

# ANALISA POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DI AIR TERJUN KALIPANCUR KABUPATEN SEMARANG

**Ariesta Adhitama Satya Negara (mahasiswa)<sup>1</sup>, Dedi Nugroho S.T., M.T. (Pembimbing 1)<sup>2</sup>, Agus Suprajitno S.T., M.T. (Pembimbing 2)<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universitas Islam Sultan Agung, Fakultas Teknologi Industri

<sup>1</sup>ariestaadhitama@std.unissula.ac.id

**Abstrak** – Energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan kebutuhan setiap tahun, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik maka diperlukan upaya nyata dalam menjamin kelancaran kehidupan masyarakat. Salah satu usaha yang dilakukan dengan pemanfaatan energi baru dan terbarukan dalam hal ini potensi energi air, dalam pemanfaatannya adalah dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Potensi energi air yang terkandung pada air terjun kalipancur memiliki debit air yang cukup besar walaupun memasuki musim kemarau karena memiliki sumber dari Gunung Telomoyo. Oleh karena itu dalam penelitian ini menganalisa potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di daerah tersebut. Hasil penelitian yang didasarkan perhitungan debit air bulanan metode FJ MOCK dengan nilai probabilitas 80% didapatkan  $Q_{80\%} = 0,6987 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan memiliki tinggi jatuh efektif 92,8 meter. Berdasar tinggi jatuh efektif maka digunakan turbin crossflow dalam penelitian ini. Dari hasil perhitungan, energi potensial air pada Air Terjun Kalipancur sebesar 635,425 kW. Dengan efisiensi sistem 0,613 maka didapatkan rencana daya listrik yang dibangkitkan sebesar 390 kW. Dengan kecepatan turbin 1256,381 rpm maka dalam penelitian ini digunakan generator sinkron 3 fasa AC dengan kecepatan 1500 rpm, frekuensi 50 Hz dengan tegangan 380 volt.

**Kata kunci:** PLTMH, Kalipancur, Telomoyo, Crossflow.

**Abstract** – Electrical energy in Indonesia has increased needs every year, to meet the needs of electrical energy, real efforts are needed in ensuring the smooth life of the people. One of the efforts carried out by the utilization of new and renewable energy in this case the potential of water energy, in its utilization is the Micro Hydro Power Plant (PLTMH). The potential of water energy contained in the Kalipancur waterfall has a fairly large water discharge despite entering the dry season because it has a source from Mount Telomoyo. Therefore, in this study analyzing the potential of Micro Hydro Power Plants (PLTMH) in the area. The results of the study are based on the calculation of the monthly water flow FJ MOCK method with a probability value of 80% obtained  $Q_{80\%} = 0.6987 \text{ m}^3 / \text{sec}$  and has an effective fall height of 92.8 meters. Based on the effective fall height, the crossflow turbine is used in this study. From the calculation results, the potential energy of water in the Kalipancur Waterfall is 635,425 kW. With a system efficiency of 0.613, a planned electrical power generated of 390 kW is obtained. With a turbine speed of 1256,381 rpm, this research used a 3 phase AC synchronous generator with a speed of 1500 rpm, a frequency of 50 Hz with a voltage of 380 volts.

**Key words:** PLTMH, Kalipancur, Telomoyo, Crossflow.

## I. PENDAHULUAN

Dalam usaha untuk kecukupan listrik pada daerah tertentu, khusus pasokan listrik di desa sangat butuh untuk kelancaran dalam kegiatan masyarakat. Penyediaan listrik sebuah desa dapat memacu tingkat strata hidup dan mendorong adanya peningkatan ekonomi masyarakat. Adapun cara pemenuhan energi listrik dilakukan secara berjenjang, dari awal rencana, bangunan, pemasangan, hingga pengoptimalan dari listrik yang dibangkitkan tersebut sehingga dapat menghasilkan daya listrik yang maksimal dan efisien.

Berdasarkan UU nomor 22 tahun 2002 tentang ketenagalistrikan, ditambah peraturan menteri ESDM republik Indonesia tahun 2017 nomor 39 mengenai manfaat energi terbarukan disertai amanat UUD 1945. Bahwa tenaga listrik sangat bermanfaat dan dibutuhkan untuk ikut bagian memajukan kesejahteraan, mencerdaskan kehidupan, dan dalam upaya meningkatkan perekonomian seluruh lapisan masyarakat.

Dalam mencari potensi energi listrik terbarukan dengan bentuk pemanfaatannya tersebut dengan kandungan energi air. Dalam proses pemanfaatan energi pada air yaitu dengan melakukan perencanaan PLTMH ini.

Dari hasil survei awal yang dilakukan, kandungan air pada air terjun Kalipancur memiliki sumber dari Gunung Telomoyo, sehingga mempunyai aliran air dan debit yang besar sekalipun pada musim bulan – bulan kering. Tempat ini berada di Kabupaten Semarang, Kecamatan Nogosaren, Desa Nogosaren. Dibutuhkan penelitian berbagai aspek yang berkaitan dengan analisa pembangkit energi air ini, oleh itu tugas akhir ini mempunyai maksud untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai potensi energi air yang berada di Air Terjun Kalipancur ini.

## II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

### A. PUSTAKA

Kajian mengenai studi rencana PLTMH sudah dilakukan beberapa kali orang. Seperti penelitian dilakukan Sukanto dan Kusmanto [1] mengenai PLTMH Tabalas Timur Kalimantan menekankan elektrikal serta hidrologi. Dari kesimpulan dapat dilihat pembangkit listrik mampu menghasilkan 39.9 kilo watt. Panjang PLTMH ke titik distribusi sejauh 819 meter, perlu adanya transformator penaik tegangan dan penurun tegangan kapasitas 49 Kilo volt ampere untuk distribusi listrik supaya dalam proses pengiriman apabila terjadi *losses* dapat diminimalkan. Pada hasil ukur beban memiliki 12.1 kilo watt dan mencapai puncak 37.0 kilo watt dengan tegangan 380 AC volt.

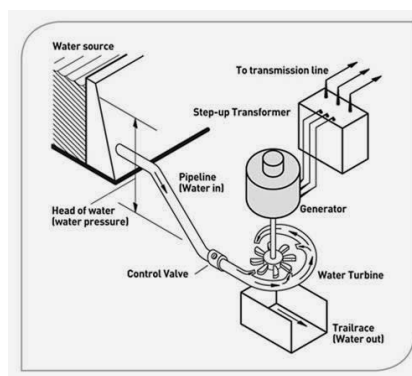
Peneliti berikutnya mengenai PLTMH dilakukan Dwiyanto [2] dengan tempat penelitian di sungai air anak Way Besai, peneliti ini melakukan analisa dengan aliran air di catat pada bendungan PLTA hulu sungan Way Besai yang tercatat 132 bulan. Penelitian ini menghasilkan daya terhitung listrik pada PLTMH mengalami grafik cenderung turun. Aliran air sungai air hulu anak sebesar  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$  dimana listrik pembangkitan maksimal sebesar 3.0 kilo watt, dan aliran diukur  $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$  dan listrik pembangkit 1.3 kilo watt atau 57% rencana awal daya pembangkitan.

Berikutnya peneliti oleh Setyawan [3], melakukan penelitian mengenai kandungan air sungai Padukuhan Jogjakarta. Peneliti membatasi potensi hidrologi, menggunakan model 3D dimana hitungan aliran air metode *FJ Mock*. Kesimpulan peneliti diperoleh perhitungan daya pembangkitan sebesar 11 kilo watt.

### B. LANDASAN TEORI

PLTMH merupakan jenis pembangkitan listrik tenaga air dengan rentan mikro, yaitu memanfaatkan tinggi (head) - jatuh air dengan maksimal debit air. Debit air yang cukup nilai besar berakibat cakupan besar energi yang dapat dibangkitkan hingga dirubah menjadi daya listrik.

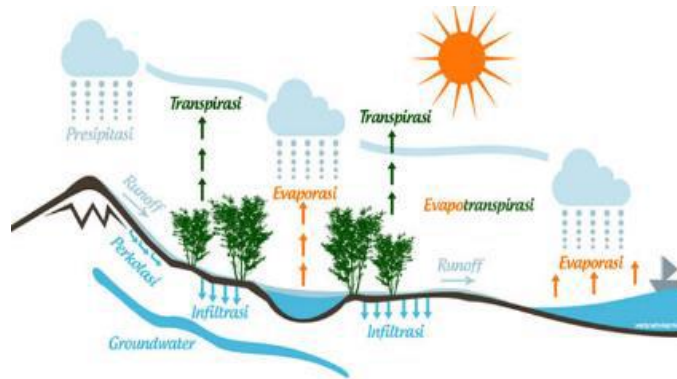
Rentan besaran nilai PLTMH mencapai 1.0 kilo watt – 200.0 kilo watt, PLTMH juga masuk golongan *environmentally* karena menggunakan teknologi yang begitu ringkas sehingga dapat diaplikasikan pada wilayah kecil dan pedesaan. Masa kerja PLTMH dapat mencapai 180 bulan. Tetapi PLTMH juga memiliki bagian kurang apabila memasuki musim kemarau produksi energi listrik mengalami penurunan karena jumlah debit air yang ikut menurun. Penggunaan beban yang berlebih dapat juga membuat kualitas hasil daya listrik menurun, ditambah panjang beban atau titik pengguna dengan lokasi PLTMH sehingga *losses* terjadi.



Gambar 2.1 Proses konversi energi

PLTMH memiliki cara kerja mirip PLTA umum, dimana dengan memanfaatkan tinggi (head) - jatuh dan aliran air sungai. Dari debit yang mengalir inilah mengalir pada pipa masuk dan berlanjut melalui aliran penampungan sementara bak endapan (*settling basin*), berikutnya mengalir melalui alur atau jalur (*channel*) menuju bak tenang (*forebay*) dimana ada proses sebelumnya penyaringan (*filter*) untuk memisahkan sampah, kotoran, dan ranting kayu. Berikutnya air yang sudah melalui proses penyaringan akan mengalir menuju turbin melewati pipa pesat (*penstock*) dan merubah energi kandungan potensial menjadi energi mekanik. Selanjutnya dari turbin ini akan menggerakkan generator listrik.

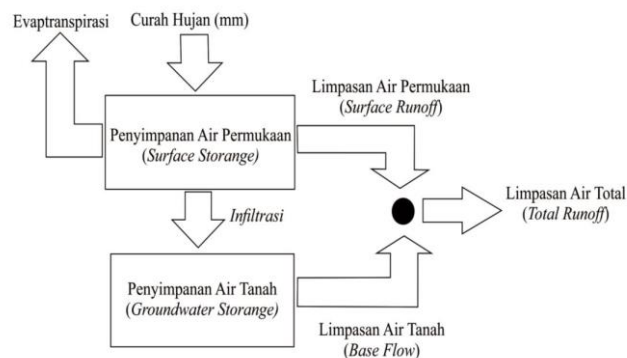
Evaporasi merupakan kejadian penguapan beberapa kandungan embun air pada lautan, bendungan, sungai, limpasan perairan pada atas tanah yang dilepas menuju lapisan bumi terluar. Adapun proses transpirasi adalah sebuah proses terjadinya uap air yang memiliki asal dari tetumbuhan yang proses menguap menuju lapisan luar bumi [5].



Gambar 2.3 Siklus evaporasi dan transpirasi

Dalam menghitung evaporasi dan transpirasi metode yang digunakan, antara lain yaitu metode *penman* yang dilakukan modifikasi dimana mempertimbangkan nilai parameter dalam menghitungnya, adapun parameter yang dipergunakan seperti penyinaran matahari, kecepatan angin, dan temperatur udara.

Model *FJ Mock* sering untuk menentukan probabilitas jumlah nilai atau besar nilai debit air andalan, dalam model ini digunakan prinsip seimbang nilai air dengan menganalisa untuk hitung besar nilai debit air bulan berdasar perubahan evaporasi dan transpirasi, tampungan air tanah, data intensitas hujan bulan-an dan kelembaban nilai tanah. Dalam model *FJ Mock* ini memiliki prinsip dimana dinyatakan jatuhnya air hujan disekitar wilayah tangkapan (sebaran) air, beberapa air akan hilang karena evaporasi dan transpirasi, beberapa lain sebagian jadi aliran (limpasan) langsung air yang ada di permukaan (*direct runoff*). Sebagian lain mengalami proses penyaringan teresap didalam tanah. Penyaringan tersebut akan membuat permukaan tanah menjadi jenuh, berikutnya proses kelembaban yang ada di tanah akan menjadi sebab limpasan air tanah (*base flow*). Proses demikian adalah seimbangny air hujan dengan evaporasi dan transpirasi, penyaringan dan aliran air permukaan. Pada hasil dari penyaringan ini didapatkan hasil nilai kelembaban pada tanah. Dalam seimbangny air, mempunyai alur evaporasi dan transpirasi = intensitas hujan yang ada (turun) di muka bumi, langsung penjumlahan simpanan air dalam tanah dan seluruh aliran air total yang ada dibumi [5].



Gambar 2.4 Konsep seimbang aliran air model *FJ Mock*

### III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

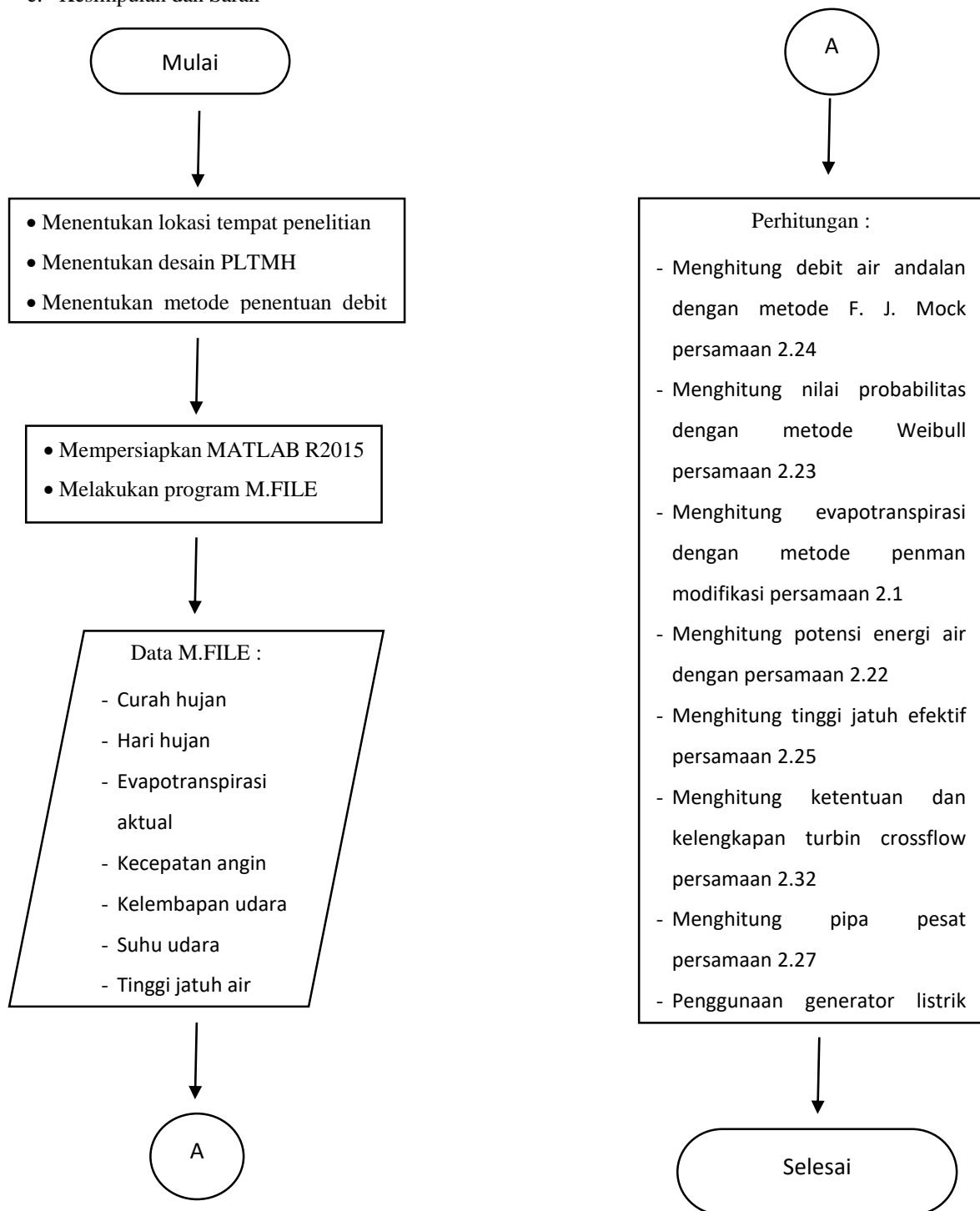
- a. Identifikasi Masalah  
 Identifikasi masalah dilakukan dengan menentukan topik penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan membuat langkah – langkah penelitian.
- b. Landasan Teori  
 Melakukan studi literature dengan mempelajari teori yang berkaitan dengan penelitian ini. Tahapan yang dilakukan yaitu materi penelitian melalui jurnal ilmiah atau pustaka.
- c. Pengumpulan Data

Proses dalam pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan informasi terhadap segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian. Pada pengumpulan data penelitian pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini dibutuhkan beberapa data yang meliputi tentang curah hujan, jumlah hari hujan, suhu, kelembaban udara, dan data lain yang berkaitan elektrikal PLTMH.

d. Pengolahan Data, Analisa, dan Pembahasan

Data yang terkumpul, hal kemudian yang dilakukan adalah mengolah untuk mencari dan mengetahui seberapa besar potensi dari aliran sungai untuk membangkitkan PLTMH ini. Dari data yang diolah akan menghasilkan debit andalan untuk menentukan kriteria jenis turbin dan generator yang akan digunakan. Berikutnya data yang diperoleh dari perhitungan debit andalan dan penentuan jenis turbin dan generator akan menghasilkan energi listrik yang dibangkitkan PLTMH tersebut.

e. Kesimpulan dan Saran



Gambar 3.3 Diagram alur penelitian

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

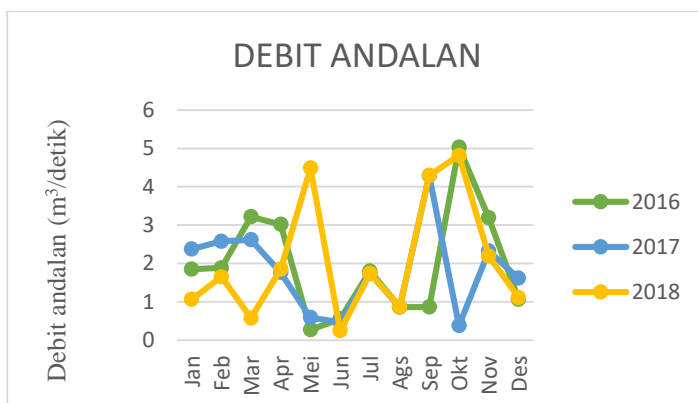
Debit air andalan adalah debit air minimal yang memungkinkan turbin dapat bekerja agar terhindar kerusakan pelengkapan PLTMH. Dari hitungan yang sudah dilakukan masing – masing tahun 2016, 2017 dan 2018. Maka diperoleh hasil seberapa besar intensitas hujan, evaporasi dan transpirasi, serta aliran (limpasan) air yang terjadi di sungai, maka sampailah di perhitungan debit air andalan untuk masing – masing tahunnya dengan persamaan 2.24 menggunakan MATLAB R2015.

Tabel 4.9 Perhitungan Hasil Debit Air Andalan

Bulan	2016	2017	2018
Jan	1.85	2.3757	1.0631
Feb	1.8865	2.5792	1.6535
Mar	3.2186	2.6159	0.578
Apr	3.0176	1.7654	1.8474
Mei	0.2735	0.5894	4.4845
Jun	0.5569	0.4711	0.2447
Jul	1.8027	1.7342	1.7413
Ags	0.8656	0.8628	0.8685
Bulan	2016	2017	2018
Sep	0.8642	4.2875	4.2922
Okt	5.0274	0.3794	4.8139
Nov	3.1908	2.3231	2.1951
Des	1.0706	1.6161	1.1119

Sumber : Perhitungan hasil *software* MATLAB R2015

Dari tabel 4.9 dapat dilihat dengan seksama bahwa hasil debit air andalan tertinggi ada pada bulan Oktober tahun 2016, yang sebesar 5.0274 m<sup>3</sup>/detik. Sebaliknya nilai debit air andalan terendah bulan Juni tahun 2018 sebesar 0.2447 m<sup>3</sup>/detik. Adapun probabilitas yang digunakan pada rencan PLTMH ini sebesar 80.0% Dibawah ini gambar grafik 4.11 untuk pada masing – masing bulan setiap tahunnya.



Gambar 4.11 Grafik tahunan debit andalan

## Probabilitas Nilai Durasi Aliran Debit Air

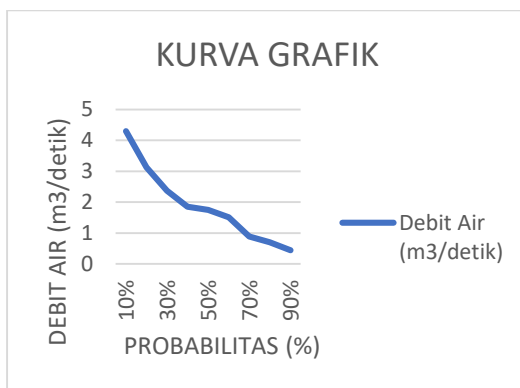
Untuk menentukan probabilitas dengan urutan paling besar menuju paling rendah, atau biasa disebut dengan kurva durasi aliran. Ketetapan pada penelitian ini digunakan nilai sebesar 80.0%, dengan kemungkinan terjadi debit paling rendah sebesar 20.0%. Probabilitas yang terjadi debit air andalan dilihat tabel 4.7 :

Tabel 4.10 Probabilitas (kemungkinan) Debit Air Andalan

Probabilitas (kemungkinan)	Debit Air (m <sup>3</sup> /detik)
10.0%	4.293609983
20.0%	3.121518718
30.0%	2.370439416
40.0%	1.85729946
50.0%	1.75335
60.0%	1.515267462
70.0%	0.88796216
80.0%	0.698762023
90.0%	0.443590339

Sumber : Hasil Perhitungan MATLAB R2015

Pada hitungan kemungkinan debit air andalan tabel 4.7 diatas yang dipergunakan adalah sebesar  $Q_{80\%} = 0.6987 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Adapun  $Q_{80\%}$  merupakan aliran air yang akan digunakan untuk penelitian PLTMH di Air Terjun Kalipancur ini.



Gambar 4.12 Kurva grafik probabilitas aliran sungai

Hitungan daya pembangkitan oleh PLTMH air terjun kalipancur dilakukan dengan cara melakukan perhitungan turbin yang digunakan, transmisi hingga pemilihan generator.

- Menghitung daya potensi air terjun kalipancur :
  - Phidro =  $g \cdot H \cdot Q$
  - Phidro =  $(9.80) \cdot (92.8) \cdot (0.6987)$
  - Phidro = 635.425 Kilo Watt
- Dari hasil potensi daya air sebesar 635.425 kilo watt, hitungan daya *output* pada turbin dengan melalui persamaan 2.23 dimana efisiensi turbin aliran silang sebesar 0.760.
  - Pt =  $\eta_t \cdot g \cdot H \cdot Q$
  - Pt =  $(0.76) \cdot (635.425)$
  - Pt = 482.923 Kilo Watt

- Hitungan daya transmisi melalui persamaan (2.49)  
Dimana,  $\eta_{tr} = 0.950$  jenis (*V - belt*)  
 $P_{tr} = \eta_{tr} P_t$   
 $P_{tr} = (0.950) \cdot (482.923)$   
 $P_{tr} = 458.776$  Kilo Watt
- Hitungan daya generator melalui persamaan (2.50)  
Dimana,  $\eta_g = 0.850$   
 $P_g = \eta_g P_{tr}$   
 $P_g = (0.850) \cdot (458.776)$   
 $P_g = 389.959$  Kilo Watt ~ 390 Kilo Watt
- Menghitung efisiensi sistem melalui persamaan (2.53)  
 $\eta = \eta_t \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g$   
 $= (0.76) \cdot (0.95) \cdot (0.85)$   
 $= 0.613$

Dengan efisiensi total pada sistem sebesar  $\eta = 0.613$ , maka daya pembangkitan PLTMH air terjun kalipancur bernilai 389.959 kilo watt ~ 390 kilo watt.

## V. SIMPULAN

1. Hitungan yang dilakukan melalui debit andalan bulanan, didapatkan debit air minimum untuk PLTMH ini digunakan dimana probabilitas 80.0%, dengan nilai  $Q_{80.0\%} = 0.6987 \text{ m}^3/\text{s}$  dan efektif tinggi jatuh sebesar 92.8 meter. Didapatkan daya potensi air di air terjun kalipancur sebesar 635.425 kilo watt.
2. Dari hitungan efektif tinggi air jatuh dan besaran debit air, digunakan turbin aliran silang, dimana memiliki kecepatan  $N = 1256.381$  RPM. Dengan ukuran diameter luar *runner* = 0.300 m, lebar *runner* 0.7585 m dan jumlah sudu – sudu turbin sebanyak 21 buah.
3. Dari penelitian yang dilakukan, maka diperoleh daya PLTMH di air terjun kalipancur sebesar 389.959 kilo watt ~ 390 kilo watt. Adapun generator serempak 3 ~ Alternating Current (AC) dengan kecepatan 1.500 RPM, dengan frekuensi 50 Hertz dengan output 380 VAC.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memeberikan Nikmat Iman dan Islam sehingga masih diberikan kesempatan untuk menunutut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat. Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Terima teruntuk Bapak Dedi Nugroho S.T., M.T. dan Bapak Agus Suprajitno S.T., M.T. yang telah membimbing hingga penelitian ini hinggantuntas dan berhasil. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, baik dari segi materi maupun penyajiannya. sehingga kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan. Akhirnya penulis sangat berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis juga.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sukamta dan A. Kusmantoro, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ( PLTMH ) Jantur Tabalas Kalimantan Timur," *ATEM Semarang*, vol. 5, no. 2, hal. 58–63, 2013.
- [2] V. Dwiyanto, "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak ( Hulu Sungai Way Besai )," *Tek. Sipil Univ. Lampung*, vol. 4, no. 3, hal. 407–422, 2016.
- [3] D. A. Setyawan, "Kajian Potensi Sungai Curuk Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Padukuhan Gorolangu, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta," *Univ. ATMA Jaya Yogyakarta*, 2014.
- [4] IMIDAP, "Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal," *DIREKTORAT JENDERAL List. DAN Pemanfaat. ENERGI Dep. ENERGI DAN SUMBER DAYA Miner.*, vol. 2 C, hal. 60, 2009.
- [5] IMIDAP, "Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi," *DIREKTORAT JENDERAL List. DAN Pemanfaat. ENERGI Dep. ENERGI DAN SUMBER DAYA Miner.*, vol. 2 A, hal. 84, 2010.
- [6] Y. S. S. Putro, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah," *Univ. Brawijaya Malang*, 2015.

- [7] Z. Indra, "Analisis Debit Sungai Munte Dengan Metode Mock," *J. Sipil Statik Univ. Sam Ratulangi*, vol. 1, no. 1, hal. 34–38, 2012.
- [8] I. Firmansyah, "Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Dompok 50 kW di Desa Dompok, Bendungan, Trenggalek Untuk Mewujudkan Desa Mandiri Energi (DME)," *ITS Surabaya*, hal. 7, 2008.
- [9] ESHA, "Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant," *Eur. Small Hydropower Assoc.*, 2004.
- [10] Yanziwar, "Perencanaan Turbin Cross Flow," *Tek. Mesin Politek. Negeri Padang*, vol. 4, no. 1, 2007.
- [11] B. A. Nasir, "Suitable Selection of Components for the," *Adv. Energy Power Hawijah Tech. Institute, Kirkuk, Iraq*, vol. 2, no. 1, hal. 7–12, 2014.
- [12] P. T. D. Rompas, "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow Di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow," *J. Penelit. saintek*, vol. 16, 2011.