

ANALISIS DAYA DAN EFISIENSI TURBIN AIR KINETIS AKIBAT PERUBAHAN PUTARAN RUNNER

Arief Muliawan¹, Ahmad Yani²

¹*Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Bontang
Jalan Ir. H. Juanda No. 73 RT.36 Bontang*

²*Teknik Mesin, Universitas Trunajaya Bontang
Jalan Taekwondo No. 55 RT.9 Bontang
Email: ariefstitek@gmail.com*

ABSTRACT

Research has been conducted about change power and efficiency on turbine. Manufacture of turbine singer aims to determine the magnitude of the reviews on power output and efficiency due to the rotation of the turbine runner. Turbine runner done with variation 90 rpm, 70 rpm, 50 rpm, 30 rpm and 10 rpm. Of the various rounds of runner that shows the maximum power change occurred on lap 50 rpm, 70 rpm and 90 rpm. Maximum power lead to speed with discharge runners 70 rpm flow 0.0078 m³ / s at 4,572 watts. Power generated minumum on debit 0.0078 m³ / s occurred on speed runner 90 rpm of 3,674 watts. Maximum turbine efficiency occurs debit on flow 0.0078 m³/s and 70 rpm with a value of 28.342%, and then declined in round 50 rpm amounted to 24.477% and the lowest in round 90 rpm amounted to 23.189%. From the calculation of the efficiency obtained maximum value is obtained at a speed of 70 rpm with a flow runner debit 0.0078 m³ / s.

Key words: power, efficiency, kinetic turbines

PENDAHULUAN

Pengembangan potensi sumber-sumber energi seperti energi angin, energi air, energi matahari, biogas, dan sebagainya untuk kebutuhan energi listrik di daerah-daerah terpencil yang potensinya cukup besar sementara pemanfaatannya belum maksimal untuk kesejahteraan masyarakat. Pengembangan turbin air misalnya yang memiliki potensi yang cukup besar untuk pembangkitan energi listrik.

Pembangkit listrik tenaga air telah banyak dilakukan pengembangan di berbagai daerah di Indonesia, terutama turbin air tipe aliran silang (*crossflow*) yang aplikasinya mencakup semua lokasi dengan debit aliran air dan head atau tinggi jatuh air yang rendah dan menengah (Haimerl, L.A. 1960: 3). Di dalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi

mekanik, dimana air memutar roda turbin (Arismunandar, 1982). Energi puntir yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator (Luknanto, 2008). Namun demikian selama ini energi air yang digunakan adalah air dengan tinggi jatuh dan debit besar. Sementara itu 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)

Turbin ini sangat tepat untuk dipakai pada daerah yang datar yang memiliki aliran sungai, terutama daerah pedesaan. Sampai saat ini dikenal dua jenis turbin kinetik, yaitu turbin kinetik dengan poros *horizontal* dan turbin kinetik berporos vertikal. Menurut Soenoko

(2012), banyak keuntungan yang diperoleh apabila turbin kinetik ini dipakai sebagai pembangkit listrik. 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.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bono dan Indarto (2008), menyimpulkan bahwa karakteristik daya dan efisiensi antara sudu mangkuk dan setengah silinder hampir sama, namun daya dan efisiensi sudu mangkuk lebih baik dari sudu setengah silinder dan Hasil penelitian Raharjo (2008), menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antara efisiensi turbin air menggunakan profil sudu bilah sejajar, profil sudu bilah tegak lurus, dan profil sudu mangkuk ternyata profil sudu mangkuk lebih baik dari yang lainnya. Sudu berbentuk mangkuk diharapkan agar aliran fluida yang menumbuk sudu tersebut akan memperbesar gaya tangensial akibat dari adanya kelengkungan sudu yang memperlambat posisi aliran air keluar sehingga mempunyai energi yang cukup berarti yang dapat meningkatkan kinerja turbin.

Turbin yang memiliki fungsi sebagai pembangkit listrik, dimana turbin kinetik ini memanfaatkan kecepatan aliran air dari sungai, air yang mengalir melewati sudu-sudu mengalami perubahan momentum yang dapat

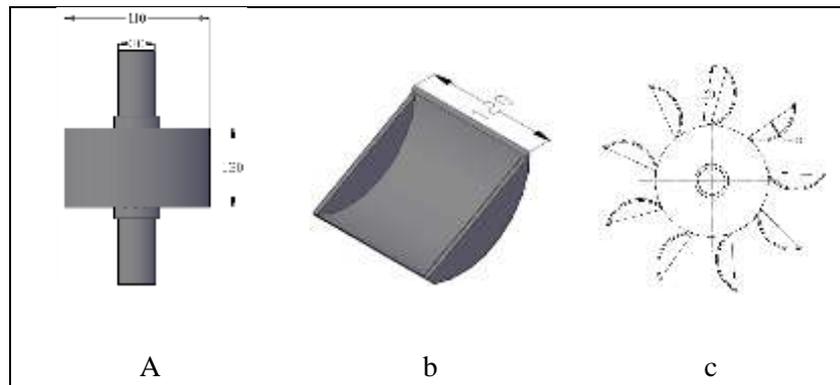
memberikan gaya dorong pada sudu sehingga runner berputar. Di sini terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menjadi energi listrik. Dimana perubahan energi tersebut terjadi pada sudu-sudu turbin. Pada turbin kinetik poros 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. Turbin yang di pergunakan dalam penelitian ini adalah turbin kinetik yang porosnya diletakkan secara vertikal.

METODE PENELITIAN

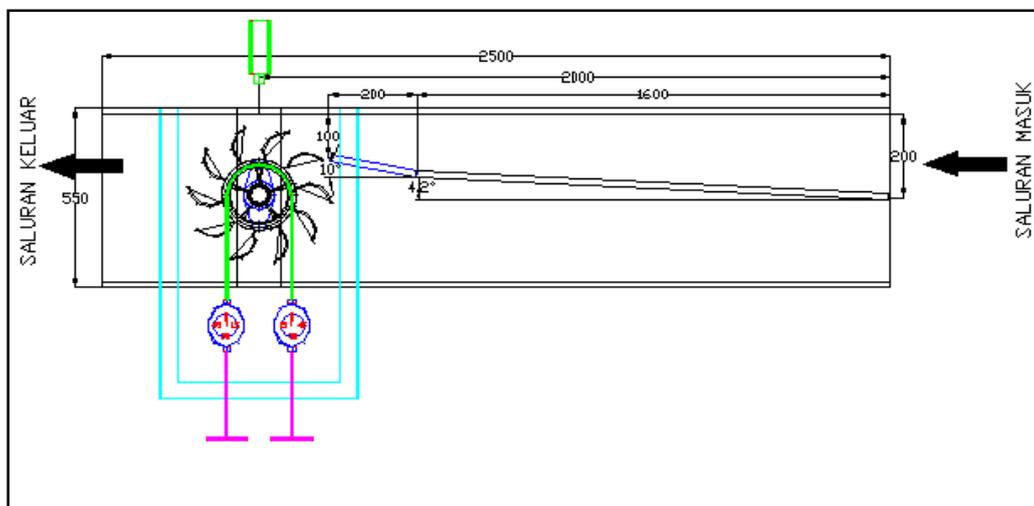
Alat Penelitian

Bagian terpenting dari peralatan ini yakni *Runner* meliputi 3 bagian utama, yaitu poros berdiameter 30 mm, 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. sudu yang berjumlah sembilan buah setebal 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.

Selanjutnya saluran aliran air mempunyai ukuran panjang 2500 mm, lebar 550 mm, dan tinggi 250 mm yang terbuat dari kayu setebal 25 mm. namun saluran aliran air yang dipakai untuk penelitian hanya 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°. Saluran aliran air sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



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



Gambar 2. Instalasi penelitian tampak atas.

Variabel Masukan

Penelitian ini diawali dengan mengetahui luas penampang dan kecepatan aliran. Persamaan untuk menghitung luas saluran masuk pada sudut pengarah aliran adalah:

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

Untuk menghitung kecepatan aliran pada posisi sudut pengarah aliran digunakan persamaan:

$$v_1 = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

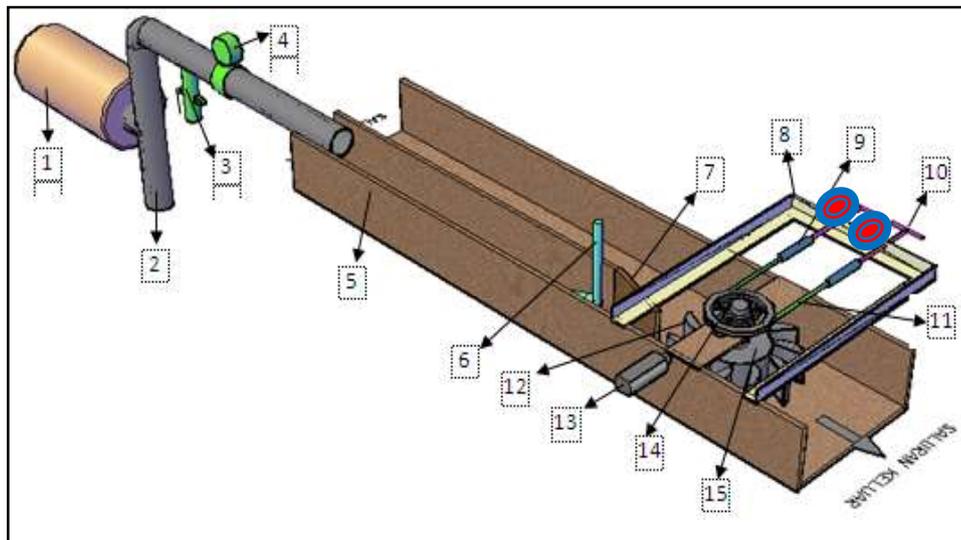
Dengan Q adalah debit aliran yang digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya

dapat dihitung laju massa air yang mengalir persatuan waktu adalah

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

Dengan ρ massa jenis air. Pada penelitian ini digunakan untuk turbin ini yakni saluran terbuka sehingga tidak ada beda tekanan. Persamaan energi yang digunakan dalam turbin kinetik adalah energi kinetik. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik. Besarnya energi yang dihasilkan oleh suatu aliran ditentukan dengan (Zahir dan Bambang, 2010)

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



Gambar 3. Instalasi penelitian tampak tiga dimensi.

Keterangan : (1) Pompa air; (2) Pipa hisap; (3) Katup buangan (Penyetel debit); (4) *Flowmeter*; (5) Saluran turbin; (6) *Flowwatch*; (7) Pengarah aliran; (8) Dudukan tuas penyetel beban gaya; (9) Neraca pegas; (10) Tuas penyetel beban gaya; (11) Tali; (12) Sudu turbin; (13) *Tachometer*; (14) *Pully* dan (15) *Runner* / roda Turbin

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

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

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:

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

Untuk menghitung besar daya turbin yang dihasilkan akibat adanya energi kinetik dipergunakan perumusan (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 menghitung

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

Daya yang dihasilkan oleh turbin sebesar

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

Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan:

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

Prosedur Penelitian

Langkah penelitian adalah (1) Membuat Tabel untuk mencatat hasil pengujian; (2) Menyiapkan dan memasang semua instalasi penelitian dengan variasi sudut pengarah aliran yang di tentukan; (3) Memasang alat ukur yang dibutuhkan; (4) Mengecek kondisi alat ukur dan alat pendukung lainnya yang digunakan dalam pengambilan data; (5) Memasang sudu berjumlah Sembilan buah;

Menghidupkan pompa untuk menyalurkan air; (7) Mengatur debit aliran dengan cara memutar kran sesuai dengan debit yang di inginkan sebagaimana ditunjukkan pada komponen instalasi (instalasi penelitian tampak tiga dimensi); (8) Mengukur putaran poros turbin dengan alat ukur *tacometer* tanpa beban terlebih dahulu sebagaimana ditunjukkan pada komponen instalasi penelitian. Selanjutnya mengukur putaran poros turbin dengan beban yang diberikan secara pelan-pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi putaran yang divariasasi dan selanjutnya memberikan beban sebagaimana ditunjukkan pada komponen instalasi penelitian. Sampai turbin tidak berputar. Kemudian mencatat setiap variasi pengukuran putaran turbin sampai turbin berhenti berputar; (9) Pengujian putaran *runner* atau poros turbin yang 90 rpm dilakukan 3 kali pengulangan untuk mendapatkan data pengujian yang akurat; (10) Mengulang langkah nomor satu sampai dengan ketiga pada variasi putaran poros turbin untuk 90, 70, 50, 30 dan 10 rpm; (11) Mengolah data penelitian yang didapatkan dan (12) Menganalisa data penelitian yang didapatkan untuk mengetahui hubungan antara variabel yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin air yang diteliti adalah jenis turbin kinetik yang berbentuk roda dengan sudut pada sekeliling tepi tepinya yang diletakkan pada poros vertikal dengan sambungan engsel. Salah satu bagian utama dari turbin kinetik ini adalah *runner*. Dimana *runner* memiliki tiga bagian utama yaitu:

Bagian yang pertama dari *runner* adalah poros, dimana poros berfungsi untuk menahan bagian-bagian dari runner yang ditempatkan pada *bearing*, sehingga air yang mengalir melewati sudu-sudu dapat memberikan gaya dorong pada sudu sehingga *runner* berputar.

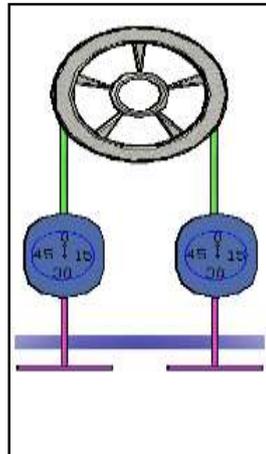
Poros turbin terbuat dari baja dengan ukuran diameter 30 mm dan panjangnya 130 mm dan porosnya diletakkan secara vertikal dengan harapan agar pemasangan generator lebih mudah, seluruh sudu mendapat dorongan dari aliran air, dan pemasangan seluruh instalasi turbin menjadi lebih mudah.

Bagian kedua dari *runner* adalah cakram. Dimana sudu-sudu akan dikelilingi sekeliling cakram dengan jarak yang sama antara sudu satu dengan lainnya. Cakram turbin berbentuk selindris yang terbuat dari pipa besi berdiameter 110 mm, tebalnya 4 mm dan panjangnya 130 mm.

Bagian yang ketiga dari *runner* adalah sudu, dimana sudu-sudu ini berfungsi untuk memindahkan energi kinetik aliran air kepada *runner*. Sudu-sudu 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 mempunyai energi mekanik yang cukup berarti yang dapat meningkatkan kinerja turbin. Sudu terbuat dari akrilik/mika yang transparan dengan ketebalan 3 mm.

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan fluida air pada saluran turbin yang telah disiapkan dengan mempergunakan pompa, fluida yang dialirkan dibuat turbulensi agar kondisinya dianggap sama dengan kondisi sungai yang mengalir. Debit air ditetapkan 0,0153 m³/s. Sedangkan variasi pengereman putaran turbin terdiri dari 90, 70, 50, 30, dan 10 rpm.

Proses penelitian dengan melakukan pengujian terhadap turbin air kinetik. 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 4.



Gambar 4. Posisi dan Arah Gaya pada Penelitian

Tabel 1. Hasil data hasil pengujian debit 28 m³/jam atau 0.0078 m³/s

Debit Aliran		Putaran n (rpm)	Gaya F (N)		
Q (m ³ /jam)	Q (m ³ /s)		F1	F2	ΣF
28.000	0.0078	90	0.9	2.1	3.0
28.000	0.0078	90	0.9	2.2	3.1
28.000	0.0078	90	0.8	2.2	3.0
28.000	0.0078	70	1.5	3.2	4.7
28.000	0.0078	70	1.4	3.3	4.7
28.000	0.0078	70	1.4	3.4	4.8
28.000	0.0078	50	2.2	4.4	6.6
28.000	0.0078	50	2.2	3.5	5.7
28.000	0.0078	50	2.2	3.4	5.6
28.000	0.0078	30	3.0	5.0	8.0
28.000	0.0078	30	3.0	5.1	8.1
28.000	0.0078	30	2.9	5.1	8.0
28.000	0.0078	10	4.0	5.7	9.7
28.000	0.0078	10	4.1	5.7	9.8
28.000	0.0078	10	3.9	5.8	9.7

Dari penelitian yang dilakukan yakni melakukan pengujian terhadap instalasi turbin dengan memvariasikan debit air dimana $\Sigma F = F_1 + F_2$ maka diperoleh contoh data di Tabel 1.

Dari data diatas kemudian dilakukan pengukuran gaya gaya untuk debit 0,0067 m³/s dan 0,0056 m³/s dengan perlakuan yang sama.

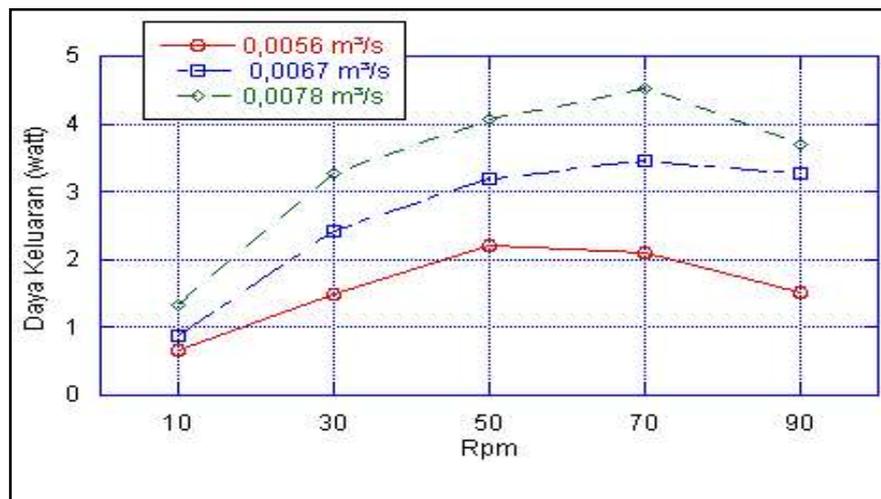
Setelah diperoleh data pengukuran gaya kemudian menghitung besarnya daya dan efisiensi dari runner turbin. Besarnya daya yang dihasilkan oleh runner turbin ditunjukkan pada tabel 2.

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

Debit, Q m ³ /s	Daya P (watt)				
	90 rpm	70 rpm	50 rpm	30 rpm	10 rpm
0,0056 m ³ /s	1.592	2.095	2.245	1.510	0.667
	1.470	2.095	2.177	1.510	0.667
	1.470	2.095	2.177	1.470	0.667
0,0067 m ³ /s	3.306	3.429	3.198	2.408	0.871
	3.306	3.429	3.130	2.408	0.871
	3.184	3.524	3.266	2.449	0.857
0,0078 m ³ /s	3.674	4.477	4.490	3.266	1.320
	3.796	4.477	3.878	3.306	1.333
	3.674	4.572	3.810	3.266	1.320

Pada penelitian ini diberikan tiga variasi debit aliran yaitu 0,0056 m³/s, 0,0067 m³/s dan 0,0078 m³/s dan juga lima variasi putaran yaitu

90 rpm, 70 rpm, 50 rpm, 30 rpm dan 10 rpm. Hubungan antara daya dan debit air pada variasi putaran seperti ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan daya keluaran terhadap kecepatan runner

Dari variasi putaran runner yang menunjukkan perubahan daya maksimum terjadi pada putaran 50 rpm, 70 rpm dan 90 rpm. Daya maksimum diperoleh pada kecepatan runner 70 rpm dengan debit aliran 0,0078 m³/s sebesar 4.572 watt. Jika kecepatan debit diperbesar maka besar daya keluaran akan besar pula tetapi

berbantuan pada besar putaran runner. Daya minimum dihasilkan pada debit 0,0078 m³/s terjadi pada kecepatan runner 90 rpm sebesar 3,674 watt. Daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan angular. Sedangkan kecepatan angular dipengaruhi oleh putaran turbin dan putaran turbin sangat

tergantung dari massa aliran yang menumbuk sudu turbin.

Debit air dipengaruhi oleh kecepatan air dan berpengaruh terhadap massa aliran, putaran turbin, torsi turbin, dan daya turbin. Semakin besar debit air maka daya turbin kinetik semakin meningkat dikarenakan adanya

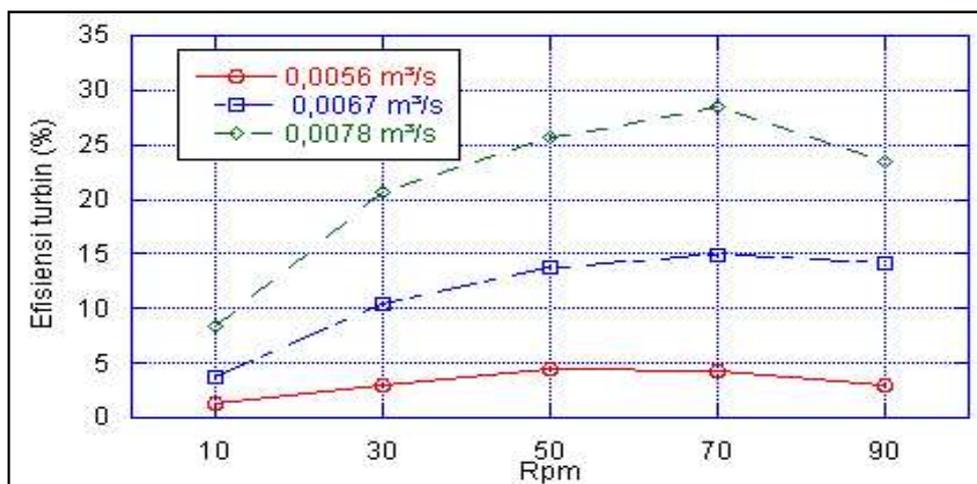
penambahan kecepatan aliran dan massa aliran yang menumbuk sudu turbin sehingga gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan gaya tangensial tersebut mempengaruhi torsi turbin, dan daya turbin kinetik. Hasil perhitungan efisiensi ditunjukkan pada Tabel 3.

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

Debit, Q m ³ /s	Efisiensi η (%)				
	90 rpm	70 rpm	50 rpm	30 rpm	10 rpm
0,0056 m ³ /s	3.241	4.266	4.571	3.075	1.357
	2.992	4.266	4.433	3.075	1.357
	2.992	4.266	4.433	2.992	1.357
0,0067 m ³ /s	14.312	14.842	13.840	10.424	3.769
	14.312	14.842	13.546	10.424	3.769
	13.781	15.254	14.135	10.601	3.710
0,0078 m ³ /s	23.189	28.256	28.342	20.612	8.331
	23.962	28.256	24.477	20.870	8.417
	23.189	28.857	24.048	20.612	8.331

Pada penelitian ini diberikan tiga variasi debit aliran yaitu 0,0056 m³/s, 0,0067 m³/s dan 0,0078 m³/s dan juga lima variasi putaran yaitu 90 rpm, 70 rpm, 50 rpm, 30 rpm dan 10 rpm.

Hubungan antara efisiensi dan debit air pada variasi putaran seperti ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Perubahan efisiensi keluaran terhadap kecepatan runner

Berdasarkan gambar 6 efisiensi turbin maksimum terjadi pada debit aliran 0,0078 m³/s dan 70 rpm dengan nilai sebesar 28.342 %, kemudian menurun pada putaran 50 rpm sebesar 24.477 % dan yang terendah pada putaran 90 rpm sebesar 23.189 %. Dari hasil perhitungan efisiensi diperoleh nilai efisiensi maksimum diperoleh dengan kecepatan runner 70 rpm dengan aliran debit 0,0078 m³/s. 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.

KESIMPULAN

1. 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.
2. Efisiensi turbin sangat tergantung pada besarnya daya turbin dan daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan anguler.
3. Semakin besar debit air maka efisiensi turbin kinetik semakin meningkat dikarenakan adanya penambahan kecepatan aliran dan massa aliran yang menumbuk sudu turbin sehingga gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan gaya tangensial tersebut

mempengaruhi torsi turbin, daya turbin dan efisiensi turbin kinetik.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Arismunandar W. 2004. *Penggerak mula turbin*, edisi ketiga. Bandung: ITB.
- Arismunandar W. 1982. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB.
- Bono dan Indarto. 2008. Karakterisasi daya turbin Pelton mikro dengan variasi bentuk sudu. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND* Yogyakarta.
- Haimerl LA. 1960. *The crossflow turbine*. Jerman Barat. Hal 3.
- Luknanto D. 2008. *Diktat Kuliah Bangunan Tenaga Air*. Surabaya: ITS.
- 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.
- Raharjo T. 2008. Pengaruh variasi profil sudu pada runner terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh turbin air pelton. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008-Semarang*.
- Soenoko R. 2012. Dual Kinetic Turbine Optimization as A Rural Electricity Power Generation. *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.