

Pemanfaatan Energi Potensial Air Sebagai Penggerak Turbin Cross Flow Multi Nozzle

¹Corvis L Rantererung, ²Titus Tandiseno, ³Mika Mallisa

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar; ²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar; ³Program Studi Akuntansi, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email: corvisrante@yahoo.com

Abstrak – Energi potensial air sangat melimpah di daerah terpencil yang belum dijangkau jaringan aliran listrik adalah sangat baik dimanfaatkan sebagai penggerak turbin cross flow untuk membangkitkan tenaga listrik skala mikro hidro. Metode ini digunakan untuk memberdayakan potensi sumber daya alam berupa energi potensial air terjun atau aliran sungai dari ketinggian tertentu (head) yang terlebih dahulu dikonversi menjadi energi kinetik pada nozzle, selanjutnya dirubah menjadi energi mekanik pada sudu runner turbin dan kemudian energi mekanik dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Turbin cross flow melalui sudu-sudu turbin menyerap energi kinetis pancaran air yang melalui multi nozzle dengan kecepatan tinggi untuk menggerakkan runner dan poros turbin sehingga menghasilkan daya turbin cross flow multi nozzle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan energi potensial air adalah sangat baik untuk digunakan sebagai penggerak turbin cross flow multi nozzle dalam rangka penyediaan energi listrik bagi masyarakat pedesaan.

Kata kunci: Energi, Potensial, Turbin, Cross, Flow

Abstract - Water potential energy is very abundant in remote areas that have not yet been reached by the electricity network. This method is used to empower the potential of natural resources in the form of a potential waterfall or river flow from a certain height or head which is first converted into kinetic energy at the nozzle, then changed to mechanical energy at the turbine runner blade and then mechanical energy is converted to electrical energy by the generator. The cross flow turbine through the turbine blades absorbs the kinetic energy of the water jet through the multi nozzle at high speed to drive the turbine runner and shaft so as to produce the turbine cross flow multi nozzle power. The results showed that the potential use of water energy is very good to be used as a driving force for multi flow nozzle cross flow turbines in the context of providing electrical energy to rural communities.

Keywords: Energy, Potential, Turbine, Cross, Flow

1.PENDAHULUAN

Potensi energi air sangat baik untuk di manfaatkan sebagai sumber energi listrik sebagai salah satu faktor utama dalam menunjang perkembangan pembangunan perekonomian [1]. Air merupakan sumber daya alam yang tidak terbatas jumlahnya, yang energi potensialnya dapat digunakan sebagai sumber energi penghasil listrik [2]. Oleh karena itu masyarakat sangat penting untuk mengembangkan penggunaan energi potensial air pada gambar 1, sebagai sumber energi penghasil listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 1. Potensi Energi Air Terjun di Pedesaan

Di daerah terpencil masih banyak masyarakat belum bisa menikmati energi listrik dari pusat listrik negara, namun di

sekitar daerahnya banyak tersedia sumber energi potensial air yang skala mikro belum dimanfaatkan. Sehingga diperlukan teknologi terapan yang mudah dioperasikan masyarakat di daerah terpencil untuk memanfaatkan potensi-potensi energi air tersebut [3]. Di Indonesia, perkembangan tersebut ditandai dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan kegiatan industri yang mengakibatkan meningkatnya konsumsi energi listrik [4]. Pertambahan kebutuhan energi untuk pembangkitan listrik yang lebih efisien dapat memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil [5]. Pemenuhan kebutuhan energi listrik di daerah terpencil sangat tepat dengan penerapan teknologi pembangkit listrik mikro hidro karena konstruksinya sederhana dan aplikatif. Bagian utama pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah pipa penstoc sebagai saluran air, turbin air dan generator, panel dan jaringan transmisi daya [6].

Saat ini turbin *cross flow* banyak mendapat perhatian karena dapat diaplikasikan pada rentang aliran dan head yang lebih beragam dan ekonomis. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dengan jenis turbin air lainnya dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan roda air dengan bahan yang sama, karena dimensi turbin *cross flow* lebih kecil [7]. Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan turbin *cross flow* jauh lebih sedikit dan menggunakan bahan lokal, sehingga lebih murah.

Sejak munculnya turbin air *cross flow*, banyak kemajuan telah banyak dibuat melalui penelitian melalui metode percobaan laboratorium terutama pada parameter desain turbin seperti sudut datang, jumlah sudu, rasio diameter *runner*, lebar *runner*, dan dimensi *nozzle*. Beberapa peneliti juga melakukan studi laboratorium tentang turbin *cross flow* yang bertujuan untuk menunjukkan serangkaian hasil pengujian turbin *cross flow* yang dibuat berdasarkan spesifikasi yang berbeda-beda untuk meningkatkan kinerja turbin yang optimal.

Klasifikasi energi sumber daya alam secara umum dapat dibagi menjadi sumber daya alam yang dapat diperbarui (*renewable resource*) dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (*non-renewable resource/depletable resource*). Sumber daya alam yang dapat diperbarui merupakan sumber daya alam yang dapat terus menerus tersedia sebagai input produksi dengan batas waktu tak terhingga. Air, hutan, panas matahari, dan sebagainya termasuk dalam sumber daya alam yang dapat diperbarui. Sedangkan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui adalah sumber daya alam yang persediaannya sebagai input produksi sangat terbatas dalam jangka waktu tertentu. Yang termasuk di sini adalah minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan sebagainya. Sumber energi dilihat dari segi pemakaian, terdiri atas energi primer dan energi sekunder. Energi primer adalah energi yang diberikan oleh alam dan belum mengalami proses pengolahan lebih lanjut. Sementara energi sekunder adalah energi primer yang telah menjalani proses lebih lanjut.

Potensi energi baru dan terbarukan sangat bersih, namun sumber energi listrik masih didominasi bahan bakar konvensional (BBM), dan saat ini ketersediaannya sudah sangat terbatas. Sementara masih banyak sumber potensi energi baru dan terbarukan diantaranya seperti energi air, energi surya, energi angin, batubara, gambut dan uranium, belum dimanfaatkan secara optimal. Potensi energi baru dan terbarukan di daerah banyak yang sementara ini telah dikembangkan adalah : Air (Pembangkit Listrik Tenaga Sekala Kecil) , Surya, dan sistem konversi energi angin. Sedangkan batubara, gambut dan uranium masih dalam tahap pengembangan. Topografi wilayah daerah terpencil yang terdiri dari dataran rendah, dataran tinggi, pegunungan berbukit dengan banyak sumber air yang melimpah dan memiliki potensi sumber daya air yang sangat besar untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik.

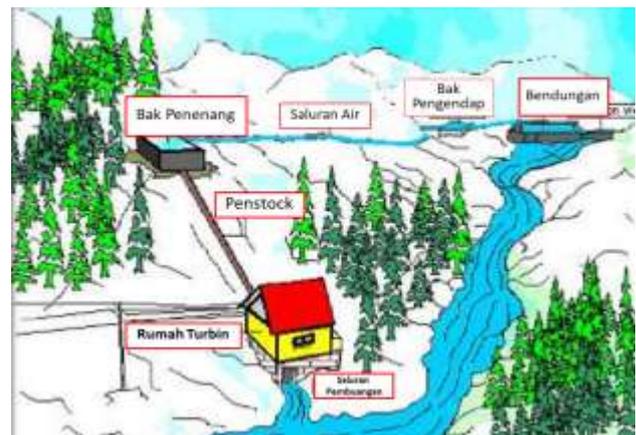
Pengembangan energi baru dan terbarukan untuk Indonesia yang memiliki wilayah yang sangat luas dengan sumber daya alam yang melimpah seperti hutan, bahan tambang, perkebunan, air, gambut dan lain-lain, namun semua pembangkitannya menggunakan sumber daya fosil yaitu BBM solar dan *marine fuel oil* (MFO).

II. LANDASAN TEORI

Turbin air adalah mesin penggerak yang merubah energi potensial menjadi energi mekanis dengan air sebagai fluida kerjanya. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah, energi potensial air berangsur-angsur berubah menjadi enenrgi kinetik dalam proses aliran di dalam pipa. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanik. Pengelompokan dan penamaan turbin secara umum dapat dilihat dari fluida kerjanya,

seperti turbin air, fluida kerjanya adalah air begitu pula untuk fluida kerja lainnya seperti uap, gas, dan angin.

Teknologi mikro hidro adalah istilah teknologi yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Dalam prakteknya istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa mikro hidro, pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Perbedaan antara istilah Mikro hidro dengan Mini hidro adalah output daya yang dihasilkan. Mikro hidro menghasilkan daya lebih rendah dari 100 W, sedangkan untuk mini hidro daya keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 W. Secara teknis diperlihatkan pada gambar 2 skema pemanfaatan energi potensial air sebagai penggerak turbin air untuk membangkitkan energi listrik dengan memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin).



Gambar 2. Skema Pemanfaatan Energi Potensi Air Sebagai Penggerak Turbin Pembangkit Listrik

Di rumah instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin sendiri, dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses mikro hidro merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik.

Sebelum pengambilan keputusan pembangunan pembangkit mikro hidro sangat dipertimbangkan solusi penting dengan memperkirakan ketersediaan tenaga dari debit sungainya dan tinggi energi yang terisolasi di lokasi untuk menghasilkan tenaga potensial yang berguna. Proses perjalanan air menjadi tenaga listrik dapat dilihat pada gambar 2. Perhitungan energi potensial air yang bisa dihasilkan oleh air terjun atau air mengalir adalah

Energi Potensial Air :

$$P = E_p / t \tag{1}$$

$$E_p = P_h \cdot t = (H \cdot Q \cdot g \cdot p) \cdot t \text{ (Watt/s= Joule)}$$

Keterangan:

$$P_h = \text{Daya Air} = H \cdot Q \cdot g \cdot p \tag{2}$$

- H = Head atau tinggi jatuh air (m)
- Q = Kapasitas debit air (m/s³)
- g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)
- ρ = massa jenis air (kg/m³)
- t = waktu (s)

Daya Turbin :

Daya Turbin adalah daya yang dibangkitkan oleh turbin air *cross flow multi nozzle* dengan mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Besarnya daya turbin dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_T = P_h \cdot \eta_T \quad (Watt) \quad (3)$$

III. METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu Penelitian dilaksanakan laboratorium Teknik Mesin dan Teknik Elektro UKI-Paulus serta di plosok desa daerah terpencil Kabuptaen Toraja Utara Sulawesi Selatan, dan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei dan Juni tahun 2019.

Material dan peralatan :

- 1) Turbin *cross flow multi nozzle* sebagai pengubah energi potensial air menjadi energi mekanis penggerak poros generator
- 2) Bak penenang air berfungsi sebagai tempat menampung, menenangkan air, mengendapkan pasir, lumpur, menyaring air dari kotoran air masuk ke turbin, tempat saluran pembuangan. air yang lebih masuk penstock turbin
- 3) Menggunakan tiga pipa *penstock*, pipa PVC tipe AW 3 inci” berfungsi untuk mengalirkan air ke *nozzle* dan diteruskan ke turbin.
- 4) *Nozzle* sebagai alat pengubah energi potensial air menjadi energi kinetis air dan pengarah pancaran air ke sudut turbin
- 5) *Flowmeter*, digunakan untuk mengukur debit air
- 6) Tachometer untuk mengukur putaran turbin
- 7) Voltmeter untuk mengukur tegangan listrik
- 8) Amperemeter untuk mengukur arus listrik
- 9) Wattmeter untuk mengukur daya listrik

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan turbin *cross flow multi nozzle* sebagai pembangkit listrik di daerah terpencil memberikan hasil yang baik yang diperoleh di lapangan dengan kapasitas aliran air, tinggi jatuh air (*head*), daya air, putaran turbin dan generator, tegangan dan arus listrik serta daya generator listrik. Pada tahap penelitian, melalui pengukuran untuk semua parameter dari variabel yang diperoleh berdasarkan sumber daya air yang tersedia di instalasi pengujian dan proses perhitungan, spesifikasi menerapkan tipe dan prototipe turbin *cross-flow multi nozzle* sebanyak 3 buah *nozzle* dan dipasang di depan runner dengan jumlah 24 sudu-sudu sudut sudu adalah 30 derajat. Kemudian analisis data berdasarkan tinjauan pustaka dan hasil penelitian yang didiskusikan dengan baik dan diperoleh kondisi dan fenomena bahwa semakin tinggi debit air menghasilkan energi potensial air dan daya air yang lebih besar untuk memutar runner turbin *cross flow* dengan paralel *multi nozzle* [17]. Data hasil kinerja turbin *cross flow multi nozzle* dapat dijelaskan sesuai hasil penelitian yang diperoleh pada tabel 1 menunjukkan bahwa energi potensial air yang

dialirkan melalui *nozzle* turbin, yang sangat menentukan besarnya daya yang dapat dihasilkan oleh turbin. Berdasarkan yang paling rendah pada saat turbin hanya menggunakan satu *nozzle* dengan bukaan katup 25 %, adalah 540,43Watt dan daya turbin 313.45 Watt sedangkan pada pembukaan katup maksimum 100 % paling diperoleh energi potensial 5895,59 Joule dan daya listrik maksimum yang hasilkan Turbin *cross flow* adalah 4259,56 Watt.

Kegiatan penelitian ini adalah untuk melakukan studi dan menganalisis penentuan jumlah *nozzle* yang tepat untuk menghasilkan energi potensial air dan daya turbin air maksimum seperti perencanaan daya mikrohidro, dan mengetahui kapasitas daya yang dihasilkan oleh turbin *cross flow*. Data input yang digunakan dalam penelitian ini adalah, debit air, ketinggian jatuh air, torsi turbin, kecepatan putaran dan data teoritis untuk menghitung daya turbin, dan membandingkan daya turbin aktual dengan jumlah *nozzle* yang berbeda. Berdasarkan data ini yang diperoleh bahwa daya turbin dan daya generator tertinggi adalah pada penggunaan atau penerapan prototipe turbin *cross flow multi nozzle* sebanyak tiga buah, dan data lengkap dapat dilihat pada table 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil penelitian

Bukaan Katup (%)	1 Nozzle		2 Nozzle		3 Nozzle	
	Energi Potensial (EP) Joule	Daya Turbin (Pr) Watt	Energi Potensial (EP) Joule	Daya Turbin (Pr) Watt	Energi Potensial (EP) Joule	Daya Turbin (Pr) Watt
25	540,43	313,45	900,71	585,46	1351,07	905,22
50	1621,29	1086,26	2384,25	1716,66	3242,57	2431,93
75	2861,09	2031,38	3684,74	2947,79	4421,69	3670,00
100	4053,22	3242,57	5898,59	4323,43	5895,59	5011,25

Turbin *multi nozzle* dirakit dari material plat besi yang diproses dengan menggunakan beberapa mesin produksi sesuai dengan dimensi hasil desain dan secara lengkap dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut



Gambar 3. Turbin *Cross Flow Multi Nozzle*

Pemanfaatan turbin *cross flow* dengan memakai *multi nozzle* adalah memiliki komponen yaitu *nozzle* tiga buah, *runner* satu buah, poros horisontal, *pully*, *belt* bentuk V, mampu membangkitkan energi listrik pada saat dikopel dengan generator kapasitas 5000 Watt dengan putaran 1500 rpm dan secara lengkap dapat dilihat pada gambar 6. Turbin dan generator sudah terpasang dengan baik di rumah pembangkit

yang siap untuk dioperasikan. Pembangkit listrik mikro hidro ini beroperasi pada tinggi Daya listrik paling besar dibangkitkan oleh generator pada saat pembangkit menggunakan tiga *nozzle* pada pembukaan katup full 100 %, hal ini terjadi akibat adanya debit air maksimum memiliki massa air yang besar memberikan energi besar juga memberikan gerak rotasi turbin. Di mana sebelum memuat putaran turbin mencapai putaran tinggi, pada saat pembukaan katup maksimum dan pada waktu terjadi pemberian beban atau penambahan beban dengan generator listrik terjadi penurunan putaran poros turbin. Sehingga putaran turbin akan semakin tinggi pada saat beban pada turbin semakin berkurang. Hasil pengujian energi potensial air dan daya turbin air yang dihasilkan oleh turbin dengan membandingkan daya turbin dihasilkan adalah sangat menentukan sistem pembangkit tenaga mikro hidro yang memanfaatkan teknologi turbin air *cross-flow multi nozzle*. [15].

Daya output turbin *cross flow multi nozzle* semakin semakin meningkat seiring dengan penambahan energi potensial air dan penggunaan jumlah *nozzle* hal tersebut beralasan karena energi potensial air digunakan memutar turbin juga semakin meningkat.

V.KESIMPULAN

Pemanfaatan energi potensial air sebagai penggerak turbin *cross flow multi nozzle* sangat dipengaruhi oleh prosentasi pembukaan katup dan jumlah *nozzle* .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, penghargaan dan apresiasi dari Tim penulis menyampaikan kepada DRPM Dikti atas bantuan dan dukungannya yang terkait dengan publikasi ini.

PUSTAKA

- [1] Bernhard Pelikan. 2004. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*. ESHA 2004.
- [2] Bryan, R. C. and Sharp, K. V. 2013. *Impulse turbine performance characteristics and their impact on Pico-hydro installation*, *Renewable Energy Journal*, Elsevier. 50: 959-964.
- [3] Marco Sinagraa, Vincenzo Sammartanoa, Costanza Aricò, Alfonso Collurab, Tullio Tucciarellia. 2014. *Cross-Flow turbine design for variable operating conditions* 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013. Elsevier. *Procedia Engineering*. pp. 1539-1548.
- [4] S.U.Patel, Prashant.N.Pakale. 2015. *Study On Power Generator By Using Cross Flow Water Turbine In Micro Hydro Power Plant*. *International Journal of Research in Engineering and Technology* eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308.
- [5] Haurissa.J, Soenoko. R, Wahyudi S., Irawan Y. S. 2012. *The Cross Flow Turbine Behavior towards the Turbine Rotation Quality, Efficiency, and Generated Power*. *Journal of Applied Sciences Research*. 8(1): 448-453.
- [6] Muhammad Adil Khan and SaeedBadshah.2014. *Design and Analysis of Cross Flow Turbine for Micro Hydro Power Application using Sewerage Water* *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 8(7): 821-828, 2014 ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467.
- [7] Rantererung L.C., Soeparman S., Soenoko R. and Wahyudi S..2018. *Vertical And Horizontal Nozzle Effectiveness In Cross Flow Turbines*. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* . 9(10): 504–511.
- [8] Rantererung L.C., Soeparman S., Soenoko R. and Wahyudi S.2018. *Improvement Of Performance Cross Flow Turbine With Dual Nozzle*. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. VOL. 13, (7) : 2368-2368.
- [9] Nasir A.B. 2013. *Design of High Efficiency Cross Flow Turbine for Hydro-Power Plant*. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2(3): 308-311.
- [10] Achard J.L., Dominguez F., Corre C. 2016. *Cross Flow Water Turbines: Harvest Technology*. *Renew. Energy Environ Sustain*. 1(38): 1-7.
- [11] Soenoko R. 2015. *Design Optimization to Increase a Cross Flow Turbine Performance, a Review*. *International Journal of Applied Engineering Research*. 10: 38885-38890.
- [12] Vimalakeerthy D., Al-Hinai H.A.F., Al-Bimani H.S.M. 2016. *An Improved Design of Micro-Hydro Electric Power Plant*. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 03(12): 467-471
- [13] Nasir A.B. 2014. *Suitable Selection of Components for the Micro Hydro-Electric Power Plant*. *Advance in Energy and Power*. 2(1): 7-12.
- [14] Sreenivasulu P., Prasanthi G. 2016. *A Micro Zero Head Turbine Power Generation For Building's Water Tank Over Flow & Roof Rain Water Flow System*. *Global Journal of Engineering Science and Research Management*. 3(8): 8-13.
- [15] Bhoi R. and Ali M.S. 2014. *Potential of Hydro Power Plant in India and its Impact on Environment*. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 10(3): 114 -119.