
Beban turbin (N)	Putaran n (rpm)	Tekanan P (kg/cm ²)	Debit Q (m ³)	Waktu t (s)
0	325	1,2	0,0088	32
0,5	179	1,2	0,0093	38
1	142	1,2	0,0102	42
1,5	29,0	1,2	0,0121	52

2. Hasil pengolahan data

Hasil pengolahan data dirangkum dalam bentuk grafik hubungan antara sudu, beban dan putaran turbin.



Gambar 6. Grafik hubungan beban turbin terhadap putaran turbin katup bukaan penuh (*full opened valve*).



Gambar 7. Grafik hubungan beban turbin terhadap putaran turbin katup bukaan setengah penuh (*half opened valve*).

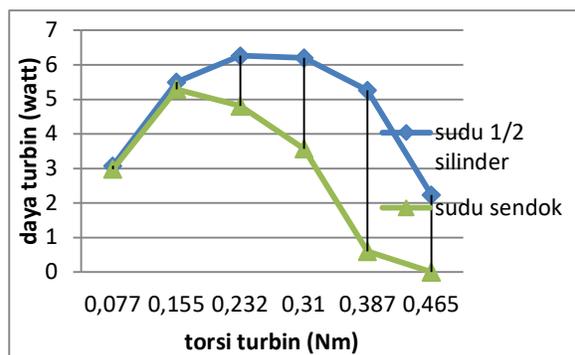
Berdasarkan gambar 6 dan gambar 7, terlihat bahwa dengan bertambahnya beban gaya, maka putaran yang terjadi akan terus menurun secara perlahan.

Pada gambar 6. Pada bentuk sudu setengah silinder, putaran maksimum terjadi pada putaran 465 rpm tanpa beban, 382 rpm, dengan beban turbin 0,5 N dan putaran minimum terjadi pada percepatan 46 rpm dengan beban turbin 3 N, kedua sudu sendok putaran maksimum terjadi pada putaran 425 rpm tanpa beban. 370 rpm dengan beban turbin 0,5 N dan putaran minimum terjadi pada percepatan 14,9 rpm dengan beban turbin 2,5 N.

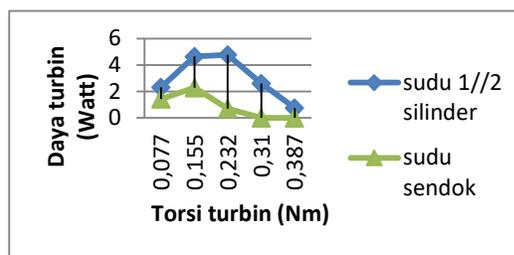
Pada gambar 7, beban turbin terhadap putaran turbin katup bukaan setengah penuh putaran maksimum terjadi pada sudu setengah silinder, lalu kedua pada sudu sendok.

Pada bentuk sudu setengah silinder, putaran maksimum terjadi pada percepatan 352 rpm, tanpa beban 287 rpm dengan beban turbin 0,5 N dan putaran minimum terjadi pada percepatan 18,9 rpm dengan beban turbin 2,5 N, kedua sudu sendok, dengan percepatan maksimum 235 rpm tanpa beban, 179 rpm dengan beban gaya 0,5 N dan percepatan minimum 29,0 rpm pada beban turbin 1,5 N.

Kemudian kita dapat mengetahui hasil hubungan antara torsi turbin (*Nm*) terhadap daya turbin (*Watt*) yang terangkum dalam sebuah gambar grafik 7. dan grafik 8.



Gambar 8. Grafik hubungan Torsi turbin terhadap daya turbin katup bukaan penuh (*full opened valve*).



Gambar 9. Grafik hubungan beban turbin terhadap daya turbin katup bukaan setengah penuh (*half opened valve*).

Berdasarkan gambar 8, daya maksimum turbin terjadi pada sudu setengah silinder dengan daya turbin 6,264 Watt.

Pada sudu setengah silinder daya maksimum turbin terjadi pada daya 6,264 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm, dan daya minimum terjadi pada 2,236 Watt, dengan torsi turbin 0,465 Nm, kedua sudu sendok daya maksimum terjadi pada 5,288 Watt dengan torsi turbin 0,155 Nm dan daya

minimum terjadi pada 0,599 Watt dengan torsi turbin 0,387 Nm.

Selanjutnya pada gambar 9, daya maksimum turbin terjadi pada sudu setengah silinder dengan daya turbin 4,781 Watt. Pada sudu setengah silinder daya maksimum turbin terjadi pada daya 4,781 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm, dan daya minimum terjadi pada 0,762 Watt, dengan beban turbin 0,387 Nm, kedua sudu sendok daya maksimum terjadi pada 2,303 Watt dengan torsi turbin 0,155 Nm dan daya minimum terjadi pada 0,702 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh bentuk sudu terhadap putaran, torsi, dan daya turbin air pelton, sehingga dapat di simpulkan bahwa :

Pada pengujian turbin air dengan variabel penelitian katup bukaan penuh Putaran turbin maksimum terjadi pada sudu setengah silinder pada rotasi putaran 465 rpm tanpa beban, lalu 382 rpm dengan torsi turbin 0,077 Nm dan putaran minimum terjadi pada percepatan 46 rpm dengan torsi turbin 0,465 Nm, kedua sudu sendok putaran maksimum terjadi pada putaran 425 rpm tanpa beban, lalu 370 rpm, dengan torsi turbin 0,077 Nm dan putaran minimum terjadi pada percepatan 14,9 rpm dengan beban turbin 0,387 Nm. Pada pengujian turbin air dengan variabel penelitian katup bukaan setengah penuh, putaran maksimum turbin terjadi Pada bentuk sudu setengah silinder pada percepatan 352 rpm, kemudian 287 rpm dengan torsi turbin 0,077 Nm dan putaran minimum terjadi pada percepatan 18,9 rpm dengan torsi turbin 0,387 Nm, kedua sudu sendok dengan percepatan maksimum 235 rpm tanpa beban,

Pada pengujian turbin air dengan variabel katup bukaan penuh pada sudu setengah silinder daya maksimum turbin terjadi pada daya 6,264 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm, dan daya minimum terjadi pada 2,236 Watt, dengan torsi turbin 0,465 Nm, kedua sudu sendok daya maksimum terjadi pada 5,288 Watt dengan torsi turbin 0,155 Nm, dan daya minimum terjadi pada 0,599 Watt dengan torsi turbin 0,387 Nm, ketiga sudu lengkung daya maksimum terjadi pada 2,205 Watt dengan torsi turbin 0,155 Nm dan daya minimum terjadi pada 0,549 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm.

Pada pengujian turbin air dengan variabel katup bukaan setengah penuh pada sudu setengah silinder, daya maksimum turbin terjadi pada daya 4,781 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm, dan daya minimum terjadi pada 0,762 Watt, dengan torsi turbin 0,387 Nm, kedua sudu sendok daya maksimum terjadi pada 2,303 Watt dengan torsi turbin 0,155 Nm, dan daya minimum terjadi pada 0,702 Watt dengan torsi turbin 0,232 Nm, ketiga sudu lengkung, daya maksimum terjadi pada 0,31 Watt dengan torsi turbin 0,155 Nm dan daya minimum terjadi pada 0,22 Watt dengan torsi turbin 0,077 Nm.

DAFTAR PUSTAKA

- Lie Jasa. *Mikro Hidro; Memanfaatkan energi murah dan ramah Lingkungan*. (Yogyakarta : Teknosain, 2017)
- Paryatmo, Wibowo. *Turbin air*. (Yogyakarta : Graha Ilmu, 2007)
- Sutanto. *Mekanika fluida, mesin-mesin turbo*. (jakarta, Universitas indonesia, 1986)
- Astu & djati. *Mesin konversi energi vol 3*. (surabaya :Andi, 2012)
- Suharso, Kusnaedi. *Kincir air pembangkit listrik*. (Jakarta: PT Penebar swadaya, 1996)