

## ANALISIS PENGARUH PEMBUKAAN KATUP TERHADAP KINERJA TURBIN AIR

MUH. DARWIS

Universitas Pejuang Republik Indonesia Makassar  
e-mail: [muhdarwis41@gmail.com](mailto:muhdarwis41@gmail.com)

### ABSTRAK

Pemanfaatan energi air dilakukan dengan menggunakan turbin air yang memanfaatkan air terjun atau aliran air sungai. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada head dan debit air. Adapun jenis turbin yang di pergunakan dalam penelitian ini adalah turbin kinetik yang porosnya diletakan secara vertikal, dimana air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar. Penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan fluida air pada saluran air yang telah disiapkan dengan mempergunakan pompa, fluida yang dialirkan dibuat turbulensi agar kondisinya dianggap sama dengan kondisi sungai yang mengalir. Debit air diatur mulai 20 m<sup>3</sup>/jam, 22 m<sup>3</sup>/jam, 24 m<sup>3</sup>/jam, 26 m<sup>3</sup>/jam dan 28 m<sup>3</sup>/jam, Sedangkan pengereman putaran turbin divariasikan dari 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm, dan 10 rpm. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data putaran (n), gaya (F) dan perhitungan terhadap kecepatan aliran pada saluran masuk di ujung pengarah aliran (V), Daya maksimum diperoleh pada kecepatan runner 60 rpm dengan debit aliran 28 m<sup>3</sup>/jam sebesar 4.284 watt , Efisiensi maksimum diperoleh pada kecepatan runner 60 rpm dengan debit aliran 28 m<sup>3</sup>/jam sebesar 26.373 %. Semakin besar debit air yang dialirkan ke sudu sudu turbin, maka daya dan Efisiensi turbin yang dihasilkan semakin besar selanjutnya semakin besar putaran runner turbin maka daya dan efisiensi turbin yang dihasilkan juga semakin besar.

**Kata Kunci:** Turbin Kinetik, Debit, Daya, Efisiensi

### ABSTRACT

Utilization of water energy is carried out using water turbines that utilize waterfalls or river water flows. The amount of hydropower available from a water source depends on the water head and discharge. The type of turbine used in this research is a kinetic turbine whose shaft is placed vertically, where The water directly hits the blades on one half of the turbine wheel while the other half also gets hit but not as much as the first half so the turbine can still spin. This research was carried out by flowing water fluid into a water channel that had been prepared using a pump. The flowing fluid was created into turbulence so that the conditions were considered the same as the conditions of a flowing river. The water flow is set from 20 m<sup>3</sup>/hour, 22 m<sup>3</sup>/hour, 24 m<sup>3</sup>/hour, 26 m<sup>3</sup>/hour and 28 m<sup>3</sup>/hour, while the turbine rotation braking is varied from 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm and 10 rpm . This test was carried out to obtain data on rotation (n), force (F) and calculation of the flow velocity at the inlet at the end of the flow director (V),Maximum power is obtained at a runner speed of 60 rpm with a flow rate of 28 m<sup>3</sup>/hour of 4,284 watts,Maximum efficiency was obtained at a runner speed of 60 rpm with a flow rate of 28 m<sup>3</sup>/hour of 26.373%. The greater the flow of water flowing into the turbine blades, the greater the resulting turbine power and efficiency. Furthermore, the greater the rotation of the turbine runner, the greater the resulting turbine power and efficiency.

**Keywords:** Kinetic Turbine, Discharge, Power, Efficiency

### PENDAHULUAN

Air merupakan unsur terpenting bagi kehidupan manusia untuk bisa memenuhi  
Copyright (c) 2023 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

kebutuhannya sehari-hari, Irwansyah 2017). Selain itu energi yang terkandung dalam air juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran) [Irawan, D. (2014)]. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik (Hariyani, Said Muh, 2017). Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air sungai (Tuapetel & Poerwoko, 2018). Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada head dan debit air (Nugraha, Waluyo, & Syahril, 2013). Hal ini dapat dilakukan dengan merubah energi potensial air menjadi energi kinetik kemudian didalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi mekanik, dimana air memutar roda turbin (Arismunandar, 1982). Pada roda turbin terdapat sudu dan fluida kerja mengalir melalui ruang di antara sudu tersebut [Arismunandar, W. (2004)]. Energi puntir yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator (Luknanto, 2008, Debby (2021)

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok manusia untuk memenuhi kemajuan peradaban yang semakin maju dan modern, sehingga setiap aktifitas menjadi lebih mudah. Disisi lain populasi manusia semakin hari semakin bertambah, jika kebutuhan akan tenaga listrik juga semakin meningkat maka diperlukan terobosan baru untuk menambah tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Indonesia memiliki banyak sungai dan pegunungan dimana terdapat sumber tenaga air dengan head yang tinggi maupun rendah dan debit air yang tinggi, sehingga memiliki potensi yang cukup besar untuk pembangunan PLTMh, Syafriyudin (2017). Ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun. Potensi ini baru sekitar 23 % yang sudah termanfaatkan, dimana hanya sekitar 20 % digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku rumah tangga, kota dan industri, 80 % lainnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, Budiarmo (2020). Energi air dengan head rendah juga banyak dijumpai di desa-desa seperti aliran sungai dan saluran irigasi yang selama ini banyak dimanfaatkan untuk pengairan sawah, Mahmuddin, dkk, (2019).

Pembangkit listrik tenaga air telah banyak dikembangkan di berbagai daerah di Indonesia, terutama turbin air tipe aliran silang (*crossflow*) yang aplikasinya mencakup semua lokasi dengan debit aliran air dan tinggi jatuh air yang rendah dan menengah (Haimeri, L.A. 1960: 3). Namun demikian energi air dengan tinggi jatuh dan debit kecil belum banyak dimanfaatkan, padahal di beberapa wilayah Indonesia punya potensi yang cukup besar untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga air dengan tinggi jatuh dan debit kecil (*microhydro*) (Triono, 2012:112)

Di pemukiman penduduk yang sulit terjangkau dengan listrik, turbin air mini bisa dijadikan pertimbangan untuk bisa dimanfaatkan energinya. (Mahyusal, 2013) Turbin air mini yang dibuat dengan sudu lengkung akan menghasilkan daya yang lebih besar dikarenakan mempunyai daya dorong di sudu lengkungnya karena air tertahan sejenak di sudu lengkung tersebut. (Lubis, 2007) Untuk menentukan pemakaian suatu potensi sumber tenaga air, ada tiga faktor utama yang harus diperhatikan yaitu jumlah air yang tersedia, tinggi jatuh air yang dimanfaatkan, dan jarak lokasi. (Muliawan, 2016)

Kincir air dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan arah alirannya yaitu overshoot, breastshot dan undershot, Setwayan (2019). 1) Kincir air overshoot memanfaatkan berat air karena arah alirannya dari atas menimpa sudu dan menghasilkan energy mekanis. 2) Kincir air Breastshot memanfaatkan energy kinetik air dan berat air untuk memutar sudu dan menghasilkan energy mekanis. 3) Kincir air undershot mempunyai arah aliran dibawah kincir, memanfaatkan energy kinetik air untuk menabrak sudu sehingga menghasilkan energy mekanis pada kincir. Efisiensi terbesar diperoleh pada kincir air breastshot karena memanfaatkan energy kinetik air dan berat jenis air, Gerard (2021).

Turbin kinetik sangat tepat untuk dipakai pada daerah yang datar yang memiliki aliran sungai dengan debit air rendah sampai menengah. Adal dua jenis turbin kinetik, yaitu turbin kinetik dengan poros *horizontal* dan turbin kinetik berporos vertikal. Menurut Soenoko (2012), Keuntungan pemanfaatan turbin kinetik adalah (1) Pemilihan lokasi tidak terlalu banyak syarat; (2) Tanpa bendungan; (3) Instalasi yang murah; (3) Waktu pemasangan yang cepat; (4) Keluaran energi yang mudah di skala (*easily scalable energi output*); (5) Kapasitas yang steady, produksi energi yang steady; (6) Bentuknya sederhana dan mudah dibuat; (7) Potensi air yang dibutuhkan tidak membutuhkan tinggi jatuh, yang dibutuhkan hanya adanya aliran air (energi kinetik); (8) Tegangan listrik yang dibangkitkan adalah DC; (9) Pemeliharaan mudah dan (10) Untuk setiap aliran sungai dapat dipasang beberapa instalasi turbin kinetik. Sehingga listrik yang dibangkitkan akan berlipat sesuai dengan banyaknya turbin yang dipasang pada aliran sungai tersebut.

Pada turbin kinetik poros vertikal air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar. Dalam suatu PLTA diperlukan turbin kinetik dengan efisiensi yang baik. Pemberian sekat pada bagian masuk turbin agar punggung turbin yang berputar melawan arus dapat terhindar dari tekanan air adalah salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi turbin kinetik [Brian, Kirke., 2007]. Turbin air ini memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan sungai kecil atau kecepatan aliran. Air yang masuk ke dalam dan keluar turbin tidak mempunyai tekanan lebih (*over pressure*). Turbin air yang ditempatkan secara aksial dan memanfaatkan kecepatan sungai secara alami, Kinerja dari turbin air ini tergantung dari Kondisi aliran (kecepatan air dan debit air), soliditas dan sudut kemiringan sudu [Mitsuhiro Shiono, Kdsuyuki Suzuki, Sezji Kiho., 2002].

Pemanfaatan tenaga air kecepatan rendah salah satunya dengan menggunakan turbin kinetik. Dimana turbin ini memanfaatkan Potensi energi kinetik berupa kecepatan aliran air dari sungai. Arus aliran air langsung menumbuk sudu turbin yang dapat menyebabkan runner berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator kemudian menjadi energi listrik. [Yani. A, Wahyudi. S. dan Denny. W (2012)]

Turbin kinetik bekerja dimana arus aliran air langsung menumbuk sudu turbin tanpa melalui nozel. Energi diberikan kepada sudu berupa energi kinetik atau energi kecepatan. Pada turbin kinetik vertikal (tegak) air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar. [Ohoirenan. W, Wahyudi. S, dan Sutikno, D, (2012).]

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Siregar [Siregar, Herman. 2010] menyimpulkan bahwa hubungan antara produksi listrik berbanding lurus dengan tinggi muka air, debit air, dan daya yang digunakan. Semakin tinggi muka air dalam waduk, maka semakin banyak debit air yang dikeluarkan, sehingga semakin besar juga daya dan jumlah produksi listrik yang akan dihasilkan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Muliawan [Muliawan, Arief dan Yani, A. 2016] menyimpulkan bahwa semakin besar debit air maka efisiensi turbin kinetik semakin meningkat dikarenakan adanya penambahan kecepatan aliran yang menumbuk sudu turbin sehingga gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan mempengaruhi torsi turbin, daya turbin dan efisiensi turbin. Pada turbin kinetik poros vertikal air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar. Adapun jenis turbin yang di pergunakan dalam penelitian ini adalah turbin kinetik yang porosnya diletakan secara vertikal.

## METODE PENELITIAN

Turbin air yang diteliti adalah jenis turbin kinetik yang berbentuk roda dengan sudut pada sekeliling tepinya yang diletakkan pada poros vertikal dengan sambungan engsel. Adapun fokus penelitian yang akan dilakukan yaitu pengaruh pembukaan katup terhadap kinerja turbin air yang dilaksanakan dilaboratorium mekanika fluida Fakultas Teknik UPRI Makassar pada bulan Agustus 2023.

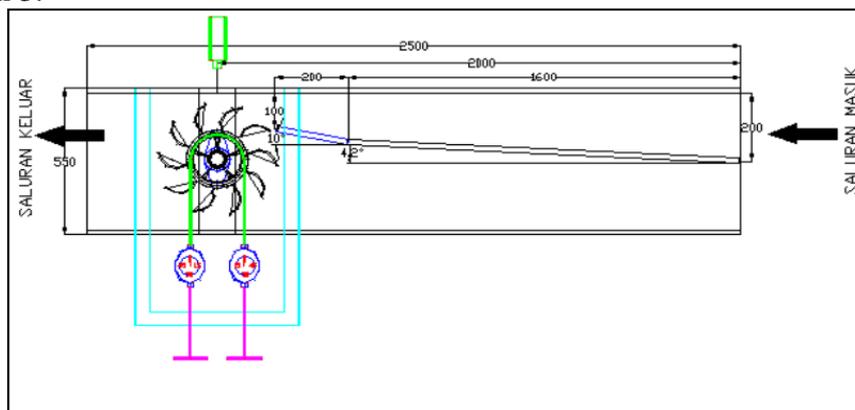
### Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu poros dengan diameter 30mm, cakram berdiameter 110 mm dan tinggi cakram 130 mm dengan bahan pipa besi setebal 4 mm, dan sudu panjangnya 110 mm, lebar 130 mm dan kedalaman sudu mangkuk 23 mm. Jumlah sudu yang digunakan yaitu sembilan buah dengan ketebalan 3 mm dengan bahan mika transparan yang dipasang keliling cakram. Gambar cakram, poros, bentuk sudu dan variasi sudu turbin kinetik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 a. Cakram dan poros, b. Sudu Turbin, c. Runner turbin

Selanjutnya digunakan saluran aliran air dengan panjang panjang 1600 mm dan lebar saluran air masuk sebesar 200 mm sedangkan lebar saluran masuk yang menumbuk sudu turbin sebesar 100 mm dengan kemiringan  $4,2^{\circ}$ . Saluran aliran air sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Instalasi penelitian tampak atas

### Variabel Penelitian

Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung luas saluran masuk pada sudut pengarah aliran adalah:

$$A = p \cdot l \quad (1)$$

Sedangkan kecepatan aliran pada posisi sudut pengarah aliran dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$v_1 = Q A \quad (2)$$

dimana Q adalah debit aliran yang digunakan dalam penelitian ini.

Adapun laju massa air yang mengalir persatuan waktu adalah

$$m = \rho \cdot Q \cdot v \quad (3)$$

Dengan  $\rho$  massa jenis air. Pada penelitian ini digunakan untuk turbin ini yakni saluran terbuka sehingga tidak ada beda tekanan.

Besarnya energi yang dihasilkan oleh suatu aliran dalam turbin kinetik ditentukan dengan (Zahir dan Bambang, 2010)

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (4)$$

Untuk turbin kinetik yang hanya memanfaatkan aliran air atau kecepatan arus sungai, energi air yang tersedia merupakan energi kinetik. Sebagaimana ditunjukkan pada

$$\frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} m v^2 \quad (5)$$

Untuk daya air yang mengalir pada suatu penampang saluran tertentu maka dalam perhitungannya dipergunakan (Kadir dan Bambang, 2010)

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (6)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas  $Q = A \cdot v$  maka:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (7)$$

Sedangkan untuk menghitung besar daya turbin yang dihasilkan akibat adanya energi kinetik (Arismunandar, 2004)

$$P_t = T \cdot \omega \quad (8)$$

Maka untuk mendapatkan torsi yang merupakan gaya dikali dengan lengan radius pully yang besar lengan (0,13 m), besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan

$$T = F_t \cdot R \quad (9)$$

Kecepatan keliling turbin atau dikenal dengan kecepatan sudut dapat diperoleh dengan persamaan

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot 60 \quad (10)$$

Daya yang dihasilkan oleh turbin sebesar

$$P_t = T \cdot \omega \quad (11)$$

Adapun Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \quad (12)$$

#### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental. Adapun prosedur penelitian dan teknik pengambilan data yang dilakukan adalah (1) Mempersiapkan tabulasi untuk mencatat hasil pengujian; (2) Menyiapkan dan memasang semua instalasi penelitian; (3) Memasang alat ukur yang dibutuhkan; (4) Mengecek kondisi alat ukur dan alat pendukung lainnya serta mengkalibrasi peralatan yang digunakan dalam pengambilan data; (5) Memasang sudu berjumlah Sembilan buah; (6) Menghidupkan pompa untuk menyalurkan air; (7) Mengatur debit aliran sesuai dengan debit yang diinginkan (8) Mengukur putaran poros turbin dengan alat ukur tacometer tanpa beban. Selanjutnya mengukur putaran poros turbin dengan beban yang diberikan secara pelan-pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi putaran yang telah ditentukan dan selanjutnya memberikan beban Sampai turbin tidak berputar. Kemudian mencatat setiap variasi pengukuran putaran turbin sampai turbin berhenti berputar; (9) Pengujian putaran runner atau poros turbin yang 80 rpm dilakukan 3 kali pengulangan untuk mendapatkan data pengujian yang akurat; (10) Mengulang kembali penelitian dengan variasi putaran poros turbin 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm dan 10 rpm; (11) Mengolah data penelitian

yang didapatkan dan (12) Menganalisa data penelitian yang didapatkan untuk mengetahui pengaruh pembukaan katup terhadap kinerja turbin.

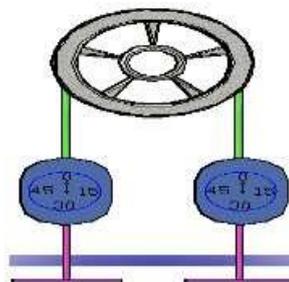
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Runner merupakan bagian utama dari turbin kinetik. Dimana runner terdiri dari tiga bagian utama yaitu: Poros, Cakram dan Sudu. Poros merupakan salah satu bagian dari runner yang berfungsi untuk menahan bagian-bagian dari runner lainnya yang ditempatkan pada bearing sekaligus juga berfungsi untuk meneruskan gaya rotasi yang dihasilkan, sehingga air yang mengalir melewati sudu-sudu dapat memberikan gaya dorong akibat momentum yang terjadi pada sudu sehingga runner berputar. Poros turbin yang digunakan terbuat dari baja dengan ukuran diameter 30 mm dan panjangnya 130 mm dan porosnya diletakkan secara vertikal dengan harapan agar seluruh sudu mendapat dorongan yang sempurna dari aliran air.

Adapun Cakram merupakan bagian kedua dari runner yang mana sudu-sudu akan terpasang di sekeliling cakram dengan jarak yang sama antara sudu satu dengan lainnya. Cakram berfungsi untuk meneruskan gaya dari sudu ke poros. Cakram yang digunakan pada turbin ini berbentuk selindris yang terbuat dari pipa besi berdiameter 110 mm, tebalnya 4 mm dan panjangnya 130 mm.

Sedangkan bagian yang ketiga dari runner adalah sudu, dimana sudu-sudu ini berfungsi untuk merubah energi kinetik aliran air kepada runner menjadi energi rotasi. Sudu-sudu yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk mangkuk yang dipasang dengan engsel pada cakram dan dipasang sejajar dengan sumbu poros turbin. Sudu berbentuk mangkuk diharapkan agar aliran fluida yang menumbuk sudu dapat berlangsung secara optimal sehingga menghasilkan energi mekanik yang maksimal sehingga dapat meningkatkan kinerja turbin. Adapun sudu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sudu yang terbuat dari akrilik/mika yang transparan dengan ketebalan 3 mm.

Penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan fluida air pada saluran air yang telah disiapkan dengan mempergunakan pompa, fluida yang dialirkan dibuat turbulensi agar kondisinya dianggap sama dengan kondisi sungai yang mengalir. Debit air diatur mulai 20 m<sup>3</sup>/jam, 22 m<sup>3</sup>/jam, 24 m<sup>3</sup>/jam, 26 m<sup>3</sup>/jam dan 28 m<sup>3</sup>/jam, Sedangkan pengereman putaran turbin divariasikan dari 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm, dan 10 rpm. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data putaran (n), gaya (F) dan perhitungan terhadap kecepatan aliran pada saluran masuk di ujung pengarah aliran (V), dengan posisi komponen tersebut sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Posisi dan Arah Gaya

## Hasil

Setelah menyiapkan dan memasang semua instalasi penelitian yang dibutuhkan dan mengecek kondisi alat ukur dan alat pendukung lainnya serta mengkalibrasi peralatan yang digunakan dalam pengambilan data maka dilakukan pengambilan data. Langkah awal yang dilakukan yaitu menghidupkan pompa untuk menyalurkan air kemudian mengatur debit aliran

sesuai dengan debit yang di inginkan. Selanjutnya mengukur putaran poros turbin dengan alat ukur tacometer tanpa beban kemudian dilanjutkan dengan mengukur putaran poros turbin dengan beban yang diberikan secara pelan-pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi putaran yang telah ditentukan dan selanjutnya memberikan beban Sampai turbin tidak berputar. Kemudian mencatat setiap variasi pengukuran putaran turbin sampai turbin berhenti berputar. Setiap pengujian putaran runner atau poros turbin dilakukan 3 kali pengulangan untuk mendapatkan data pengujian yang akurat. Selanjutnya mengulang kembali penelitian dengan variasi putaran poros turbin 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm dan 10 rpm. Adapun data hasil penelitian untuk debit aliran 28 m<sup>3</sup>/jam dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Hasil data hasil pengujian debit 28 m<sup>3</sup> /jam**

Debit Air (Q) m <sup>3</sup> /jam	Putaran (n) rpm	Gaya F (N)		
		F1	F2	ΣF
28	80	1.2	2.7	3.9
		1.2	2.8	4.0
		1.1	2.8	3.9
	60	1.9	3.8	5.7
		1.8	3.4	5.2
		1.8	3.4	5.2
	40	2.6	4.7	7.3
		2.6	4.3	6.9
		2.6	4.3	6.9
	20	3.5	5.4	8.9
		3.6	5.4	9.0
		3.4	5.5	8.9
	10	4.0	5.7	9.7
		4.0	5.7	9.7
		4.1	5.6	9.7

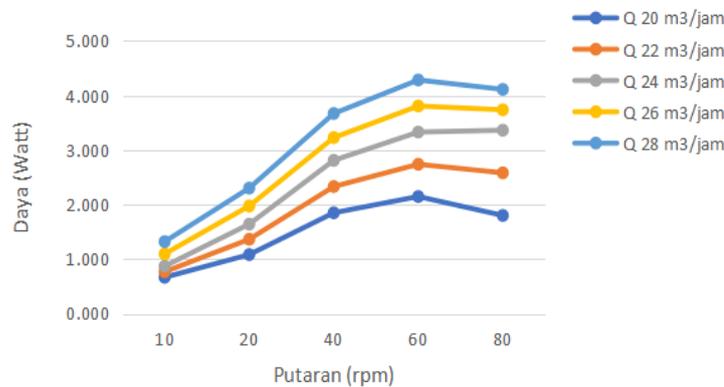
dimana  $\sum F = F1 + F2$

Selanjutnya dilakukan pengukuran gaya untuk masing masing debit 20 m<sup>3</sup>/jam, 22 m<sup>3</sup>/jam, 24 m<sup>3</sup>/jam dan 26 m<sup>3</sup>/jam dengan perlakuan yang sama dilakukan untuk masing masing variasi putaran 10 rpm, 20 rpm, 40 rpm, 60 rpm dan 80 rpm. Setelah diperoleh data pengukuran gaya kemudian dilanjutkan dengan menghitung besarnya daya turbin ( $P_t = T \cdot \omega$ ) yang dihasilkan akibat adanya energi kinetik yang merupakan hasil kali Torsi dengan kecepatan anguler (Arismunandar, 2004) dimana torsi yang dihasilkan merupakan hasil kali antara gaya dengan lengan radius pully ( $T = Ft \cdot R$  ,,dimana R=0,13 m) dengan kecepatan anguler ( $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot 60$ ). Besarnya daya yang dihasilkan oleh runner turbin ditunjukkan pada tabel 2.

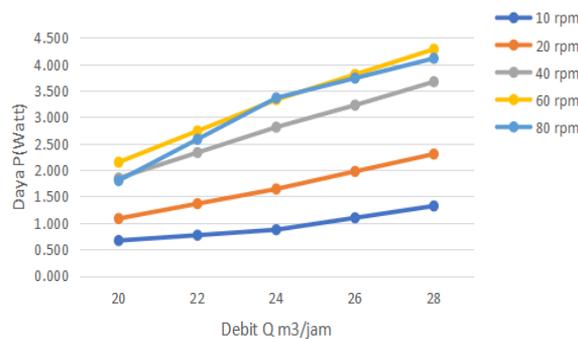
Tabel 2. Data daya tiap putaran runner turbin terhadap debit air

Debit Air (Q) <i>m<sup>3</sup>/jam</i>	Daya P(watt)				
	80 rpm	60 rpm	40 rpm	20 rpm	10 rpm
20	1.834	2.170	1.878	1.089	0.666
	1.783	2.136	1.844	1.089	0.666
	1.783	2.136	1.824	1.069	0.666
22	2.601	2.742	2.341	1.364	0.768
	2.575	2.708	2.307	1.364	0.768
	2.569	2.766	2.341	1.362	0.766
24	3.368	3.314	2.803	1.640	0.870
	3.368	3.280	2.769	1.640	0.870
	3.354	3.395	2.858	1.642	0.871
26	3.722	3.899	3.341	1.967	1.096
	3.752	3.729	3.141	1.980	1.102
	3.739	3.793	3.198	1.974	1.089
28	4.076	4.484	3.878	2.293	1.319
	4.137	4.178	3.592	2.320	1.321
	4.123	4.191	3.538	2.293	1.320

Hubungan antara daya dan putaran berdasarkan variasi debit air ditunjukkan pada gambar 4, sedangkan hubungan antara daya dan debit aliran berdasarkan variasi putaran ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 4. Grafik Perubahan daya keluaran terhadap kecepatan runner



Gambar 5. Grafik Perubahan daya keluaran terhadap Debit aliran

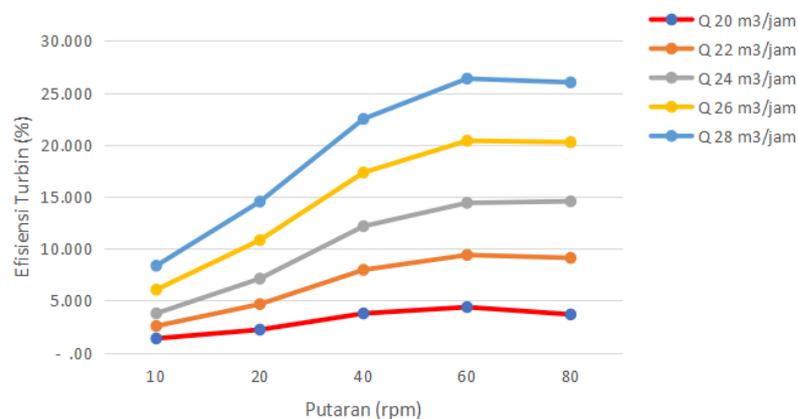
Pada penelitian ini dilakukan dengan 5(lima) variasi debit aliran yaitu 20 m<sup>3</sup> /jam, 22 m<sup>3</sup> /jam, 24 m<sup>3</sup> /jam, 26 m<sup>3</sup> /jam dan 28 m<sup>3</sup> /jam dan juga 5(lima) variasi putaran yaitu 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm dan 10 rpm.

Selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi turbin untuk masing masing debit 20 m<sup>3</sup>/jam, 22 m<sup>3</sup>/jam, 24 m<sup>3</sup>/jam dan 26 m<sup>3</sup>/jam dengan perlakuan yang sama dilakukan untuk masing masing variasi putaran 10 rpm, 20 rpm, 40 rpm, 60 rpm dan 80 rpm. Dimana Efisiensi turbin merupakan perbandingan antara daya input  $P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2$  (Kadir dan Bambang, 2010) dengan daya output  $P_t = T \cdot \omega$  (Arismunandar,2004). Adapun hasil perhitungan efisiensi ditunjukkan pada Tabel 3.

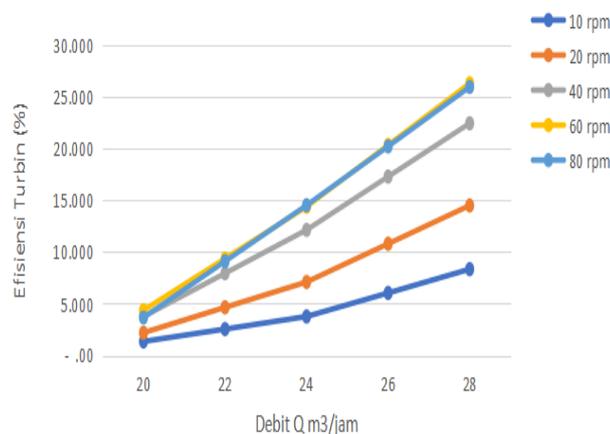
**Tabel 3. Data efisiensi tiap putaran runner turbin terhadap debit air**

Debit Air (Q) m <sup>3</sup> /jam	Efisiensi (η)%				
	80 rpm	60 rpm	40 rpm	20 rpm	10 rpm
20	3.754	4.419	3.823	2.216	1.360
	3.629	4.350	3.754	2.216	1.357
	3.629	4.350	3.713	2.175	1.355
22	9.166	9.380	7.978	4.657	2.563
	9.103	9.272	7.870	4.657	2.563
	9.074	9.522	8.040	4.665	2.534
24	14.577	14.341	12.132	7.097	3.771
	14.577	14.194	11.985	7.097	3.769
	14.518	14.695	12.368	7.156	3.770
26	20.150	20.320	17.305	10.784	6.050
	20.343	20.281	17.330	10.870	6.093
	20.271	20.574	17.350	10.818	6.021
28	25.723	26.299	22.477	14.472	8.330
	26.109	26.367	22.674	14.644	8.417
	26.203	26.453	22.330	14.472	8.333

Pada penelitian ini dilakukan dengan 5(lima) variasi debit aliran yaitu 20 m<sup>3</sup> /jam, 22 m<sup>3</sup> /jam, 24 m<sup>3</sup> /jam, 26 m<sup>3</sup> /jam dan 28 m<sup>3</sup> /jam dan divariasikan dalam 5(lima) putaran yaitu 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm, 20 rpm dan 10 rpm. Hubungan antara efisiensi dan putaran runner dengan variasi debit aliran ditunjukkan pada Gambar 6. sedangkan Hubungan antara efisiensi dan debit aliran pada variasi putaran runner ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 6. Grafik Perubahan efisiensi keluaran terhadap kecepatan runner**



Gambar 7. Grafik Perubahan efisiensi keluaran terhadap Debit

### Pembahasan

Berdasarkan gambar 4 tentang grafik hubungan antara putaran dengan daya terlihat bahwa dari putaran 10 rpm ke putaran 20 rpm mengalami kenaikan daya yang signifikan begitu pula dari 20 rpm ke putaran 40 rpm mengalami kenaikan daya yang signifikan selanjutnya dari 40 rpm ke putaran 60 rpm mengalami kenaikan daya yang signifikan akan tetapi dari 60 rpm ke putaran 80 rpm mengalami penurunan daya. Daya maksimum diperoleh pada kecepatan runner 60 rpm dengan debit aliran 28 m<sup>3</sup>/jam sebesar 4.284 watt. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kadir dan Bambang, 2010 “ Jika kecepatan debit diperbesar maka besar daya keluaran akan besar pula tetapi bergantung pada besar putaran runner “ .

Selanjutnya berdasarkan gambar 5 tentang grafik hubungan antara debit aliran dengan daya terlihat bahwa penambahan debit aliran dari 20 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran 22 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan daya yang signifikan begitu pula dari debit aliran dari 22 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran dari 24 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan daya yang signifikan begitu pula dari debit aliran dari 24 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran dari 26 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan daya yang signifikan selanjutnya dari debit aliran dari 26 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran dari 28 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan daya yang signifikan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Yani. A, Wahyudi. S. dan Denny. W (2012) bahwa Semakin besar debit air maka daya turbin kinetik semakin meningkat dikarenakan adanya penambahan kecepatan aliran dan massa air yang menumbuk sudu turbin sehingga gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan gaya tangensial tersebut mempengaruhi torsi turbin, dan daya turbin kinetik. Karena pada turbin kinetik vertikal (tegak) air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar [Ohoirenan. W, Wahyudi. S, dan Sutikno, D, (2012).] Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Siregar & Herman. 2010 menyimpulkan bahwa hubungan antara produksi listrik berbanding lurus dengan tinggi muka air, debit air, dan daya yang digunakan. Semakin tinggi muka air dalam waduk, maka semakin banyak debit air yang dikeluarkan, sehingga semakin besar juga daya dan jumlah produksi listrik yang akan dihasilkan.

Berdasarkan gambar 6 terlihat bahwa efisiensi turbin dari putaran 10 rpm ke putaran 20 rpm mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan begitu pula dari putaran 20 rpm ke putaran 40 rpm mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan selanjutnya dari putaran 40 rpm ke putaran 60 rpm mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan akan tetapi dari putaran 60 rpm ke putaran 80 rpm mengalami penurunan nilai efisiensi. Efisiensi maksimum diperoleh pada kecepatan runner 60 rpm dengan debit aliran 28 m<sup>3</sup>/jam sebesar 26.373 %. Efisiensi turbin sangat tergantung pada besarnya daya turbin dan daya turbin sangat tergantung

pada besarnya torsi dan kecepatan anguler. Sedangkan kecepatan anguler dipengaruhi oleh putaran turbin dan putaran turbin sangat tergantung dari massa aliran yang menumbuk sudu turbin.

Selanjutnya berdasarkan gambar 7 tentang grafik hubungan antara debit aliran dengan Efisiensi terlihat bahwa penambahan debit aliran dari 20 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran 22 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan begitu pula dari debit aliran dari 22 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran dari 24 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan begitu pula dari debit aliran dari 24 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran dari 26 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan selanjutnya dari debit aliran dari 26 m<sup>3</sup>/jam ke debit aliran dari 28 m<sup>3</sup>/jam mengalami kenaikan nilai efisiensi yang signifikan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Muliawan [Muliawan, Arief dan Yani, A. 2016] menyimpulkan bahwa semakin besar debit air maka efisiensi turbin kinetik semakin meningkat dikarenakan adanya penambahan kecepatan aliran yang menumbuk sudu turbin sehingga gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan mempengaruhi torsi turbin, daya turbin dan efisiensi turbin.

Daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan anguler. Sedangkan kecepatan anguler dipengaruhi oleh putaran turbin dimana putaran turbin sangat tergantung dari massa aliran yang menumbuk sudu turbin. Debit air dipengaruhi oleh kecepatan air dan berpengaruh terhadap massa air, putaran turbin, torsi turbin, dan daya turbin. Arus aliran air langsung menumbuk sudu turbin yang dapat menyebabkan runner berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin.

## **KESIMPULAN**

1. Semakin besar putaran runner turbin maka daya turbin yang dihasilkan juga semakin besar. Karena daya turbin dipengaruhi oleh besarnya torsi dan kecepatan anguler.
2. Semakin besar debit air yang dialirkan ke sudu sudu turbin, maka daya turbin yang dihasilkan juga semakin besar. Karena kecepatan anguler dipengaruhi oleh putaran turbin dan putaran turbin sangat tergantung dari massa aliran yang menumbuk sudu sudu turbin.
3. Semakin tinggi putaran runner turbin maka semakin naik nilai efisiensi turbin yang dihasilkan. Karena Efisiensi turbin dipengaruhi oleh besarnya daya turbin dan daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan anguler.
4. Semakin besar debit air yang dialirkan ke sudu sudu turbin maka nilai efisiensi turbin yang dihasilkan juga semakin naik, karena adanya penambahan kecepatan aliran dan massa aliran yang menumbuk sudu turbin menyebabkan gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan gaya tangensial tersebut menghasilkan torsi turbin .

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Arismunandar, W. (2004). *Penggerak mula turbin*, edisi ketiga ITB, Bandung.
- Brian, Kirke., 2007, *Vertical Kinetic Turbine Optimization*, The University of Southern Australia.
- Budiarso, Helmizar, Warjito, Agus, N., Wahyu, R., and Dendy, A.. Performance of breastshot waterwheel in run of river conditions. *AIP Conference Proceedings* 2227, 020014, 2020; <https://doi.org/10.1063/5.0000940>
- Debby, E., Ikhwanul, Q., and Gatut, R. Tingkat kekasaran permukaan sudu dan sudut input air terhadap unjuk kerja turbin vortex, *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 1(2), 182-194, 2021.
- Gerard, A.D., 2021. Analisis kinerja kincir air sudu plat dengan variasi sudu material, Universitas Hasanuddin,
- Hariani, Said Muh, J. F. A. (2017). Penerapan Media Pembangkit Listrik Tenaga Air ( Plta ). *Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 89–95.

- Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- Irawansyah, H., Mesin konversi energy, *Mesin Konversi Energi*, 91, 399–404, 2017.
- Kadir M.Z & Bambang,. 2010, Pengaruh tinggi sudu kincir air Terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM)*, Palembang
- Lubis, A. 2007. Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. Vol 8, No2. *Jurnal Tek.Ling*
- Luknanto D. 2008. *Diktat Kuliah Bangunan Tenaga Air*. Surabaya: ITS.
- Mahmuddin, M., Sulaiman, S., Honeng, J., Analisis prestasi roda air sudu plat miring dinamis, *J- Move: Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), 1–10, 2019.
- Mahyusal. 2013. *Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro untuk beban DC*. Banda Aceh, Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknik Unsyiah .
- Mitsuhiro Shiono, Kdsuyuki Suzuki, Sezji Kiho., 2002, Output Characteristics of Darrieus Water Turbine with Helical Blades for Tidal Current Generations, *Proceedings of The Twelfth International Offshore and Polar Engineering Conference*, Kitakyushu, Japan, May 26–31.
- Muliawan, A., Yani, A. 2016. Analisa daya dan efisiensi turbin air kinetis akibat perubahan putaran runner. *Journal of Sainstek*, sumberdaya Energi, Jakarta
- Nugraha, I. N. E., Waluyo, & Syahrial. (2013). Penerapan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro Dengan Turbin Propeller Open Flume Tc 60 Dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 Va Di Upi Bandung. *Reka Elektronika*, 1(4), 328–338.
- Ohoirenan. W, Wahyudi. S, dan Sutikno, D, (2012). “Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal”. *Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology*, Brawijaya Malang.
- Setyawan, E.Y., Djiwo, S., Praswanto, D.H., Suwandono, P., Siagian, P., Design of low flow undershot type water turbine, *Journal Of Science And Applied Engineering (JSAE)*, 2(2), 50-55, 2019.
- Soenoko R. 2012. Dual Kinetic Turbine Optimization as A Rural Electricity Power Generation. *Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology*. Brawijaya Malang.
- Syafriyudin, B., Fajar, Winoto, S.H., Facta, M., Early analysis of jumping water effect on breastshot waterwheel for microhydro power plant, The 2nd International Joint Conference on Science and Technology (IJCST) 2017
- Triono M. 2012. Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh dan Debit Kecil. *Jurnal Nutrino*, Vol. 4 No. 2. Malang: Fakultas Saintek, UIN Maliki.
- Tuapetel, J. V., & Poerwoko, D. (2018). Perancangan kincir terapung pada sungai untuk pembangkit listrik. *Seminar Nasional Pakar 1*, 39–45.
- Yani. A, Wahyudi. S dan Denny. W (2012) “Pengaruh variasi panjang sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik” *Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology*, Brawijaya Malang.
- Zahri KM dan Bambang. 2010. Pengaruh tinggi sudu kincir air terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9 Palembang*. 13-15.