
**PEGARUH DEBIT AIR TERHADAP PUTARAN *RUNNER* TURBIN *CROSSFLOW*
SKALA MIKRO HIDRO**

***THE EFFECT OF WATER DISCHARGE ON THE RUNNER ROTATION OF THE MICRO
HYDRO-SCALE CROSSFLOW TURBINE***

Adani Arban¹, Nelvi Erizon², Purwantono³, Febri Prasetya⁴
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia
daniprakoso070399@gmail.com
nelvi_erizon@yahoo.com
purwantono_msn@yahoo.com
febriprasetya13@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi listrik memegang peranan penting dalam kehidupan. Hampir seluruh aktivitas menggunakan listrik, tetapi masih besar jumlah wilayah di Indonesia yang tidak terkoneksi listrik. Untuk mengembangkan energi maka dipilih salah satu sumber energi yaitu air. air berfungsi untuk menggerakkan turbin, salah satu jenis turbin air yaitu turbin *crossflow*. Turbin digunakan untuk menyalurkan energi listrik. Tujuan penelitian ini untuk mencari pengaruh debit air terhadap kecepatan putaran *runner* turbin *crossflow* skala mikrohidro dengan memvariasikan volume air 1 m, 0,75 m, dan 0,50 m, pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode eksperimen. Hasil penelitian menyatakan bahwa volume air mempunyai pengaruh terhadap perubahan putaran *runner* turbin, kecepatan putar *runner* turbin terbesar ada pada volume air 1 m dengan kecepatan putar *runner* sebesar 489 rpm dan debit air sebesar 0,12 m³/s sedangkan rpm terendah berada pada volume air 0,50 m yaitu sebesar 235 rpm dan debit air sebesar 0,039 m³/s. Selanjutnya daya listrik terbesar yang dihasilkan berada pada volume air 1 m yaitu sebesar 8.452,30 watt namun daya listrik terkecil berada pada volume air 0,50 m yaitu sebesar 2.753,51 watt. Maka dapat disimpulkan bahwa volume air memiliki pengaruh yang sangat penting untuk menghasilkan energi yang besar.

Kata Kunci: Pengaruh, Debit Air, Putaran *Runner*, Turbin *Crossflow*, Mikro Hidro

Abstract

The need for electrical energy plays an important role in life. Almost all activities use electricity, but there are still a large number of area in Indones that are not connected to electricity. To develop energy, one of the energy sources is water. water serves to drive turbines, one type of water turbine is a crossflow turbine. Turbines are used to deliver electrical energy. The purpose of this study was to find the effect of water discharge on the rotational speed of micro-hydro scale crossflow turbine runners by varying the volume of water 1 m, 0.75 m, and 0.50 m, in this study the method used is the experimental method. The results showed that the volume of water had an influence on changes in the rotation of the turbine runner, the largest rotational speed of the turbine runner was at a water volume of 1 m with a runner rotational speed of 489 rpm and a water discharge of 0.12 m³/s while the lowest rpm was at a water volume of 0.50 m, which is 235 rpm and the water discharge is 0.039 m³/s. Furthermore, the largest electric power produced is at 1 m water volume, which is 8,452.30 watts, but the smallest electric power is at 0.50 m water volume, which is 2,753.51 watts. So it can be concluded that the volume of water has a very important influence to produce large amounts of energy.

Keywords: Influence, Water Discharge, Runner Round, Crossflow Turbine, Micro Hydro

I. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik memegang peranan penting dalam kehidupan. Hampir seluruh aktivitas menggunakan listrik, akses listrik hampir mencakup seluruh daerah di Indonesia lebih dari 95% (Lidwina,, 2020). tetapi masih besar jumlah wilayah di Indonesia yang tidak terkoneksi listrik. Untuk mengembangkan energi maka dipilih salah satu

sumber energi yaitu air. air berfungsi untuk menggerakkan turbin, agar memperoleh energi listrik, salah satunya pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yaitu turbin *crossflow*.

Turbin air yaitu sebuah alat untuk menghasilkan energi listrik menggunakan energi air. Dari energi air diteruskan ke dalam turbin menabrak sudu-sudu pada turbin sehingga menghasilkan putaran dari putaran

tersebut dapat memutar generator dan menghasilkan energi listrik (Luknanto, 2012). Arus air yang bisa digunakan untuk menggerakkan turbin yaitu: sungai, air terjun, dan saluran irigasi dengan cara menggunakan tinggi air (*head*) dan besaran debit air (Iman, 2019). Berlandaskan pada pedoman kinerja turbin air maka tenaga potensial pada air akan di ubah ke tenaga mekanis (Saleh et al., 2019). Selanjutnya aliran air yang memiliki tenaga potensial masuk menabrak sudu-sudu turbin melalui *nozzle*. Putaran pada sudu-sudu turbin memicu poros turbin berputar sehingga dilanjutkan ke generator listrik dan menjadikan tenaga listrik (Asrosi, 2015). Dari putaran tersebut diduga dapat mempengaruhi efisiensi dari kinerja turbin (Alkadri., 2018). Percobaan di laboratorium dari pabrik turbin Ossberger, Jerman Barat, menyatakan daya efisiensi turbin *crossflow* mencapai 82% lebih besar dibandingkan daya kincir air dari tipe yang unggul sekalipun yang menghasilkan daya hanya 70% (Haimerl.,L, 1960)

Turbin *crossflow* ialah turbin air radial yang arus airnya keluar masuk dari baling-baling sudu melalui sekeliling baling-baling sudu tersebut (Larasakti et al., 2012). Turbin *crossflow* adalah jenis turbin yang sering dimanfaatkan untuk pembangunan sumber energi listrik tenaga kecil atau pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) (Mafruddin, 2018). Ahli perakitan turbin *crossflow* di salah satu provinsi Indonesia yaitu Sumatera Barat mengatakan turbin *crossflow* cukup baik dipakai dalam pemanfaatan tenaga listrik dalam ukuran yang kecil (RM.Enoch, 2010). Potensi turbin skala mikro hidro sebesar 500 MW, sedangkan yang baru dipakai hanya 4% atau 20 MW (Pratilastiarso & Hamka., 2016). Secara teoritis aliran silang pada turbin *crossflow*, air yang melalui sudu turbin pada tingkat awal menuju tingkat kedua memiliki energi tersisa sebesar 20% (Suryono, 2009). PLTMH menghasilkan energi listrik dibawah 100 kw (Wicaksana, 2016).

Penelitian ini lebih terfokus pada pengaruh debit air terhadap kecepatan putaran *runner*. Air dalam jumlah banyak atau sering disebut debit air yaitu besaran arus air yang mengalir pada saluran atau penampang dalam durasi tertentu (Bayu Suryo Wiranto, 2018). Energi air dengan debit kecil dan tinggi jatuh air (*head*) masih banyak tidak digunakan, sementara daerah di Indonesia mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam pembangunan PLTA dengan debit kecil dan tinggi jatuh (*head*) (Muliawan & Yani., 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi debit air, seperti iklim, suhu,, lingkungan, dan lainnya (Arismunandar, Artono & Kuwahara, 1974). Perubahan iklim sangat mempengaruhi keadaan aliran air sungai di seluruh daerah di Indonesia (Purwantono, P., Syahrul, S., & Adri, J. 2018). Daerah pedesaan terpencil yang

berada dekat dengan pegunungan memiliki potensi aliran air yang bagus, sehingga pembangkit listrik tenaga mikro hidro bisa dimanfaatkan untuk daerah tersebut (Safril, Pengajar et al., n.d., 2010). Penelitian yang akan dilakukan menggunakan salah satu jenis turbin air yaitu turbin *crossflow* yang memiliki parameter tertentu yaitu: debit air, tinggi jatuh, kecepatan putar, dan daya turbin (Muhammad, 2020).

II. Metode

A. Jenis Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dimana prosedur penelitian yang dipakai untuk mencari pengaruh terbatas melalui perlakuan tertentu dalam keadaan yang terkendali (Sugiyono, 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit air terhadap putaran *runner* turbin *crossflow* skala mikrohidro.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini akan dilaksanakan pada Juli 2021. Tempat pelaksanaan penelitian salah satu PLTMH di Sumatera Barat tepatnya di Jorong Muaro Busuk, Kenagarian Koto Hilalang, Kecamatan Kubung, Kabupaten Solok.

C. Variabel Penelitian

Tabel 1. Variabel Bebas dan Kontrol Penelitian

Variabel Bebas		Level variabel		
1	Debit Air	1 m	0,75 m	0,50 m
Variabel Kontrol				
1	Kecepatan Putaran <i>Runner</i>			

D. Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang dipakai pada penelitian ini berupa perhitungan (*means*) dan melihat pengaruh debit air terhadap putaran *runner* turbin *crossflow* skala mikrohidro. Penyajian selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik.

E. Peralatan Pengujian

1. Alat Pengujian

- Turbin *crossflow* skala mikrohidro
- Generator
- Panel listrik
- Bola lampu
- Tachometer*
- Stopwatch
- Meteran bangunan
- Tongkat
- Busur

F. Prosedur Penelitian

a. Melakukan Observasi Lapangan

Head	9 m
------	-----

b. Mengambil Data Turbin

Diameter <i>runner</i>	0,3 m
Lebar <i>runner</i>	0,35 m
Jumlah Sudu	20 buah

c. Mengukur *Penstock*

Panjang	0,635 m
Lebar	0,36 m
Tinggi	0,3 m

d. Mengukur Pipa

Panjang pipa	170 m
Diameter keliling pipa	1,27 m
Diameter dalam pipa	0,4 m
Tebal pipa	0,016 m

e. Mengukur Lebar Bak Penampung Air

Panjang bak	4,75 m
Lebar sisi depan	2,9 m
Lebar sisi tengah	2,93 m
Lebar sisi belakang	2,07 m
Kedalaman bak	2,5 m

f. Mengukur Volume Air pada Saluran

	1 m
Volume air	0,75 m
	0,50 m

g. Menghitung Kecepatan Air dan Debit Air

Cara mencari debit air menggunakan cara apung yaitu seperti dibawah ini.

1. Tentukan tempat yang memiliki arus air yang lurus atau memiliki bentuk yang sama kedua sisinya.
2. Memilih awal dan akhir untuk melihat pelampung berjalan.
3. Pelampung diletakkan diatas arus air dengan memberikan tanda pada saat di letak lalu hidupkan stopwatch, jika pelampung sampai pada garis yang telah ditentukan, matikan stopwatch dan catat waktu saat pelampung berjalan. Lakukan dengan beberapa sisi yang berbeda.
4. Kemudian ukurlah lebar, panjang, dan tinggi air hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa luas dari penampang basahnya.

h. Mengolah Data Penelitian

Adapun data penelitian yang akan diolah adalah sebagai berikut:

1. Menghitung debit air;
2. Menghitung daya yang dihasilkan turbin;

3. Menghitung daya sebenarnya.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimen di sungai Jorong Muaro Busuk, Kenagarian Koto Hilalang, Kecamatan Kubung, Kabupaten Solok dengan mengatur volume air 1 m, 0,75 m, dan 0,50 m. Setiap volume air diambil data berupa putaran *runner* turbin, tegangan listrik, beserta waktu aliran air. Setiap volume air yang telah dilakukan pengujian, ulangi sebanyak 5 kali pengujian dan ambil datanya dalam durasi 5 menit per volume. Tabel berikut hasil dari penelitian ini.

Tabel 2. Pengujian Volume Air 1 m

Volume Air	Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Putaran Turbin (RPM)	Daya (watt)
1 m	0,12	489	5.297,6
	0,108	463	5.286,6
	0,114	480	5.291
	0,102	448	5.282,2
	0,102	448	5.282,2
Rata-rata	0,1092	465,6	5.287,92

Data penelitian pada tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa masing-masing debit air mempunyai tingkat yang berbeda-beda di setiap percobaan. Di mana percobaan pertama memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan di percobaan lainnya dengan nilai 0,12 m³/s dan putaran *runner* turbin 489 rpm. Sedangkan yang terendah dengan nilai 0,102 m³/s dan putaran *runner* turbin 448 rpm. Dengan rata-rata debit 0,1092 m³/s dan putaran *runner* turbin 465,6 rpm.

Tabel 3. Pengujian Volume Air 0,75 m

Volume Air	Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Putaran Turbin (RPM)	Daya (watt)
0,75 m	0,072	339	3.674
	0,0675	338	3.652
	0,0675	338	3.652
	0,0675	337	3.630
	0,063	336	3.608
Rata-rata	0,0675	337,6	3.643,2

Data penelitian pada tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa masing-masing debit air mempunyai tingkat yang berbeda-beda di setiap percobaan. Di mana percobaan pertama memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan di percobaan lainnya dengan nilai 0,072 m³/s dan putaran *runner* turbin 339 rpm.

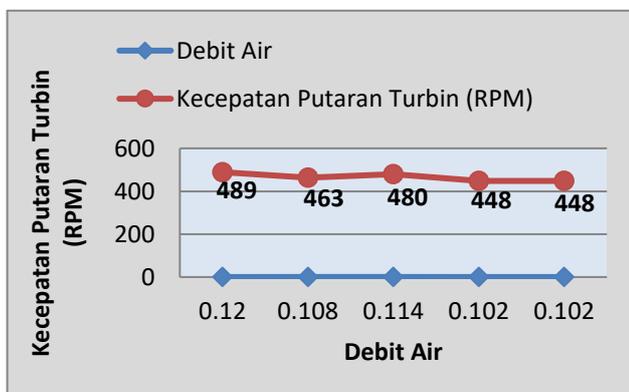
Sedangkan yang terendah dengan nilai $0,063 \text{ m}^3/\text{s}$ dan putaran *runner* turbin 336 rpm. Dengan rata-rata debit $0,0675 \text{ m}^3/\text{s}$ dan putaran *runner* turbin 337,6 rpm.

Tabel 4. Pengujian Volume Air 0,50 m

Volume Air	Debit Air (m^3/s)	Kecepatan Putaran Turbin (RPM)	Daya (watt)
0,50 m	0,042	256	2.774,2
	0,039	237	2.728
	0,039	235	2.725
	0,039	237	2.728
	0,039	236	2.725,8
Rata-rata	0,0396	240,2	2.736,2

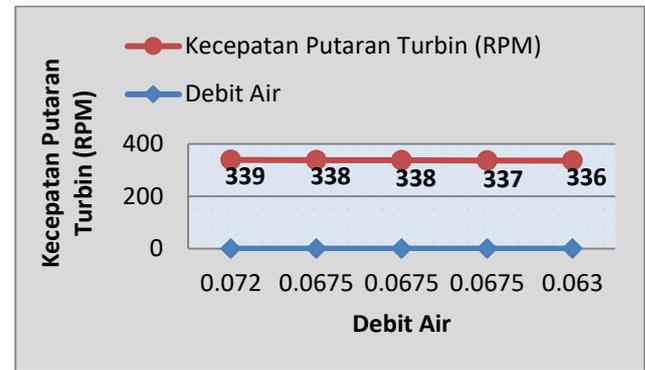
Data penelitian pada tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa masing-masing debit air mempunyai tingkat yang berbeda-beda di setiap percobaan. Di mana percobaan pertama memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan di percobaan lainnya dengan nilai $0,042 \text{ m}^3/\text{s}$ dan putaran *runner* turbin 256 rpm. Sedangkan yang terendah dengan nilai $0,039 \text{ m}^3/\text{s}$ dan putaran *runner* turbin 235 rpm. Dengan rata-rata debit $0,0396 \text{ m}^3/\text{s}$ dan putaran *runner* turbin 240,2 rpm.

Nilai rata-rata dari semua volume air, dapat dilihat bahwa menghasilkan perbandingan dari setiap jenis volume air seperti pada gambar grafik di bawah.



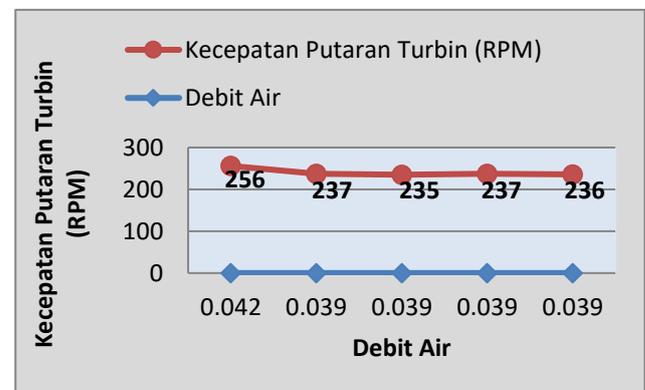
Gambar 1. Grafik Hubungan Debit Air Dengan Kecepatan

Grafik diatas dapat dilihat nilai debit air terbesar pada volume air 1 m yaitu $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin sebesar 489 rpm. Sedangkan nilai debit air terkecil berada pada $0,102 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin sebesar 448 rpm.



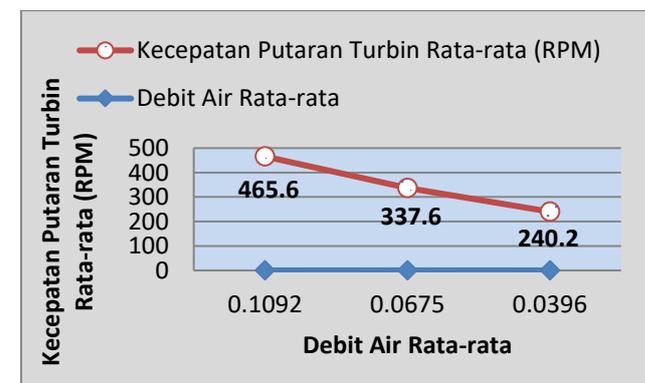
Gambar 2. Grafik Hubungan Debit Air Dengan Kecepatan

Grafik diatas dapat dilihat nilai debit air terbesar pada volume air $0,75 \text{ m}$ yaitu $0,072 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin sebesar 339 rpm. Sedangkan nilai debit air terkecil berada pada $0,063 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin sebesar 336 rpm.



Gambar 3. Grafik Hubungan Debit Air Dengan Kecepatan

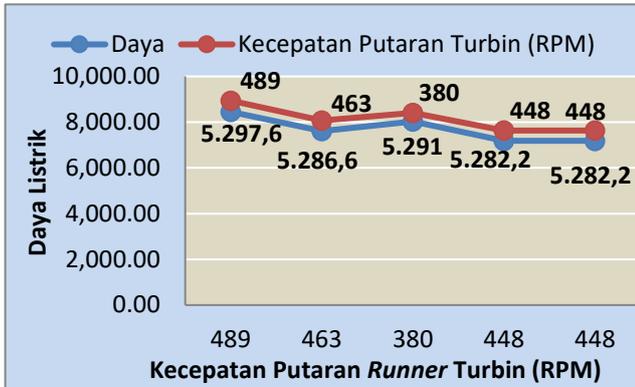
Grafik diatas dapat dilihat nilai debit air terbesar pada volume $0,50 \text{ m}$ yaitu $0,042 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin sebesar 256 rpm. Sedangkan nilai debit air terkecil berada pada $0,039 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin sebesar 235 rpm.



Gambar 4. Grafik Hubungan Debit Air Rata-rata Dengan Kecepatan Rata-rata

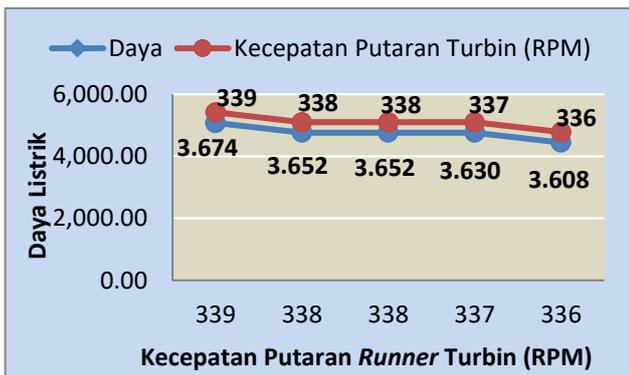
Grafik diatas dapat dilihat nilai debit air rata-rata terbesar berada pada volume air 1 m yaitu $0,1092 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran turbin rata-rata sebesar 465,6 rpm.

rpm. Pada volume air 0,75 m debit air rata-rata berada pada 0,0675 m³/s dengan putaran turbin rata-rata yaitu 337,6. Sedangkan nilai debit air terkecil rata-rata berada pada volume air 0,50 m yaitu 0,0396 m³/s dengan putaran turbin rata-rata sebesar 240,2 rpm.

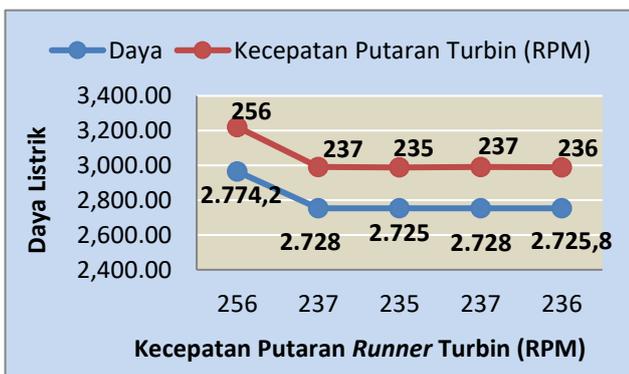


Gambar 5. Grafik Antara Daya Dengan Kecepatan

Grafik diatas dapat dilihat daya listrik terbesar pada volume air 1 m yaitu 5.297,6 watt dengan putaran turbin sebesar 489 rpm. Sedangkan daya listrik terkecil berada pada 5.282,2 watt dengan putaran turbin sebesar 448 rpm.

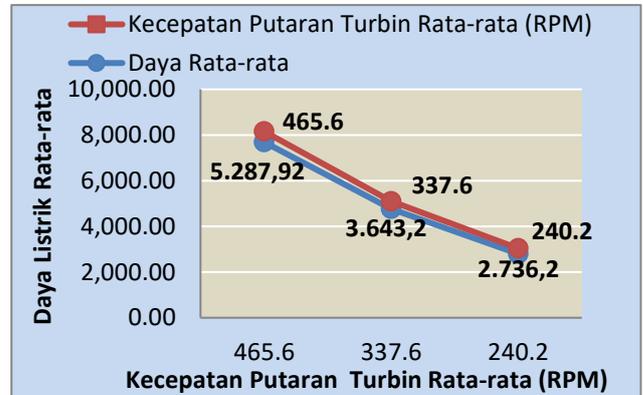


Gambar 6. Grafik Antara Daya Dengan Kecepatan
Grafik diatas dapat dilihat daya listrik terbesar pada volume air 0,75 m yaitu 3.674 watt dengan putaran turbin sebesar 339 rpm. Sedangkan daya listrik terkecil berada pada 3.608 watt dengan putaran turbin sebesar 336 rpm.



Gambar 7. Grafik Antara Daya Dengan Kecepatan

Grafik diatas dapat dilihat daya listrik terbesar pada volume air 0,50 m yaitu 2.774,2 watt dengan putaran turbin sebesar 256 rpm. Sedangkan daya listrik terkecil berada pada 2.725 watt dengan putaran turbin sebesar 235 rpm.



Gambar 8. Grafik Antara Daya Rata-rata Dengan Kecepatan rata-rata

Grafik diatas dapat dilihat daya listrik air rata-rata terbesar berada pada volume air 1 m yaitu 5.287,92 watt dengan putaran turbin rata-rata sebesar 465,6 rpm. Pada volume air 0,75 m daya listrik rata-rata berada pada 3.643,2 watt dengan putaran turbin rata-rata yaitu 337,6. Sedangkan nilai debit air terkecil rata-rata berada pada volume air 0,50 m yaitu 2.736,2 dengan putaran turbin rata-rata sebesar 240,2 rpm.

B. Pembahasan

Hasil analisis data nilai yang terdapat dari grafik diatas menunjukkan bahwa debit tertinggi berada pada volume air 1 m yaitu 0,12 m³/s dengan kecepatan putar 489 rpm sedangkan debit terendah berada pada volume air 0,50 m yaitu 0,039 m³/s dengan kecepatan putar 235 rpm, serta debit air rata-rata yaitu untuk volume air 1 m sebesar 0,1092 m³/s dengan kecepatan putar rata-rata sebesar 465,6 rpm, volume air 0,75 m sebesar 0,0675 m³/s dengan kecepatan putar 337,6 rpm, dan volume air 0,50 m sebesar 0,0396 m³/s dengan kecepatan putar 240,2 rpm. Jadi dari hasil penelitian pada volume air 1 m, 0,75 m, dan 0,50 m terdapat pengaruh dari masing-masing volume air dengan debit air yang berbeda terhadap putaran runner turbin.

Nilai yang terdapat dari grafik diatas menunjukkan bahwa daya tertinggi berada pada volume air 1 m yaitu 5.297,6 watt dengan kecepatan putar 489 rpm sedangkan daya terendah berada pada volume air 0,50 m yaitu 2.725 watt dengan kecepatan putar 235 rpm, serta daya rata-rata yaitu untuk volume air 1 m sebesar 5.287,92 watt dengan kecepatan putar rata-rata sebesar 465,6 rpm, volume air 0,75 m

sebesar 3.643,2 watt dengan kecepatan putar rata-rata sebesar 337,6 rpm, dan volume air 0,50 m sebesar 2.736,2 watt dengan kecepatan putar rata-rata sebesar 240,2 rpm. Jadi dari hasil penelitian pada volume air 1 m, 0,75 m, dan 0,50 m terdapat pengaruh dari masing-masing volume air dengan daya yang berbeda terhadap putaran *runner* turbin.

IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, yaitu:

Volume air mempunyai pengaruh terhadap perubahan putaran *runner* turbin, kecepatan putar *runner* turbin terbesar ada pada volume air 1 m dengan kecepatan putar *runner* sebesar 489 rpm dan debit air sebesar 0,12 m³/s, sedangkan rpm terendah berada pada volume air 0,50 m yaitu sebesar 235 rpm dan debit air sebesar 0,039 m³/s.

Arus listrik terbesar yang dihasilkan berada pada volume air 1 m yaitu sebesar 24,08 ampere serta arus listrik terkecil yang diperoleh yaitu pada volume air 0,50 m yaitu sebesar 12,39 ampere.

Daya listrik terbesar yang dihasilkan berada pada volume air 1 m yaitu sebesar 8.452,30 watt namun daya listrik terkecil berada pada volume air 0,50 m yaitu sebesar 2.753,51 watt.

Debit air rata-rata untuk volume 1 m yaitu 0,1092 m³/s dengan kecepatan putaran *runner* turbin rata-rata sebesar 465,6 rpm, volume air 0,75 m debit air rata-rata yaitu 0,0675 m³/s dengan kecepatan putaran *runner* turbin rata-rata sebesar 337,6 rpm, volume air 0,50 debit air rata-rata yaitu 0,0396 m³/s dengan kecepatan putaran *runner* turbin rata-rata sebesar 240,2 rpm.

Referensi

- Alkadri, S. I. (2018). *Perancangan Turbin Air Cross-Flow Dengan Efisiensi Maksimum Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Desa Bungan Jaya Kecamatan Putusibau Selatan Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. XVII(2)*, 44–60.
- Arismunandar, Artono & Kuwahara, S. (1974). *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik 1*. Pradnya Paramita.
- Asrosi, K. (2015). *Turbin Air*. This Is Me. <http://khabibasrori.blogspot.com/2015/03/turbin-air.html>
- Bayu Suryo Wiranto. (2018). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. 1*, 1–136.
- Haimerl. (1960). The Crossflow Turbine. *Water Power, Volume 22*(Issue number 1), pp:5-13.
- Iman, S. dan F. C. (2019). *Pengaruh Variasi Bentuk Draft Tube Jenis Elbow Terhadap Nilai Gaya Drag Sudu Runner Turbin Crossflow Berbasis CFD*. 28–40.
- Larasakti, A. A., Himran, S., & Syamsul, A. (2012). Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt. *Pembuatan Dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt*, 3(1), 245–253.
- Lidwina, A. (2020). *Konsumsi Listrik Nasional Terus Meningkat*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/01/10/konsumsi-listrik-nasional-terus-meningkat>
- Luknanto. (2012). *Bangunan Tenaga Air. Diklat Kuliah, 1*.
- Mafruddin, M. (2018). *PENGARUH DIAMETER DAN JUMLAH SUDU RUNNER TERHADAP KINERJA TURBIN CROSS-FLOW* (Vol. 7, Issue 2).
- Muhammad, A. R. (2020). (2020). *Analisa nilai efisiensi turbin crossflow pikohidro dengan perbedaan kelengkungan sudu pada blade dengan metode computational fluid dynamics*. September.
- Muliawan, A., & Yani, A. (2017). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. *Sainstek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8 (1), 1. <https://doi.org/10.31958/js.v8i1.434>
- Pratilastiarso, J., & Hamka, M. (2016). *Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Cross-Flow berkapasitas 1 Kw untuk Daerah Terpencil dengan Sumber Air yang Terbatas*. 1–7.
- Purwantono, P., Syahrul, S., & Adri, J. (2018). Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki dan Kaplan. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 18(1), 13-18. (2018). *Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki dan*. 18(1), 13–18.
- RM.Enoch. (2010). *Pengembangan Tenaga Air berskala kecil di Sumatera Barat Laporan Jurusan Teknik Mesin FT UNP P3MH*.

- Safril, Pengajar, S., Teknik, J., Politeknik, M., & Padang, N. (n.d.). *CROSS FLOW PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH). 1*, 1–11.
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., Purwanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Pendahuluan, I., Pltmh, A., & Air, B. T. (2019). *ANALISIS KARAKTERISTIK TURBIN CROSSFLOW KAPASITAS 5 kW*. 3(2), 255–261.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suryono. (2009). *Rekayasa Tenaga Air*. BPPT.
- Wicaksana, N. (2016). *Analisis Potensi Debit Di Bendungan Juwero Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.