

Simulasi *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin *Crossflow* Ditinjau dari Ketinggian, Debit dan Arah Aliran

Prototype Simulation Microhydro Power Plant Crossflow Turbine in Terms of Head Potential, Discharge and Flow Direction

K.A. Ridwan^{*1}, Sutini Pujiastuti Lestari¹, Irawan Rusnadi¹, Erlinawati¹, Atika Rahayu^{*1}, Evando Mahendra¹,
Wahyudi Pratama¹

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang, 30139, telp 0711 353414
*e-mail: karidwan0@gmail.com, atikarahayu1998@gmail.com

ABSTRACT

The energy crisis prompted the Indonesian government to change the paradigm towards new and renewable energy, from alternative energy to main energy. In order to overcome the electrical energy crisis, then conducted research on new and renewable energy. Utilization of microhydro based energy generation into one solution to be applied in effort to overcome this crisis. Microhydro power plant (PLTMH) is carried out by utilizing flow velocity (river flow) or head potential (waterfall) with water turbine connected to a generator so that it can convert mechanical energy from the turbine into electrical energy. Type of turbine used is crossflow turbine. This simulation is by varying the head potential (1.6 m, 1.8m, 2 m, 2.2 m, 2.4 m) and the direction of flow (horizontal overshoot, vertical overshoot, and undershoot) generated electrical energy. Based on the research results, the optimal flow direction horizontal overshoot flow which produces flow discharge 20 liter/min, the electrical energy 16 watt, and at height of 2.4 meters and the electrical energy 15.3 watt.

Keywords: Microhydro power generation, crossflow turbine, head potential, discharge, flow direction, energy

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (< 100 kw) yang memanfaatkan kecepatan aliran dan atau energi potensial jatuh air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *Clean energy*) karena ramah lingkungan. Air dari sungai atau berbagai sumber air lain yang ditampung pada sebuah kolam tandon atau waduk dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit tertentu akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia khususnya di Sumatera Selatan karena banyak terdapat hutan hujan tropis, disisi lain pemanfaatan energi potensial air masih tergolong minim. Hal tersebut membuat kita harus memanfaatkan dan mengembangkan potensi ini karena air adalah sumber energi yang dapat terbarukan.

Pada umumnya PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat

dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) kedalam bentuk energi mekanik dan energi listrik.

Tinggi Jatuh Air (*Head*)

Tinggi jatuh air merupakan selisih antara tinggi permukaan air atas (TPA) dengan tinggi permukaan air bawah (TPB). Ketinggian jatuh air dapat diperoleh dari sungai, air terjun, bendungan, saluran irigasi. Ketinggian jatuh air dapat mempengaruhi kecepatan aliran air, hal ini sesuai dengan persamaan bernoulli pada tangki berlubang yaitu

$$v = \sqrt{2xg x h} \dots \dots \dots \text{(Septiani, 2018)}$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran air (m/s)

g = gravitasi (m/s²)

h = ketinggian jatuh air (m)

Turbin *Crossflow*

Turbin *Cross-Flow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh Prof. Donat Banki sehingga turbin ini diberi nama Turbin *Banki* kadang disebut juga Turbin *Michell-Osberger* atau Turbin *Banki-Michell* (Isnugroho, 2012). Prinsip kerja dari turbin *Crossflow* adalah air yang keluar dari nozel masuk ke runner menumbuk sudu-

sudu tahap pertama dan kemudian air tersebut keluar dari celah sudu-sudu tahap pertama lalu melewati ruang kosong dalam runner kemudian air masuk ke sudu-sudu tingkat kedua yang akan jatuh menuju kolam bawah. (Mafruddin, 2017) Turbin *Crossflow* memiliki komponen utama yaitu sudu turbin, nozel, dan rumah turbin.

a. Sudu turbin

Pada bagian permukaan roda turbin yang berputar terdapat sudu-sudu turbin yang bergerak bersama-sama dengan roda turbin, maka sudu-sudu tersebut dinamakan sudu gerak atau sudu jalan. (Pratama dkk, 2017)

b. Nozel

Nozel adalah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida (terutama untuk meningkatkan kecepatan) saat keluar (atau memasuki) sebuah ruang tertutup atau pipa. Prinsip utama penggunaan nozel untuk fluida air atau tak mampat menggunakan prinsip hukum kontinuitas yaitu kekekalan massa atau menggunakan prinsip Bernouli dengan pengaruh ketinggian (Head). (Pratama dkk, 2017).

c. Rumah turbin

Rumah turbin ini berfungsi sebagai tempat dudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudu-sudu turbin. Agar runner tidak terendam air, posisi rumah turbin harus cukup tinggi di atas permukaan air. Konstruksinya pun harus cukup kuat untuk perlindungan dari kemungkinan mangkok atau runner rusak dan terlempar saat turbin beroperasi. (Syarif dkk, 2019).

Debit Aliran Fluida

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Debit Air yang mengalir dari suatu tempat penampungan ditentukan oleh kecepatan aliran dan luas penampang aliran, dimana semakin besar kecepatan aliran maka debit aliran juga akan semakin besar dan sebaliknya. Beragamnya nilai debit dikarenakan beragam pula kecepatan aliran air pada saluran tersebut (Luther dan Erwin, 2012).

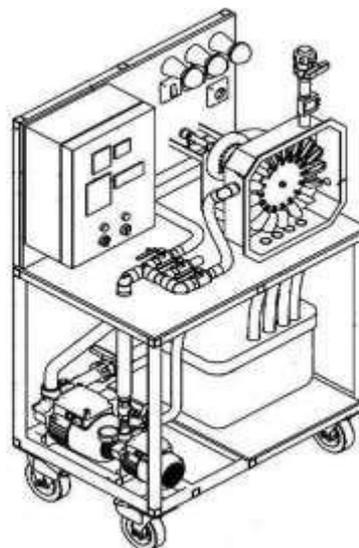
2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Percobaan

Dalam penelitian ini *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) turbin *Crossflow* yang dirancang memiliki komponen-komponen sebagai berikut:

- Pipa pesat (*Penstock*) yang digunakan yaitu pipa plastic jenis PVC berukuran 1 inch.
- Pompa Sentrifugal yang digunakan yaitu Panasonic No. Model GP-200JXX dengan kapasitas air minimum 29 LPM (*Liter Per Minutes*).
- Reservoir* Air yang digunakan dengan jenis plastik yang berukuran 95 liter.
- Flowmeter* yang digunakan merek K24 (*Electronic Turbine Meter*) dengan satuan LPM (*Liter Per Minutes*).

- Turbin *Crossflow* yang digunakan terbuat dari material baja sedang (*mild steel*), yang memiliki 16 sudu sendok, diameter sudu 20 cm, lebar sudu 3 cm dan jarak antar sudu 3,5 cm.
- Casing turbin yang digunakan terbuat dari kaca akrilik.
- Generator AC yang digunakan adalah genetor kipas.
- Control panel yang terdapat pada alat PLTMH ini terdiri dari *Tachometer* yaitu alat ukur banyaknya putaran turbin dalam satu menit (*Revolution Per Minutes*) dan *Multimeter Digital* yaitu alat pengukur listrik yang sering dikenal sebagai VOM (*Volt-Ohm Meter*) yang dapat mengukur tegangan (*Voltmeter*), arus (*Amperemeter*) dan daya listrik (*Watt*).



Gambar 1. Prototipe PLTMH Turbin *Crossflow*

2.2. Prosedur Percobaan

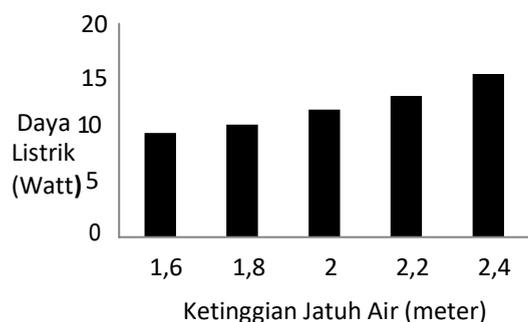
- Pengambilan Data Aktual Variasi Ketinggian Jatuhan Air
 - Mempersiapkan *Prototype* PLTMH Turbin *Crossflow*
 - Mengisi tangki air 600 L sampai penuh
 - Menghubungkan stop kontak *instrument* ke aliran listrik
 - Membuka *valve* (V1) pada beda ketinggian 1,6 m
 - Membuka *valve* (V6) secara *full* pada *penstock*
 - Memutar *gasket* ke arah kanan pada *control* panel untuk menghidupkan pompa sirkulasi
 - Membuka *valve* (V7) untuk menghisap air dan menyuplaikan ke tangki air (tedmon).
 - Mengamati proses yang terjadi
 - Mencatat data hasil percobaan yang telah dilakukan (debit, jumlah putaran, tegangan, dan arus listrik)
 - Mengulangi percobaan kembali pada no 4 sampai 9 dengan variasi ketinggian 1,8m 2m 2,2m 2,4m.
 - Setelah selesai melakukan percobaan, memutar kembali *gasket* ke arah kiri pada *control* panel untuk mematikan pompa sirkulasi

- b. Pengambilan Data Aktual Variasi Arah Aliran Fluida Keluaran Nozel
1. Mempersiapkan *Prototype* PLTMH Turbin *Crossflow*
2. Mengisi tangki air 600 L sampai penuh
3. Menghubungkan stop kontak *instrument* ke aliran listrik
4. Mengatur debit aliran pada aliran keluaran nozel 1 (Arah *Overshoot Horizontal*) yakni 14 LPM, 16 LPM, 18 LPM, 20 LPM
5. Menghitung daya dengan tegangan dan arus yang dihasilkan pada *display* panel
6. Memasang lampu pada holder, memastikan sklar lampu pada posisi ON
7. Setelah percobaan *overshoot horizontal* pada nozel 1, mengganti arah aliran menjadi *overshoot vertikal* pada nozel 2 dan selanjutnya arah *undershoot* dengan mengulangi langkah kerja 4 sampai 6
8. Setelah selesai melakukan percobaan, memutar kembali *gasket* ke arah kiri pada *control panel* untuk mematikan pompa sirkulasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hubungan Ketinggian Jatuhan Air Terhadap Daya Listrik

Hubungan antara ketinggian jatuhan air terhadap daya listrik ditunjukkan pada Gambar 2.



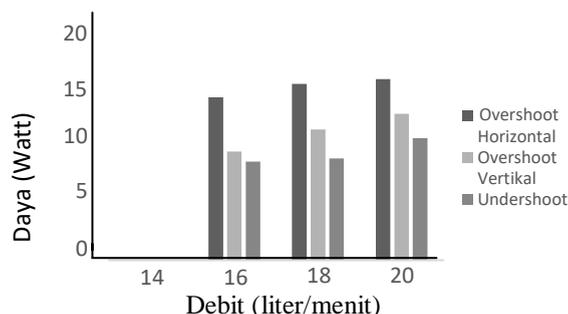
Gambar 2. Grafik Hubungan Ketinggian Jatuh Air Terhadap Daya Listrik

Dari Gambar 2 menunjukkan bahwa ketinggian jatuh air berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan. Semakin tinggi jatuh air maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Daya listrik tertinggi terdapat pada ketinggian 2,4 m yaitu sebesar 15,3 watt. Sedangkan daya listrik terendah terdapat pada ketinggian 1,6 m yaitu sebesar 9,778 watt. Hal ini menyatakan bahwa ketinggian jatuh air berbanding lurus dengan daya listrik.

Daya listrik tertinggi dihasilkan pada ketinggian 2,4 m. Hal ini disebabkan oleh adanya ketinggian jatuh air dan debit air yang berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang menyebabkan turbin berputar lebih cepat (Buyung, 2017).

3.2 Hubungan Antara Debit pada Aliran *Overshoot Horizontal*, *Overshoot Vertikal*, dan *Undershoot* Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan

Hubungan antara debit terhadap daya listrik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Debit pada Aliran *Overshoot Horizontal*, *Overshoot Vertikal* dan *Undershoot* Terhadap Daya yang Dihasilkan

Pada Gambar 3 diatas terlihat hubungan antara debit aliran fluida dengan daya listrik yang dihasilkan berdasarkan arah aliran fluida keluar nozel yaitu arah *overshoot horizontal*, *overshoot vertikal* dan *undershoot*. Pada debit optimum 20 liter/menit untuk *overshoot horizontal*, *overshoot vertikal* maupun *undershoot* menghasilkan daya yaitu 16 Watt, 12,95 Watt serta 10,8 Watt. Untuk debit 18 liter/menit dihasilkan daya *overshoot horizontal* 15,6 Watt, *overshoot vertikal* 11,55 Watt dan *undershoot* 9 Watt. Dan untuk debit 16 liter/menit dihasilkan daya *overshoot horizontal* 14,4 Watt, *overshoot vertikal* 9,6 Watt dan *undershoot* 8,7 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa debit berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan. Semakin tinggi debit maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan Hal ini menyatakan bahwa debit berbanding lurus dengan daya listrik.

Pada penelitian sebelumnya menggunakan turbin pelton dihasilkan daya untuk setiap arah aliran nozel yaitu *overshoot horizontal*, *overshoot vertikal*, *undershoot*. Pada arah aliran *overshoot horizontal*, *overshoot vertikal*, *undershoot* menghasilkan daya 14,7 watt, 14,56 watt serta 14 watt (Syarif dkk, 2019).

Daya listrik tertinggi dihasilkan pada arah aliran *overshoot horizontal* pada debit aliran 20 liter/menit yaitu 16 Watt. Hal ini disebabkan oleh adanya debit air yang berpengaruh, dimana semakin besar kecepatan aliran maka debit aliran juga akan semakin besar maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan (Pieterz dkk, 2013).

3.3 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Untuk perbandingan penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Jenis Turbin	Arah Aliran	Ketinggian (meter)	Debit (liter/menit)	Daya (Watt)	Referensi
Turbin Pelton 300 Watt	<i>Overshoot Horizontal</i>	-	17	14,7	Syarif dkk, (2019)
Turbin Pelton	-	1,8	-	9	Septiani, (2018)
Turbin Air	-	-	14	0	Anwar, (2017)
Turbin <i>Crossflow</i>	-	2	-	10,5	Mafruddin, (2017)
Turbin <i>Crossflow</i>	<i>Overshoot Horizontal</i>	2,4	20	16	Penelitian saat ini

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa penelitian sekarang yang menggunakan turbin *crossflow* dengan arah aliran *overshoot horizontal* menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya, yaitu pada 20 liter/menit dan ketinggian 2,4 meter menghasilkan daya 16 Watt. Pada penelitian Syarif dkk, (2019) menggunakan debit yang lebih kecil yaitu 17 liter/menit hanya menghasilkan 14,7 Watt. Pada Penelitian Anwar (2017) menggunakan debit 14 liter/menit belum menghasilkan daya. Hal ini sesuai dengan semakin bertambahnya debit air, semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Pada Penelitian Septiani (2018) pada ketinggian 1,8 meter menghasilkan daya 9 watt. Pada Penelitian Mafruddin (2017) dengan ketinggian 2 meter menghasilkan daya 10,5 watt. Hal ini terjadi karena adanya ketinggian jatuh air dan debit air yang berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang menyebabkan turbin berputar lebih cepat. Daya listrik yang dihasilkan pada suatu pembangkit listrik sangat dipengaruhi oleh debit air, karena tingginya debit air menyebabkan semakin banyaknya massa air yang menabrak turbin sehingga perputaran turbin semakin cepat dan menghasilkan daya listrik yang besar.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada Simulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Debit tertinggi berada pada ketinggian jatuhnya air 2 meter yaitu sebesar 68,79 Lpm, dan debit terendah berada pada ketinggian jatuhnya air 1,6 meter yaitu sebesar 54,67 Lpm. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi jatuhnya air maka debit yang dihasilkan akan semakin tinggi.
2. Pada ketinggian jatuhnya air 1,6 meter menghasilkan daya listrik 9,778 watt, dan pada ketinggian jatuhnya air 2,4 meter menghasilkan daya listrik sebesar 15,30 watt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi jatuhnya air maka daya listrik yang dihasilkan akan semakin tinggi.
3. Dari ketiga arah aliran fluida (*overshoot horizontal*, *overshoot vertikal*, *undershoot*) didapatkan arah aliran yang optimal yaitu arah aliran *overshoot horizontal* pada debit aliran 20 liter/menit menghasilkan daya 16 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Agus Riva'. (2017). *Analisis Kinerja Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Air*. Laporan Akhir Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang
- Buyung, Suriyanto. (2017). *Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Turbin Pelton*. Jurnal Teknik Mesin Vol.2 No.1, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.
- Isnugroho. (2012). *Pompa Air Mikro Hidro, Alternatif Menghadapi Krisis Energi*. Jurnal Ilmiah, Vol. 12, No. 13. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Luther, S dan Erwin, T.S. (2012). *Analisa Performance Roda Air Arus Bawah untuk Sudu Plat Datar Dengan Variasi Jumlah Sudu Laju. Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik 6*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Mafruddin, M., Amrul, A., dan Amrizal, A. (2017). *Studi Eksperimental Sudut Nosel Dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-flow*. *Mechanical*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, ISSN 2460-1888, Vol. 8 No. 1. Universitas Lampung.
- Pieterzs, Richard., Rudy Soenoko, dan Slamet Wahyudi. (2013). *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Pada Roda Tunggal*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4 No.3. 220-226.
- Pratama, Mirza. (2017). *Simulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Menggunakan Turbin Crossflow Ditinjau Dari Variasi Jumlah Sudu Turbin Terhadap Daya Yang Dihasilkan*. Laporan Akhir Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang

Septiani, Sileaen. (2018). *Analisis Kinerja Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton Sumber Daya Head Potensial*. Laporan Akhir Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

Syarif, Aida. Sahrul. Lety. Tahdid (2019). *Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton Kapasitas 300 Watt Kajian Debit dan Arah Aliran Pada Alat*. Prosiding Inovasi dan Aplikasi Teknologi Berkelanjutan di Era Revolusi Industri 4.0. Malang, 2 Februari 2019.