

PERANCANGAN DAN OPTIMASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO DENGAN DAYA 8.5 KW

Rusuminto¹⁾, Wibowo Paryatmo

1) Pengajar di Jurusan Mesin Otomotif Politeknik Negeri Tanah Laut

Intisari— Penelitian ini membahas mengenai perancangan dan optimalisasi turbin air dengan memanfaatkan sumber energi air yang mempunyai ketinggian 18 meter dengan beda ketinggian 12,1 meter, sungai tiwingan mempunyai debit 0,33 meter kubik perdetik dengan potensi daya listrik 8,5 Kw. Dari analisa yang didapat diperoleh jenis turbin yang sesuai adalah jenis turbin Crossflow, dipilihnya jenis turbin tersebut dikarenakan ketersediaan teknologi secara lokal dan biaya pembuatan yang lebih murah metode yang dipakai adalah menganalisa segitiga kecepatan pada bagian runner turbin dengan memvariasikan sudut alfa, dari sudut alfa 7 derajat sampai dengan 16 derajat dengan mengambil sudut aliran alfa 14 derajat sebagai contoh rancangan. Hasil yang diperoleh dari pengambilan contoh sudut aliran 14 derajat adalah 89.457 Kw

Kata kunci— energi mikrohidro, turbin, cross flow.

PENDAHULUAN

Kawasan waduk PLTA IR.P.H.M.NOOR memiliki 8 aliran sungai yang dikumpulkan dalam sebuah dam, salah satu sungai tersebut adalah sungai tiwingan yang mempunyai beda ketinggian 18 meter, beda ketinggian tersebut besar sekali potensinya untuk dibangun beberapa buah sistem pembangkit listrik skala mikro sungai tiwingan merupakan sungai yang sumber airnya berasal dari hulu pegunungan meratus, letak waduk PLTA Riam Kanan berada didaerah gunung, topografi tersebut yang bergunung-gunung memungkinkan sungai yang ada didaerah tersebut bisa dimanfaatkan untuk mengembangkan PLTMH.

Pengembangan energi mikrohidro sangat cocok dilakukan mengingat potensi yang ada mempunyai debit kemarau diperkirakan 0,33 m³/s dengan potensi ketinggian lebih dari 12,1 m.

Berdasarkan deskripsi di atas maka penelitian ini merumuskan per masalahannya antara lain :

1. Seberapa besar potensi dari sumber energi yang ada yang dapat dimanfaatkan.
2. Bagaimana mendesain rancangan PLTMH beserta optimasi desainnya dengan potensi yang ada.

Berdasarkan potensi dan permasalahan tersebut, maka akan dibahas mengenai:

1. Merencanakan dan Mendesain PLTMH sesuai dengan potensi sumber energi air yang terdapat disungai tiwingan di desa awang bangkal.
2. Mengoptimasi desain rancangan sistem PLTMH untuk sungai tiwingan sehingga daya listrik yang akan dibangkitkan dapat diketahui dengan penentuan sudut α .

Rencana desain sistem pada PLTMH sungai tiwingan dilakukan pada bagian penstock dan runner turbin, sehingga ruang lingkup penelitiannya meliputi:

1. Besaran debit aliran sungai yang diambil dalam perhitungan rencana perancangan teknis adalah

debit minimum pada musim kemarau yaitu 0.33m³/s.

2. Ketinggian (z) = 12,1m
3. Turbin yang dipakai adalah cross flow.
4. Rencana desain rancangan dengan mempelajari segitiga kecepatan dengan variasi sudut α 70 - 160.
5. Perhitungan pada penstock adalah:
 - a. Diameter pipa
 - b. Kecepatan air pada pipa
6. Bagian-bagian pendukung PLTMH meliputi rancangan sipil dan kelistrikan tidak diperhitungkan.
7. Studi kelayakan mempertimbangkan kemandirian listrik serta biaya penghematan listrik yang didapat dengan di bangunnya PLTMH didaerah tersebut.

METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan langkah sebagai berikut :

- a. Diawali peninjauan lokasi, dengan cara menelusuri aliran sungai, menentukan titik yang dianggap sesuai untuk perencanaan PLTMH.

- b. Pengambilan data-data :

- Primer:

- o Menghitung secara langsung debit aliran menggunakan alat ukur debit:
- o Menggunakan beda ketinggian air pada tabung pitot yang mana beda ketinggiannya 29 cm.
- o Menggunakan benda apung berupa kayu meranti ukuran 10x10 cm yang dijatuhkan kepermukaan air sungai kemudian kecepatannya di ukur dengan menggunakan stopwatch dalam jarak 5m.

- Mengukur beda ketinggian yang berpotensi untuk mendapatkan head maksimal, dengan menggunakan water pas dari selang kecil Sekunder :

- o Pengambilan informasi data tingkat curah hujan dibadan klimatologi dan geofisika Banjarmasin.
- o Melakukan perhitungan data kasar sementara untuk mengetahui rencana desain potensi daya listrik terbangkit.
- o Mengevaluasi data pengukuran dan hasil perhitungan
- o Mengoptimasi desain rancangan sistem PLTMH

Parameter-Parameter Rancangan PLTMH

- Penentuan debit aliran
Pengukuran debit dengan menggunakan pendekatan: $Q = V \cdot A$
Dimana V = kecepatan aliran = 2.38 m/s
 A = Luas penampang aliran = 0.14 m²
Jadi diperoleh debit aliran 0.33 m³/s atau 340.01052 liter/sekon
- Penentuan ketinggian optimum
Dari data pengukuran lapangan diperoleh ketinggian efektif = 12.1 m
- Pemilihan Turbin
Berdasarkan data debit dan beda ketinggian perhitungan potensi daya minimum, maka tipe turbin direncanakan tipe Turbin cross flow.
- Efisiensi Turbin dan Generator
Untuk Turbin crossflow $\eta_t = 0.6$ pada debit 40% baik sampai 0.74
Efisiensi generator untuk aplikasi 50 - 100 kVA efisiensi 0.85 - 0.9
- Potensi Daya listrik yang ada

Dari data yang didapat, saluran ini memiliki debit

minimum (Q) = $0.33 \frac{m^3}{s}$ namun sebenarnya dapat dioptimalkan untuk dinaikkan debitnya dengan membuat bendungan, sedangkan untuk ketinggian pipa(z) = 12,1m, mempunyai daya sebesar :

$$P = \rho Q g z \eta_0$$

$$= 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.33 \frac{m^3}{s} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 9.6 m \cdot 0.6 \cdot 0.6$$

$$= 6712.8 W = 6,7 kW$$

Sedangkan untuk memaksimalkan efisiensi dapat dilakukan dengan menganalisa segitiga kecepatan pada runner turbinnya.

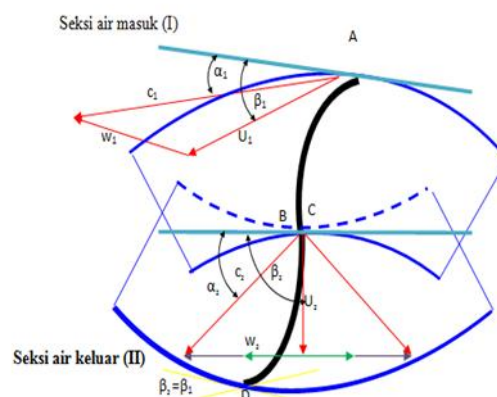
Kajian Tekno ekonomi

Tahap awal dalam melaksanakan suatu proyek diperhitungkan adalah perlunya dilakukan analisa dari investasi tersebut sehingga akan diketahui kelayakan suatu proyek dilihat dari sisi ekonomi investasi dan daya keluaran listrik yang dihasilkan dibandingkan harga listrik dari PLN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan energi listrik untuk penerangan rumah di daerah awang bangkal kecamatan Aranio kabupaten Banjar dan kebutuhan yang lain bersumber dari PLTA IR.P.H.M.NOOR, padahal sungai tiwingan yang terdapat didesa tersebut mempunyai potensi untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil.

Pemanfaatan potensi sumber daya alam yang ada berupa air untuk PLTMH sangat baik dikarenakan sungai tiwingan memiliki beda ketinggian 18 meter, potensi ini baik untuk dimanfaatkan mengingat pasokan energi listrik diwilayah Kalimantan Selatan umumnya sering mengalami defisit daya apabila saat beban puncak, hal ini mengakibatkan terjadinya pemadaman listrik secara bergilir dalam mengatasi kesulitan tersebut di upayakan perancangan pembuatan PLTMH untuk memutuskan ketergantungan pasokan listrik kepada PLN mengingat lokasi yang terletak pada daerah pegunungan dan rumah yang saling berjauhan, sehingga perlu pengembangan potensi yang optimal untuk pembangkit listrik mandiri.



Gambar 1. segitiga kecepatan seksi air masuk sudu

Tabel 1. Data Desain Teknis

Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
Debit	Q	m ³ /s	0,33
Ketinggian	Z	m	12,1
Konstanta Kecepatan	K		0,087
Sudut masuk	A	(⁰)	14
Koefisien empiris	C		0,98
Efisiensi Turbin	η_t		0,76
Massa Jenis air	P	kg/m ³	1000
Percepatan gravitasi	G	m/s ²	9,81

Tabel 2. Hasil Analisis Perhitungan Segitiga Kecepatan Turbin

Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
Gaya	F	N	12,09
Momen puntir / torsi	T	Nm	5,75
Daya Turbin	P	kW	89,46

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan Pipa Penstock (Penstock)

Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
Diameter dalam	Di	m	0,45
Panjang	Lp	m	18
Tinggi	Hp	m	12,1
Kecepatan aliran	V	m/s	15,40

Tabel 4 Hasil Perhitungan Dimensi Turbin

Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
Putaran Turbin	N	Rpm	300
Lebar	L	m	1,40
Diameter runner	D ₁	m	0,75
Jari-jari runner	r ₁	m	0,375
Jari-jari runner	r ₂	m	0,25
Kecepatan Spesifik	n _s	Rpm	170
Tebal Pancaran	So	m	0,061
Jarak antar sudu	T	m	0,1304
Jumlah sudu	N	Buah	18
Lebar keliling radial	A	m	0,1275
Diameter dalam	Di	m	0,495
Kelengkungan Sudu	Δ	m	0,375
Massa turbin total	WT _{tot}	Kg	25,195
NOZEL			
Kecepatan aliran penstock bagian atas	V ₁	m/s	20,76
Kecepatan aliran penstock bagian bawah	V ₂	m/s	15,1
Luas penampang keluar nosel	A	m ²	1,26
Lebar penampang keluar nosel	B	m	0,100

Analisa Perhitungan Ekonomi

Pada tahap awal pembangunan PLTMH memerlukan investasi yang relatif besar. Namun bila ditinjau dengan hasil yang diperoleh dapat menghemat biaya listrik, disamping itu melihat kondisi medan/lapangan yang sulit untuk instalasi listrik dari PLN, bila dimungkinkan dilakukan instalasi biayanya sangatlah mahal dibandingkan dengan instalasi PLTMH, sehingga investasi PLTMH yang mahal menjadi murah. Biaya dalam rancangan PLTMH sungai tiwingan diperkirakan

mencapai Rp.109 440 000,-. Adapun perincian biaya perancangan PLTMH tiwingan ada pada table dibawah ini:

Tabel 5. Hasil optimasi pada turbin dengan variasi sudut α1 yaitu 7° - 15°

α ₁	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Rata-rata
cosα ₁	0.99254	0.99026	0.98768	0.9848	0.98162	0.97814	0.97437	0.97029	0.96592	0.96126	0.978688
β ₁ =2tanα ₁	0.2455	0.28108	0.31676	0.35265	0.38876	0.42511	0.41736	0.49865	0.53589	0.57349	0.403525
β ₁	14	16	18	20	21	23	25	27	29	30	22.3
cosβ ₁	0.97	0.961	0.951	0.939	0.933	0.92	0.91	0.891	0.874	0.866	0.9215
c1	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68	10.68
u1	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396
w1	10.60033	10.57598	10.54842	10.51766	10.4837	10.44654	10.40627	10.3627	10.31603	10.26626	10.45239
cu1	17.678	17.559	17.427	17.272	17.177	17.006	16.865	16.629	16.412	16.286	17.0312
c2	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32	-9.32
u2	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396
w2	9.5402	9.5183	9.493	9.4658	9.4353	9.4018	9.3656	9.3264	9.2844	9.2396	9.4071
cu2	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396	7.396
Sehingga											
F	13.469	13.31	13.141	12.937	12.813	12.590	12.405	12.095	11.811	11.646	12.623
τ	6.2622	6.2039	6.1390	6.0627	6.0161	5.9324	5.8630	5.7468	5.6403	5.5785	5.944
P	99622.91	98471.85	97193.28	95687.03	94768.61	93116.85	91749.72	89457.9	87355.86	86138.68	93356.27

Tabel 6. Estimasi Biaya Pembuatan rancangan PLTMH tiwingan

No	Keterangan	Unit	Jml	Total Harga (Rp)
1	Peralatan Pambangkit	Turbin, generator, set-up & komisi	1	40 000 000,-
2	Pekerjaan sipil	Biaya persiapan pembuatan bendungan power house		25 250 000,-
3	Instalasi Listrik	Tiang, kabel, aksesoris, instalasi		23 140 000,-
4	Biaya Perawatan / Tahun			21 050 000,-
Jumlah				109 440 000,-

KESIMPULAN

I. Dari data potensi yang ada diperoleh beda ketinggian (z) = 12,1 pengukuran debit aliran minimum pada sungai (Q) = 0,33 m³/s, Diameter penstock = 0,30 m Efisiensi turbin, hidrolik dan generator masing-masing 0,6 Daya listrik yang dibangkitkan 8,5 kW.

Dari optimasi yang dilakukan yaitu perhitungan berbasis segitiga kecepatan diperoleh : Debit aliran $Q = 1,31$ m³/s Diameter penstock = 0,45 m $H_{conv} = 65$ J/kg $H_{net} = 86,61$ J/kg $\eta_{hid} = 0,75$ Efisiensi turbin maksimal (η_{tmaks}) = 0,9222 Daya listrik yang dibangkitkan pada sudut masuk runner $\alpha_1 = 70$ adalah 89,622 kW

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan ucapan terimakasih kepada Istri dan anak tercinta, kedua orang tua, keluarga, dan kepada Prof. Dr. Ir. H. Djoko Sungkono K, M.Eng.Sc.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fritz Dietzel. Dakso Sriyono, 1980 *Turbin Pompa dan Kompresor*.
- [2] R.K Rajput, 2003. *A Textbook of Hydraulic machines*
- [3] Paryatmo W. 2005. *Turbin Air*, Jakarta. UPP.
- [4] Agus S. *Karakteristik Turbin Cross Flow* <http://www.agussuwasono.com/artikel/mechanical/300-karakteristik-turbin-cross-flow.html?start=1> (03/01/2011)
- [5] Ahmad Farid, , 2010 *Optimasi Turbin Arus silang untuk PLTMH sungai Guci* .Tesis S2 Universitas Pancasila.
- [6] Barglazan M. 2005. *About Design Opimization of Cross flow Hidraulic Turbines*.Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timisoara. Romania.
- [7] Dietzel F. 1996. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Edisi terjemahan. Jakarta Penerbit Erlangga.
- [8] ESHA Part 2 2004. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*. Belgium.
- [9] Khurmi R.S. 1977. *A Text Book of Hydralic Machines*. S Chand & Company Ltd. New Delhi.
- [10] Mockmore, C. & Merryfield, Fred, *The Banki Water Turbine*, Journal [www.Banki Water Turbin.com](http://www.BankiWaterTurbine.com)
- [11] Zhen, H.S., Cheung, C.S., Leung, C.W., Choy, Y.S., "Effect of Hydrogen Concentration on the Emission and Heat Transfer of a Premixed LPG-Hydrogen Flame", Int. Journal of Hydrogen Energy, Vol.37, 2012, hal. 6097-6105.
- [12] Robert. W. & McDonald, Allan T, *Introduction to Fluid Mechanic*, John Willey & Sons, Singapore
- [10] Hudan G A. *Studi Pembangunan PLTMH Sumberan Pacet Mojokerto*. ITS Surabaya.
- [11] Sadrul I dkk, 2002. *Sistem Mikrohidro Berhead Rendah yang Tepat untuk Bangladesh*. ICECE 2002 26-28 Desember. Dhaka Bangladesh.