

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMh) DENGAN DESAIN TURBIN AIR CROSSFLOW

Umar¹⁾, Hasyim Asy'ari²⁾, Ali Tri Wahyudi³⁾

1),2),3) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani, Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta
E-mail : umarhasanabdat@yahoo.co.id

Abstraks

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMh termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Dengan memilih desain turbin air crossflow, tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. Penelitian bertujuan untuk mengetahui apakah potensi aliran air sungai yang ada layak digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh). Metode yang digunakan yaitu membuat turbin air jenis crossflow dengan diameter 180mm dengan menghubungkan alternator mobil sebagai penghasil energi listrik, dengan pipa peralon berdiameter 90mm dan memanfaatkan aliran Sungai Bendung Bagor yang terletak di Kecamatan Juwiring, Kabupaten Klaten untuk melakukan pengujian pengukuran kecepatan turbin dan daya output. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi aliran air sungai yang ada layak dijadikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh). Dari pengujian kapasitas daya sebesar 44,414 watt, putaran alternator 1765 Rpm, dengan menggunakan beban lampu sebesar 45 watt.

Kata Kunci : crossflow, PLTMh, alternator

PENDAHULUAN

Pemanfaatan potensi sumber daya alam berupa air sangat potensial untuk membangkitkan sebuah energi terbarukan berupa energi listrik. Dengan pemasangan pembangkit listrik tenaga air atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) khususnya di daerah terpencil masih perlu dikembangkan melihat daerah di Indonesia yang banyak sekali gunung dan air terjun yang belum dimanfaatkan secara optimal, dan masih banyak pula daerah terpencil di Indonesia yang belum terjangkau oleh aliran listrik (PLN). Sebagai alternatif pembangkit listrik dengan menggunakan diesel (PLTD) yang menggunakan bahan bakar minyak khususnya solar yang biaya operasionalnya lebih besar dibanding PLTMH, disamping itu PLTMH juga ramah lingkungan.

Bertitik tolak dari keadaan tersebut maka perlu diadakan penelitian dan pengembangan tentang pemasangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Dalam hal ini PLTMH dengan menggunakan sistem cetak miring, dimana air tidak tertahan pada sebuah bendungan. Pada sistem cetak miring, sebagian air sungai diarahkan ke saluran pembawa kemudi andialirkan melalui pipa pesat (penstock) menuju turbin. Setelah dari turbin, air dikembalikan lagi ke aliran semula, sehingga hal ini tidak banyak mempengaruhi lingkungan atau mengurangi air irigasi. Air akan dialirkan ke dalam turbin melalui sudu-sudu runner yang akan memutar poros turbin. Putaran inilah yang akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.

Makalah "Penggunaan turbin cross-flow pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro" Jonny Havianto Deputi Manajer Evaluasi Diklat dan Assessment PLN Pusdiklat. Makalah ini membahas tentang keunggulan turbin cross-flow (aliran silang) dibanding dengan jenis lainnya. Karena dapat dibuat dan dioperasikan dengan teknologi yang sederhana, turbin cross-flow cocok dikembangkan sebagai penggerak mula PLTMH.

Kondisi air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$E = mgh \dots\dots\dots(1)$$

dengan

m adalah massa air

h adalah head (m)

g adalah percepatan gravitasi $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Daya merupakan energi tiap satuan waktu $\left(\frac{E}{t}\right)$, sehingga persamaan dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh$$

Dengan mensubstitusikan *P* terhadap $\left(\frac{E}{t}\right)$ dan mensubstitusikan ρQ terhadap $\left(\frac{m}{t}\right)$ maka :

$$P = \rho Qgh \dots\dots\dots(2)$$

dengan

P adalah daya (watt)

Q adalah kapasitas aliran $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

ρ adalah densitas air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Selain memanfaatkan air jatuh hydropower dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots(3)$$

dengan *v* adalah kecepatan aliran air $\left(\frac{m}{s}\right)$

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho Qv^2 \dots\dots\dots(4)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas $Q = Av$ maka

$$P = \frac{1}{2} \rho Av^3 \dots\dots\dots(5)$$

dengan

A adalah luas penampang aliran air (m^2)

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu : "kecepatan spesifik, *Ns*", yang didefinisikan dengan formula:

$$Ns = N . P . \cos\theta . H \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

N = kecepatan putar turbin, rpm

P = maksimum turbin output, kW

H = head efektif, m

Output turbin dihitung dengan formula:

$$P = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \dots \dots \dots (7)$$

Dengan :

Q = debit air, m³ / detik

H = efektif head, m

η = efisiensi turbin = 0.7 - 0.8 turbin crossflow

Turbin Crossflow

Salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 litres/sec hingga 10 m³/sec dan head antara 1 s/d 200 m.

Turbin Crossflow menggunakan nozzle persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentuk sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. Runner turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.

METODE PENELITIAN

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran pembacaan pada alat ukur dengan menggunakan peralatan pendukung penelitian : multimeter, tachometer, pipa pesat (penstock), puli (pulley), alternator, turbin air crossflow, sabuk (V-belt), baterai/aki motor

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Studi literatur
- b. Observasi / Pengumpulan data meliputi
- c. Perancangan alat
- d. Analisa data
- e. Pengambilan kesimpulan

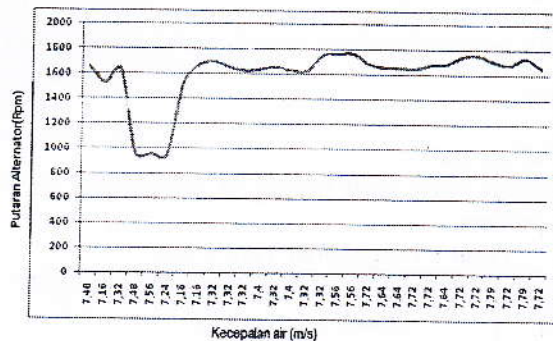
HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Data penelitian berdasarkan pada hasil pengujian pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan turbin crossflow.

Tabel 1 Pengukuran Turbin Air.

Hari	Jam	Debit (m ³ /s)	Putaran Turbin (Rpm)	Arus (A)	Tegangan (V)	Tinggi (m)
Rabu	09.00	0,095	1654	3,12	11,3	0,865
		0,091	1523	3,4	10,5	0,865
		0,093	1628	2,26	10	0,865
	15.00	0,095	954.7	4,19	10,6	0,865
		0,096	956.4	4,12	10,6	0,865
		0,092	940.6	4,07	10,4	0,865
Kamis	09.00	0,091	1519	3,79	10,3	0,865
		0,091	1667	3,79	10,5	0,865
		0,093	1698	3,74	10,4	0,865

Kamis	15.00	0,093	1649	4,03	10,6	0,865
		0,093	1626	3,97	10,5	0,865
		0,094	1638	3,97	10,5	0,865
Jumat	09.00	0,093	1654	3,98	10,5	0,865
		0,094	1628	3,96	10,4	0,865
		0,093	1629	3,99	10,5	0,865
	15.00	0,093	1752	3,90	10,4	0,865
		0,096	1762	3,89	10,4	0,865
		0,096	1765	3,91	10,4	0,865
Sabtu	09.00	0,098	1683	3,96	10,3	0,865
		0,097	1655	3,95	10,3	0,865
		0,097	1653	3,93	10,3	0,865
	15.00	0,098	1646	3,99	10,2	0,865
		0,098	1680	3,98	10,3	0,865
		0,097	1689	3,96	10,3	0,865
Minggu	09.00	0,098	1746	3,90	10,1	0,865
		0,098	1755	3,91	10,1	0,865
		0,099	1708	3,87	10,2	0,865
	15.00	0,098	1682	3,93	10,1	0,865
		0,099	1736	3,87	11,1	0,865
		0,098	1654	3,89	10,2	0,865



Gambar 1 Grafik hubungan antar putaran alternator dengan kecepatan air

Analisa perolehan daya pada tegangan antara 10 Volt sampai dengan 11,3 Volt. Rata – rata daya alternator menurut pengukuran selama penelitian adalah: 39.85 Watt

Dalam penelitian ini didapatkan pengaruh besar kecilnya debit air terhadap daya alternator. Pengaruh besar kecilnya debit air terhadap daya alternator, Daya Alternator menurut Perhitungan.

$$P = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Dengan:

P : Daya Alternator, Watt

g : Gaya Gravitasi, m/s^2

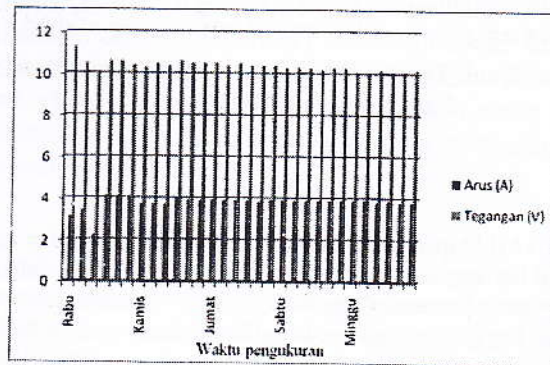
Q: Debit air, m^3/s

H : Tinggi, m

η : efisiensi turbin = 0.7 - 0.8

Besar kecilnya debit air dalam kurun waktu tertentu berdampak besar terhadap daya yang dihasilkan oleh alternator.

Putaran turbin air mempengaruhi daya yang dihasilkan alternator. Semakin cepat putaran turbin maka daya yang dihasilkan oleh alternator semakin besar. Selain itu juga dipengaruhi oleh kondisi accu, karena semakin lama pengujian maka menyebabkan semakin besar drop energi accu. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram Batang Pengaruh Putaran turbin dan Daya Alternator menurut Pengukuran.

Daya alternator menurut pengukuran jika dibandingkan dengan daya alternator menurut perhitungan terdapat adanya perbedaan. Berdasarkan perhitungan energi kinetik dapat dilakukan dengan mengacu pada debit air.

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Penelitian menggunakan pipa *Penstock* dengan luas $0,0127 \text{ m}^2$ dan debit air yang bekerja pada turbin air antara $0,091$ sampai dengan $0,099$, serta densitas air sebesar 1000 kg/m^3 .

Besar kecilnya debit air juga mempengaruhi kecepatan putar turbin air.

PENUTUP

Pembahasan di atas dapat diambil suatu kesimpulan, antara lain:

Pengaplikasian turbin air *crossflow* sebagai pembangkit listrik tenaga air, dapat diketahui output yang dihasilkan. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari alternator mobil dari hasil penelitian tertinggi 11.3 Volt , 4.19 Ampere , dengan kecepatan tertinggi 1765 Rpm , kemudian hasil yang terendah 10 Volt , 2.26 Ampere dengan kecepatan terendah 940.6 Rpm . Dengan beban lampu terpasang 45 Watt . Sehingga semakin cepat putaran alternator maka semakin besar output yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Jonny Havianto, Deputi Manajer Evaluasi Diklat dan Assessment PLN Pusdiklat 2009.
- M.M Dandekardan, K.N. Sharma. 1991. *Buku Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia
- Makalah "Pergunaan turbin *cross-flow* pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro"
- Puguh Adi Satriyo, ST, Puslitbang Iptekhan Balitbang Dephan. Artikel *Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro untuk daerah terpencil*.

HASIL DISKUSI

- Tanya : Bagaimana pengondisian aliran air ?
- Jawab : Pada sungai/terjunan air menggunakan pipa PVC
- Tanya : Bagaimana penggunaan Hukum Bernoulli?
- Jawab : Lebih penting pada head dan debit air. Pembahasan dari masalah tersebut belum dilakukan karena memang penelitian turbin masih sederhana
- Tanya : Aliran air sungai parameternya bagaimana?
- Jawab : Hanya mengarahkan air menggunakan pipa PVC 1 inch