

Uji Kinerja Turbin Francis Skala Laboratorium dengan Variasi Buka-an Katup

Laboratory Scale Francis Turbine Performance Test with Variation of Valve Opening

Zulfian Mukhri^{1*}, Zainuddin¹

¹ Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Medan, Jl. Gedung Arca No. 52, Medan, 20217, Indonesia

*Corresponding author: zulfianmukhry117@gmail.com

Diterima: 30-06-2022

Disetujui: 29-07-2022

Dipublikasikan: 06-08-2022

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Turbin Francis merupakan salah satu jenis turbin air yang digunakan untuk mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik. Peningkatan performa pada turbin Francis dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah dengan cara mengatur pembukaan katup air yang akan masuk ke runner turbin. Adanya pengaturan pembukaan katup air yang masuk ke runner turbin sangat penting untuk meningkatkan kinerja dari turbin Francis. Pengaturan pembukaan katup turbin Francis ini berguna untuk mendapatkan nilai-nilai optimasi dari pengujian turbin Francis. Dalam pengujian turbin Francis ini pembukaan katup diatur dengan pembukaan sebesar 90°, 75°, 60°, 45°. Dari hasil penelitian ini didapatkan untuk pembukaan katup 90° menghasilkan daya turbin sebesar 112,855 W, pada pembukaan katup 75° menghasilkan daya turbin sebesar 102,801 W, pada pembukaan katup 60° menghasilkan daya turbin sebesar 95,287 W dan pada pembukaan katup 45° menghasilkan daya turbin sebesar 82,608 W. Untuk unjuk kerja terbaik didapatkan dari pembukaan katup 90° karena daya turbin yang dihasilkan lebih besar.

Kata Kunci: Kinerja, katup, skala laboratorium, turbin Francis.

Abstract

Francis turbine is a type of water turbine which is used to convert the potential energy of water into mechanical energy. Improved performance on the Francis turbine is influenced by several factors, one of which is by adjusting the opening of the water valve that will enter the turbine runner. The arrangement of the opening of the water valve that enters the turbine runner is very important to improve the performance of the Francis turbine. The setting of the valve opening of the Francis turbine is useful for obtaining optimization values from the Francis turbine test. In this Francis turbine test, the valve opening is adjusted with an opening of 90°, 75°, 60°, 45°. From the results of this study, it was found that 90° valve opening produces 112.855 W turbine power, 75° valve opening produces 102.801 W turbine power, at 60° valve opening produces 95.287 W turbine power and at 45° valve opening produces turbine power of 82.608 W. The best performance is obtained from 90° valve opening because the turbine power generated is greater.

Keywords: Performance, valves, laboratory scale, Francis turbine.

1. Pendahuluan

Listrik sudah menjadi kebutuhan utama bagi manusia untuk melakukan hampir semua aktivitas sehari-hari. Kebutuhan akan energi tersebut semakin meningkat, sementara jumlah sumber energinya seperti minyak bumi dan batu bara semakin terbatas. Kondisi tersebut

mendorong berbagai pelaku untuk mengembangkan energi baru dan terbarukan (Abdullah, Nurdin, and Hasanuddin 2016; Irwanto et al. 2021). Indonesia yang merupakan negara kepulauan memiliki banyak aliran sungai besar dan kecil. Sungai-sungai tersebut hingga kini belum dimanfaatkan dengan baik. Potensi air merupakan sumber energi yang sangat melimpah, murah dan ramah lingkungan, namun karena alasan teknis dan ekonomis belum dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan listrik terutama di pedesaan. Potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Indonesia sebesar 76.670 megawatt (MW) dan pembangkit listrik tenaga mini/makro hidro (PLTM/PLTMH) diperkirakan sebesar 770 MW yang perlu dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat. Hanya sekitar 6% dari potensi ini yang dimanfaatkan (Ditjen SDA 2014). Menurut Chrisnawan, potensi PLTA Indonesia sudah mencapai 94 GW, namun pemanfaatannya baru mencapai 6,2 GW. Oleh karena itu, pemerintah telah menetapkan PLTA Poso sebagai peaker berkapasitas 515 MW, PLTA Batantol di Tapanuri Selatan berkapasitas 510 MW, dan PLTA Batant Toru hulu Tapanuri Selatan berkapasitas dari 1000 MW. Ini adalah pembangkit listrik penyimpanan dipompa Chisokan (Yurika 2021). Potensi air sungai ini akan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro untuk menggantikan kebutuhan bahan bakar fosil yang diperkirakan akan semakin menipis seiring berjalannya waktu.

Peningkatan performa turbin Francis dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah pengaruh jumlah guide vane dan jumlah pipa masuk/saluran. Guide vane yang biasa disebut dengan baling-baling pemandu yang berfungsi untuk mengarahkan aliran dari duct ke impeller turbin. Kehadiran baling-baling pemandu di turbin Francis sangat penting untuk meningkatkan kinerja turbin Francis, karena baling-baling pemandu adalah komponen kunci dari turbin Francis dan baling-baling pemandu digunakan untuk memandu cairan yang keluar dari pipa dengan benar. Berdasarkan hasil uji turbin Francis yang terdiri dari tiga variasi guide vane yaitu 5, 8 dan 10 buah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baling-baling nomor 5 menghasilkan 98,037 W, baling-baling nomor 8 menghasilkan 80,884 W dan baling-baling 10 menghasilkan 80,576 W. Daya yang dihasilkan sebesar 98.037 W, sehingga total daya tertinggi berasal dari jumlah guide vane 5 (Islamiyah, Prastilastiarso, and Ulum 2018). Sedangkan hasil pengujian terkait jumlah pipa saluran menunjukkan bahwa menggunakan 2 pipa saluran lebih baik dibandingkan variasi pipa saluran yang lain dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 6,2% (Shadrina, Prastilastiarso, and Ulum 2018).

Kinerja turbin Francis ditentukan oleh beberapa parameter diantaranya daya turbin, daya hidrolis dan efisiensi turbin. Daya turbin adalah daya yang dibangkitkan oleh turbin air dengan mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik berupa putaran turbin. Daya turbin dilambangkan sebagai P_t . Besarnya daya turbin dapat dihitung menggunakan persamaan (1) s.d (3) sebagai berikut (Laksana, Giriantari, and Satya Kumara 2020).

$$P_t = (2 \cdot \pi \cdot n \cdot T) / 60 \text{ (Watt)} \quad (1)$$

dimana, T = Torsi (N.m)

n = Putaran turbin (rpm)

Daya hidrolis didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Daya hidrolis dilambangkan sebagai P_h . Daya hidrolis dirumuskan sebagai berikut.

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \text{ (Watt)} \quad (2)$$

dimana, ρ = massa jenis air = 997 kg/m³

Q = Debit air (m³/s)

H = Head (m)

Efisiensi turbin adalah nilai keefektifan turbin yang didapat dengan membandingkan besarnya daya turbin dengan besar daya air dimana hasil berupa persen.

$$\eta_t = P_t/P_h \times 100\% \tag{3}$$

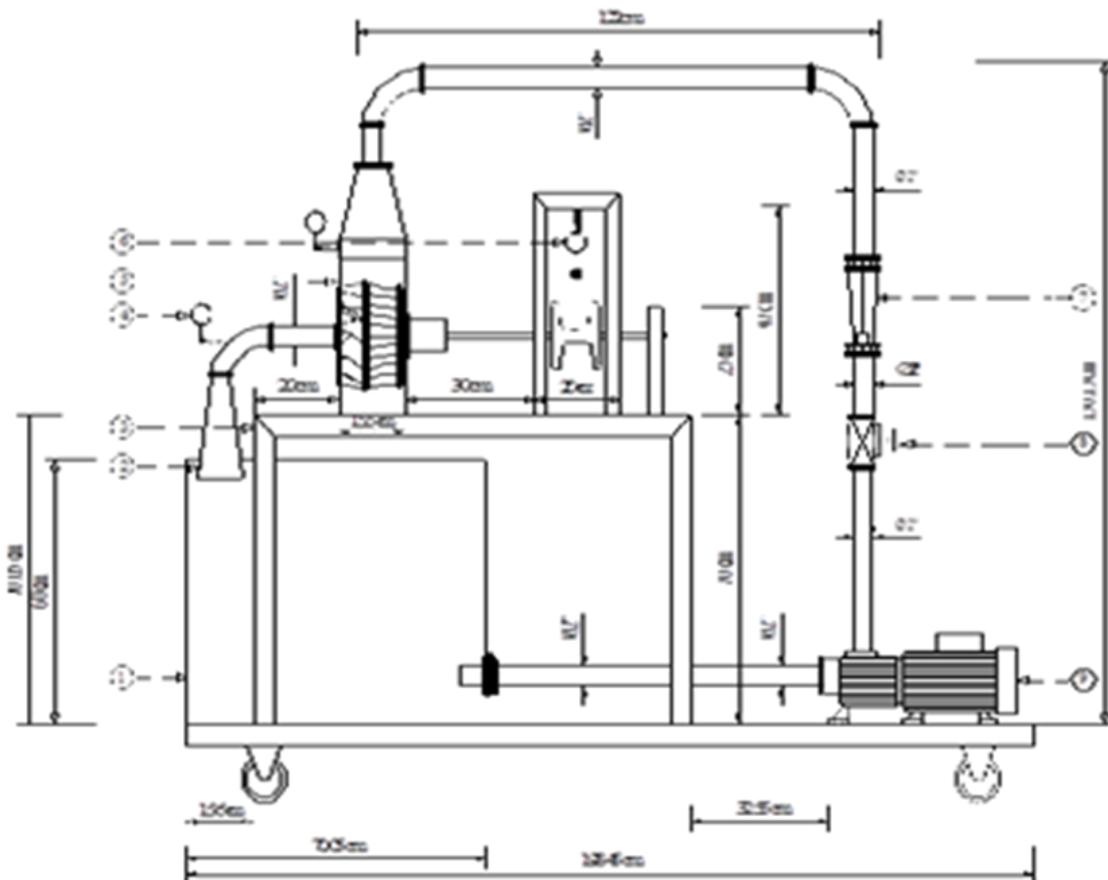
dimana, P_t = Daya turbin

P_h = Daya hidrolis

Dalam penelitian ini, pembahasan akan mengacu kepada pencapaian nilai optimasi kinerja turbin Francis. Hasil penelitian ini diharapkan diperoleh kinerja maksimal untuk mendukung teknik proses rancang bangun turbin mikrohidro model turbin Francis. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dari turbin Francis berupa kecepatan putaran, torsi, efisiensi dan daya turbin.

2. Metodologi

Tempat pembuatan mesin serta kegiatan pengujian dilaksanakan di laboratorium Prestasi Mesin Institut Teknologi Medan. Sketsa peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian adalah seperti pada Gambar 1. Peralatan dan instrumentasi dalam penelitian ini meliputi turbin Francis, instalasi pipa, *load cell*, tachometer, multimeter, *pressure gauge* dan flowmeter. Selain turbin Francis, peralatan utama yang digunakan dalam penelitian adalah mesin pompa sentrifugal tipe JNF 18-30, debit air 12-30 m³/jam, putaran pompa 2800 rpm dan head 9-18 meter.



Gambar 1. Sketsa turbin Francis skala laboratorium

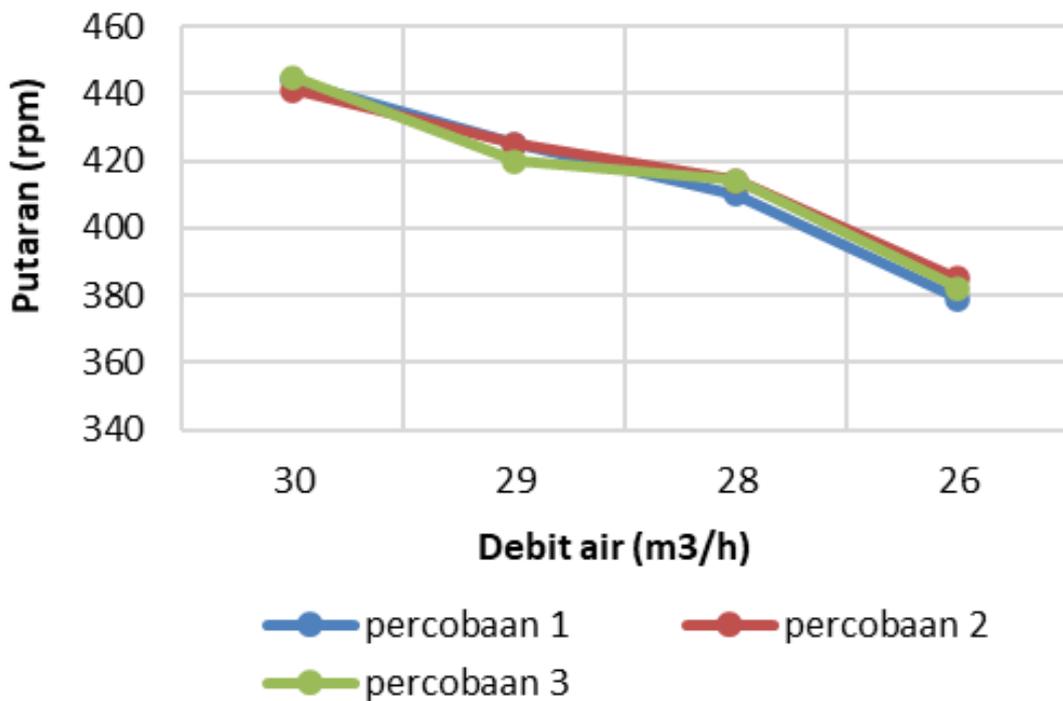
3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengamatan dan pengambilan data pengujian turbin Francis yang telah dilakukan sebanyak tiga kali seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengamatan dan pengukuran turbin Francis

Pembukaan katup	Test	Putaran (rpm)	Load cell (kg)	ΔP (kg/cm ²)	Debit air (m ³ /h)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
90°	1	444	6,5	0,15	30	213	6
	2	441	6,4				
	3	445	6,5				
75°	1	425	6,2	0,20	29	213	6
	2	425	6,2				
	3	420	6,1				
60°	1	410	5,8	0,32	28	213	6
	2	414	5,9				
	3	414	5,9				
45°	1	379	5,3	0,50	26	213	6
	2	385	5,5				
	3	382	5,4				

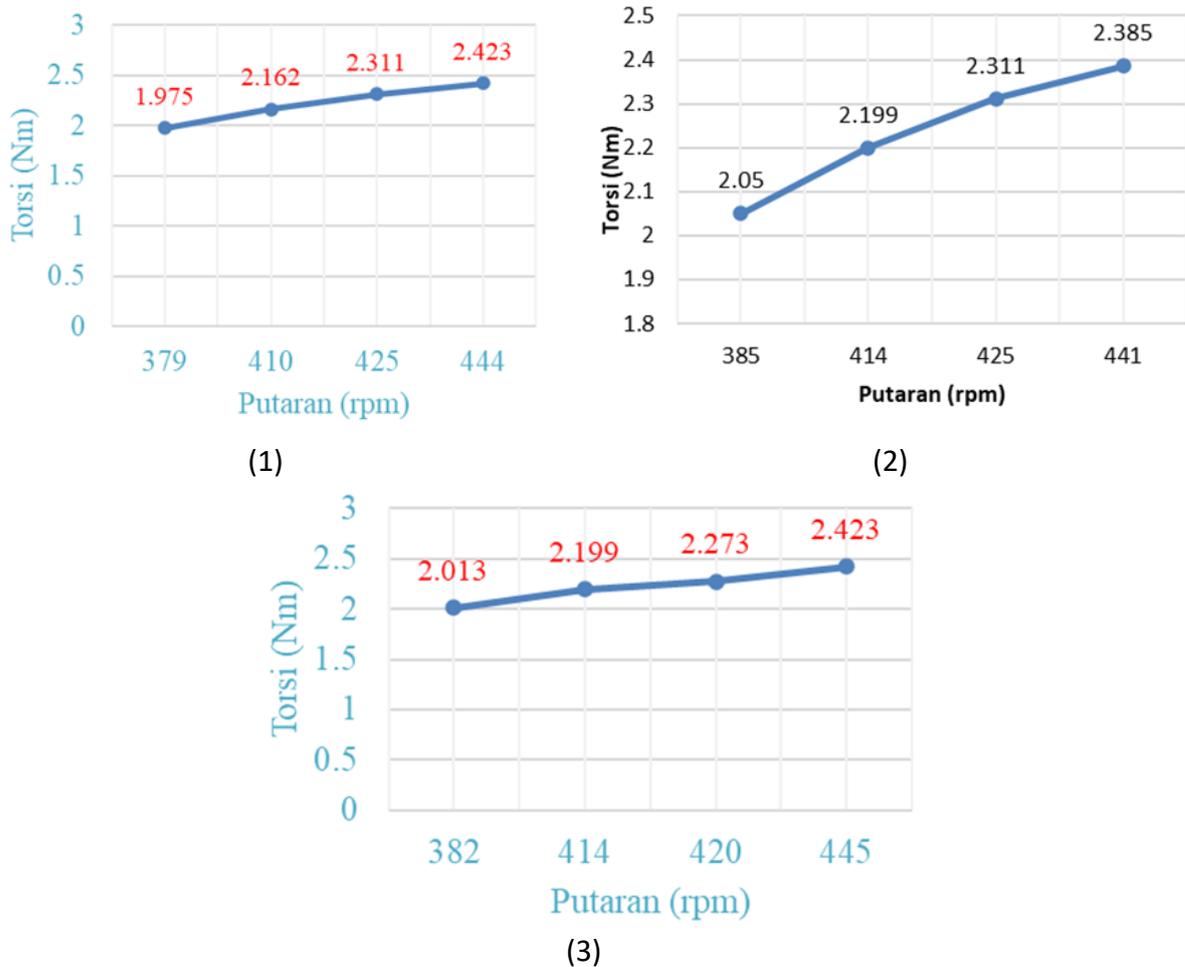
Jika dibuat hubungan antara debit air versus putaran dalam bentuk grafik untuk 3 kali percobaan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara debit air versus putaran

Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa semakin kecil pembukaan katub maka semakin kecil pula putarannya, yaitu pada katub 45° dengan nilai putaran terkecil berada di percobaan ke-1 dengan 379 rpm dan nilai terbesar yaitu pada pembukaan katub 90° pada percobaan ke-3 dengan nilai putaran sebesar 445 rpm.

Jika dibuat hubungan antara putaran dengan torsi dalam bentuk grafik untuk 3 kali percobaan seperti pada Gambar 3.

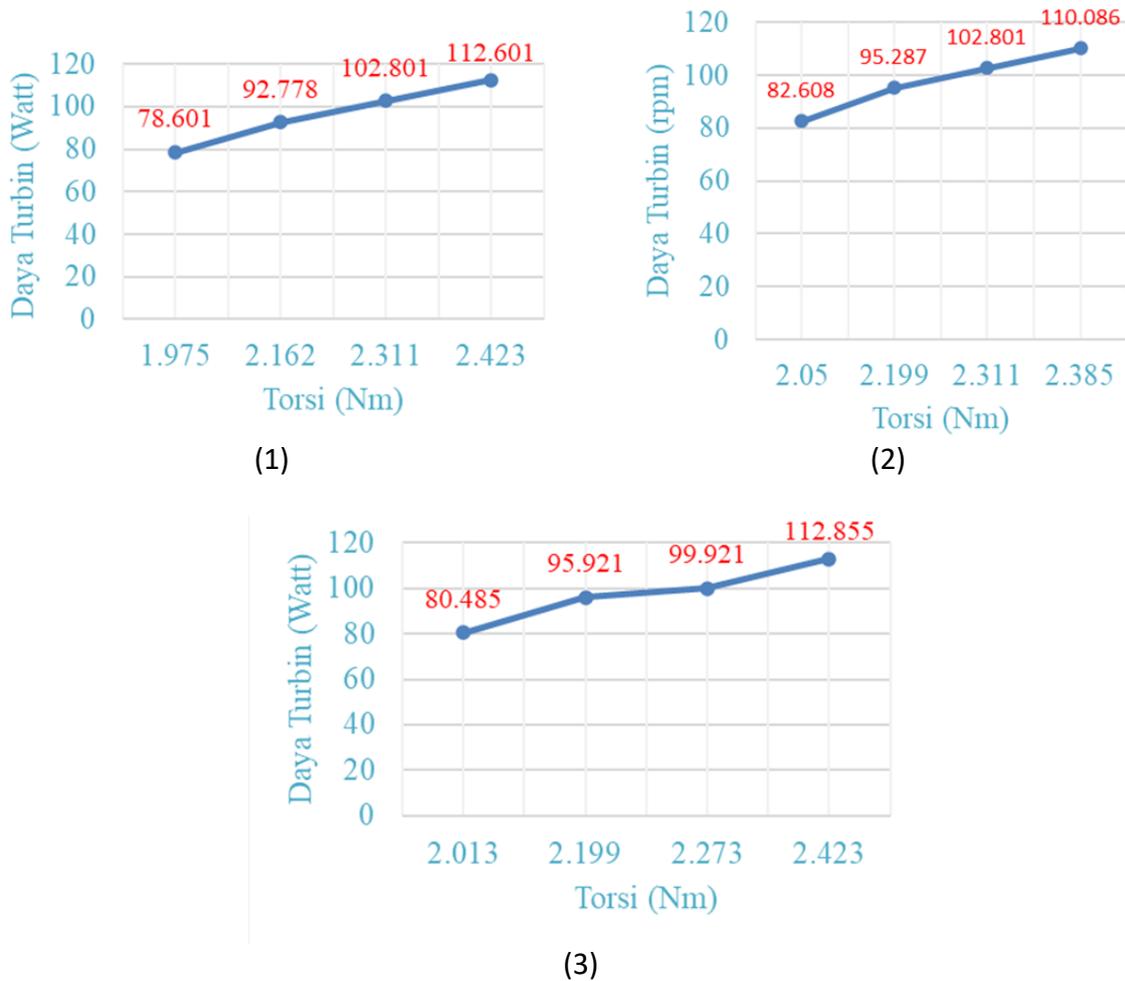


Gambar 3. Grafik hubungan putaran dengan torsi

Dari Gambar 3. (1) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai putaran maka semakin besar pula nilai torsi, yaitu putaran tertinggi pada 444 rpm dengan nilai torsi sebesar 2,423 N.m dan nilai terendah pada putaran 379 rpm dengan nilai torsi sebesar 1,975 N.m. Gambar 3. (2) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai putaran maka semakin besar pula nilai torsi, yaitu putaran tertinggi pada 441 rpm dengan nilai torsi sebesar 2,385 N.m dan nilai terendah pada putaran 385 rpm dengan nilai torsi sebesar 2,05 N.m. Gambar 3. (2) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai putaran maka semakin besar pula nilai torsi, yaitu putaran tertinggi pada 445 rpm dengan nilai torsi sebesar 2,423 N.m dan nilai terendah pada putaran 382 rpm dengan nilai torsi sebesar 2,013 N.m.

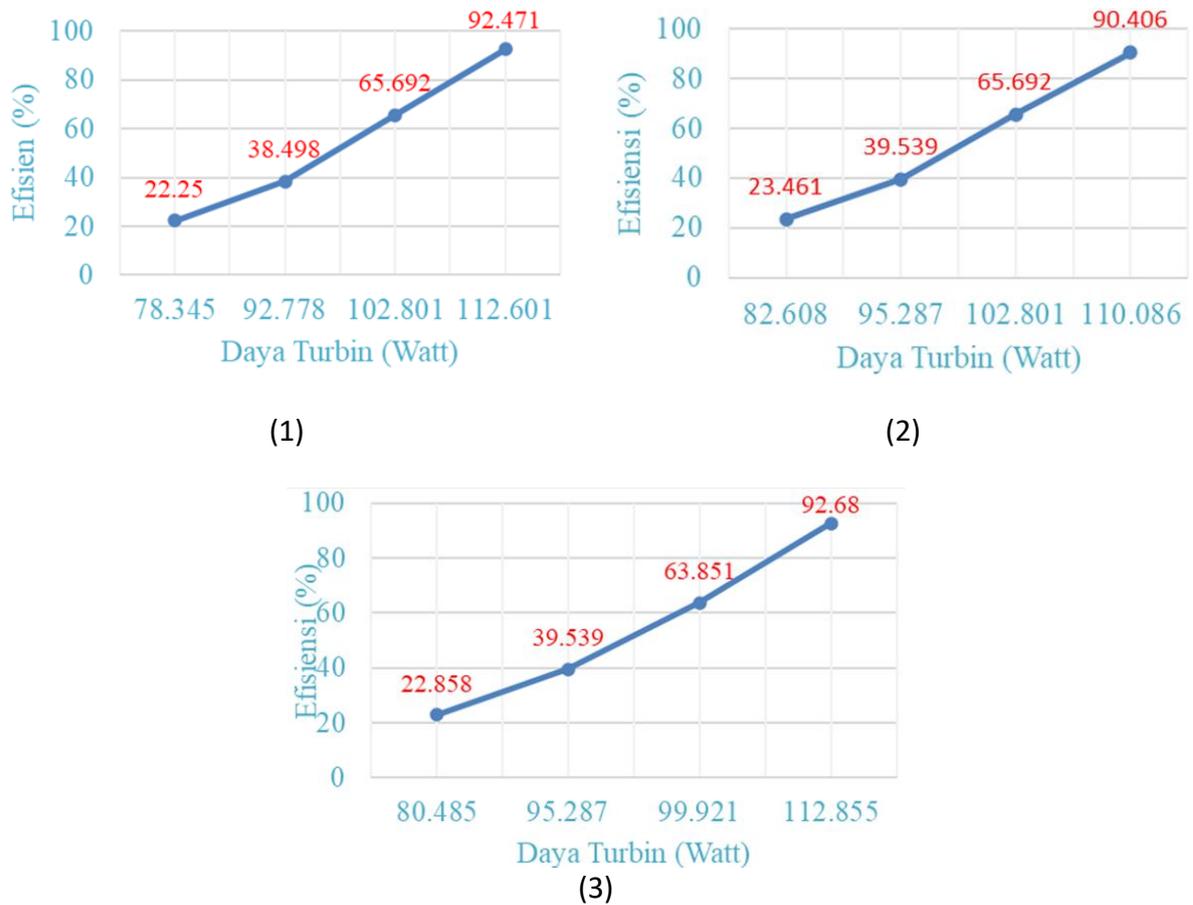
Jika dibuat hubungan antara torsi dengan daya turbin dalam bentuk grafik untuk 3 kali percobaan seperti pada Gambar 4. Dari Gambar 4. (1) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai torsi maka semakin besar pula daya turbinnya, yaitu nilai torsi tertinggi 2,423 N.m dengan nilai daya turbin sebesar 112,601 W dan nilai terendah pada nilai torsi 1,975 N.m dengan nilai

daya turbin sebesar 78,345 W. Gambar 4. (2) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai torsi maka semakin besar pula daya turbinnya, yaitu nilai torsi tertinggi 2,385 N.m dengan nilai daya turbin sebesar 110,086 W dan nilai terendah pada nilai torsi 2,050 N.m dengan nilai daya turbin sebesar 82,608 W. Gambar 4. (3) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai torsi maka semakin besar pula daya turbinnya, yaitu nilai torsi tertinggi 2,423 N.m dengan nilai daya turbin sebesar 112,885 W dan nilai terendah pada nilai torsi 2,013 N.m dengan nilai daya turbin sebesar 80,485 W.



Gambar 4. Grafik hubungan torsi versus daya turbin

Jika dibuat hubungan antara daya dengan efisiensi turbin Francis dalam bentuk grafik untuk 3 kali percobaan seperti pada Gambar 5. Dari Gambar 5. (1) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai daya turbin maka semakin besar pula nilai efisiensi turbinnya, yaitu nilai daya turbin tertinggi 112,601 W dengan nilai efisiensi turbin sebesar 92,471% dan nilai terendah pada daya turbin 78,345 W dengan nilai efisiensi turbin sebesar 22,250%. Gambar 5. (2) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai daya turbin maka semakin besar pula nilai efisiensi turbinnya, yaitu nilai daya turbin tertinggi 110,086 W dengan nilai efisiensi turbin sebesar 90,406% dan nilai terendah pada daya turbin 82,608 W dengan nilai efisiensi turbin sebesar 23,461%. Gambar 5. (3) dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai daya turbin maka semakin besar pula nilai efisiensi turbinnya, yaitu nilai daya turbin tertinggi 112,855 W dengan nilai efisiensi turbin sebesar 92,680% dan nilai terendah pada daya turbin 80,485 W dengan nilai efisiensi turbin sebesar 22,858%.



Gambar 5. Grafik hubungan daya turbin versus efisiensi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa nilai maksimum putaran, torsi, dan daya turbin didapat pada pengujian turbin Francis di pembukaan katub 90° yang menghasilkan putaran 445 rpm, torsi 2,423 N.m, dan daya turbin 112,855 W.

Daftar Pustaka

- Abdullah, Ilmi, Jufrizal Nurdin, and Hasanuddin. 2016. "Kajian Potensi Energi Angin Di Daerah Kawasan Pesisir Pantai Serdang Bedagai Untuk Menghasilkan Energi Listrik." *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 2 (1): 31–38. <https://www.neliti.com/publications/329147/kajian-potensi-energi-angin-di-daerah-kawasan-pesisir-pantai-serdang-bedagai-unt>.
- Ditjen SDA. 2014. "Potensi PLTA Di Indonesia Sebesar 76.670 Megawatt." Balai Wilayah Sungai Sumatera I. 2014. <https://sda.pu.go.id/balai/bwssumatera1/article/potensi-plta-di-indonesia-sebesar-76670-megawatt>.
- Irwanto, M, B Ismail, I Nisja, Y M Irwan, H Alam, N H Baharudin, Jufrizal, W Z Leow, and S Ahmad. 2021. "Solar Radiation Estimation Using Discriminate Analysis Algorithm for The Output Voltage of Photovoltaic Module." In *Journal of Physics: Conference Series*, 1878:12019. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1878/1/012019>.
- Islamiyah, Fernanda, Joke Prastilastiarso, and Achmad Bahrul Ulum. 2018. "Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Guide Vane Terhadap Daya Mekanik Turbin Francis." In , 219–29. Yogyakarta: IST AKPRIND Yogyakarta. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/download/1450/1149>.

- Laksana, Dewa Putu Ari, Ida Ayu Dwi Giriantari, and I Nyoman Satya Kumara. 2020. "Redesain Turbin 175 KW Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Mekar Sari Buleleng Bali." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 19 (2): 241–48. <https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i02.p17>.
- Shadrina, Afif Nur Ayu, Joke Pratilastiarso, and Achmad Bahrul Ulum. 2018. "Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Pipa Saluran Terhadap Performa Turbin Francis." In *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2018*, 229–37. Yogyakarta: IST AKPRIND Yogyakarta. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/1451/1150>.
- Yurika. 2021. "Potensi Besar, PLTA Masih Jadi Andalan." *Dunia Energi*. 2021. <https://www.dunia-energi.com/potensi-besar-plta-masih-jadi-andalan/>.