

FEASIBILITY STUDY DAN POTENSI SUMBER ENERGI LISTRIK BERBASIS MICROHYDRO POWER PLANT DENGAN SIMULASI PROGRAM HYDROGRAPH

Yoga Febianto¹, Amma Muliya²

Fakultas Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Email: febianto71@gmail.com

Abstract

This study aims to evaluate the potential and performance of micro hydro power plants in the Ciasihan River, Bogor, with a measured water discharge of 0.95 m³/s, a net fall height (H_n) of 6.47 m and an average water velocity in the turbine of 0.76 m/s. This study involves the design of a turbine with dimensions of the outer diameter of the runner (D_o) of 301 mm, a specific turbine speed (N_s) of 338 rpm, a radial rim width of 52.374 mm, and a total of 18 blades. The analysis shows that the potential for hydraulic electric power reaches 64.052 kW, providing an initial picture of the efficiency of converting water kinetic energy into electrical energy in a local context. To understand the performance of the power plant more comprehensively, a simulation was conducted using the Annual Energy Production Hydrograph Programming method. The simulation results show that this power plant can produce annual energy of 400.32 MWh. These findings indicate that the micro hydro power plant in the Ciasihan River has significant potential in meeting the electricity needs of isolated rural areas. This research makes a substantial contribution to the development of renewable energy in Indonesia, with a focus on the optimal utilization of locally available water resources and the application of micro hydro technology for energy sustainability.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi dan kinerja pembangkit listrik tenaga micro hydro di Sungai Ciasihan, Bogor, dengan debit air yang terukur sebesar 0,95 m³/s, tinggi jatuh bersih (H_n) sebesar 6,47 m dan kecepatan rata-rata air pada turbin sebesar 0,76 m/s. Studi ini melibatkan perancangan turbin dengan dimensi diameter luar runner (D_o) sebesar 301 mm, kecepatan spesifik turbin (N_s) sebesar 338 rpm, lebar radial rim sebesar 52,374 mm, dan jumlah blade sebanyak 18 buah. Analisis menunjukkan bahwa potensi tenaga listrik hidrolik mencapai 64,052 kW, memberikan gambaran awal mengenai efisiensi konversi energi kinetik air menjadi energi listrik dalam konteks lokal. Untuk memahami kinerja pembangkit secara lebih komprehensif, dilakukan simulasi menggunakan metode Annual Energy Production Hydrograph Programming. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pembangkit ini dapat menghasilkan energi tahunan sebesar 400,32 MWh. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembangkit listrik tenaga micro hydro di Sungai Ciasihan memiliki potensi signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di wilayah pedesaan yang terisolasi. Penelitian ini memberikan kontribusi substansial terhadap pengembangan energi terbarukan di Indonesia, dengan fokus pada pemanfaatan optimal sumber daya air yang tersedia secara lokal serta penerapan teknologi micro hydro untuk keberlanjutan energi.

Article History

Submitted: 24 Agustus 2024

Accepted: 27 Agustus 2024

Published: 3 September 2024

Key Words

water discharge, cross flow turbine, hydrograph programming

Sejarah Artikel

Submitted: 24 Agustus 2024

Accepted: 27 Agustus 2024

Published: 3 September 2024

Kata Kunci

debit air, turbin aliran silang, hydrograph programming

1. Introduction

Seiring dengan perkembangan teknologi diikuti dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan akan energi juga akan meningkat. Potensi dan prospek energi di Indonesia sangat besar yang namun belum dimaksimalkan secara optimal diantaranya energi alternatif pemanfaatan energi yang alternatif yang dimaksud adalah berupa potensi energi air. Mikrohidro dapat menjadi salah satu bentuk energi terbarukan yang paling sederhana dan konsisten. Jika air mengalir melalui Sungai maka ini dapat mempertimbangkan untuk membangun sistem tenaga air kecil untuk menghasilkan listrik. Sistem tenaga mikrohidro biasanya menghasilkan hingga 100 [kW] listrik. Sebagian besar sistem tenaga air

yang digunakan oleh pemilik rumah dan pemilik usaha kecil, termasuk petani dan peternak, akan memenuhi syarat sebagai sistem tenaga mikrohidro. Namun, sistem tenaga mikrohidro 10 kilowatt umumnya dapat menyediakan daya yang cukup untuk rumah besar, resor kecil. Sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro memerlukan turbin, pompa, atau kincir air untuk mengubah energi air yang mengalir menjadi energi rotasi, yang diubah menjadi listrik. Komsumsi akan tenaga listrik dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 7% per tahun. Sementara itu pengembangan sarana dan prasarana ketenagalistrikan khususnya penambahan kapasitas pembangkit listrik dalam kurun waktu hanya tumbuh rata-rata sebesar 4,4% per tahun. Ketidakseimbangan antara permintaan dengan penyediaan tenaga listrik tersebut, mengakibatkan kekurangan pasokan tenaga listrik di beberapa wilayah di Indonesia. [1].

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia rata-rata masih berasal dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Minyak bumi masih menduduki peringkat tertinggi, yaitu 51,66%. Gas alam menduduki tingkat kedua, yakni 28,57%. Sisanya dipasok dari energi minyak sebesar 15,34% dan energi terbarukan 4,43%. Bukan hanya energi saja yang dihasilkan dari bahan bakar fosil tetapi juga unsur gas yang mengandung karbon (C) yang menjadi salah satu penyebab meningkatnya suhu permukaan bumi [2]. Untuk meningkatkan mutu kehidupan dan pertumbuhan ekonomi Ketersediaan energi listrik di pedesaan sebagai salah satu bentuk energi yang siap pakai, selain untuk penerangan tentu saja akan mendorong peningkatan sarana pendidikan, kesehatan dan keamanan lingkungan serta dapat meningkatkan penyediaan lapangan kerja baru.

Kurangnya sarana pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan, serta pembangkit listrik yang masih menggunakan energi fosil membuat para peneliti mencari sumber energi listrik baru yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan ramah lingkungan. Tabel 1.1 memberikan data actual kondisi konsumsi energi tidak terbarukan di Indonesia.

Tabel 1.1 Potensi energi tidak terbarukan nasional

No	Jenis Energi	Sumber Daya	Cadangan Potensial	Cadangan Terbukti
1	Minyak Bumi (miliar barel)	149	7.4	3.8
2	Gas Bumi (TSCF)	489	152	101
3	Batubara (miliar ton)	122	-	34

Sumber : Dirjen Energi Baru dan Terbarukan, 2023

Total potensi sumber daya batu bara 122 miliar ton dimana yang baru diexplorasi tidak lebih 50%. Selain menggunakan bahan bakar fosil berbagai pembangkit listrik di Indonesia juga sudah mulai menggunakan energi terbarukan namun masih dalam jumlah terbatas, rasio pembangkit berbahan bakar fosil mencapai sekitar 79%.

Proses pengembangan energi baru terbarukan di Indonesia masih berjalan lambat hal ini karena masih tingginya ketergantungan pada sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas dan batu bara. Disamping itu pemerintah terus memberikan subsidi terhadap energi fosil yang

cenderung terus naik setiap tahunnya. Berdasarkan banyak penelitian ditunjukkan bahwa sebagian besar manfaat subsidi justru dinikmati oleh golongan berpendapatan tinggi atau mampu. Karena subsidi bahan bakar dijalankan berdasarkan hitungan liter, dan tidak didasarkan pada perbedaan penghasilan, maka kalangan yang paling banyak menggunakan bahan bakarlah yang paling mendapatkan manfaat paling banyak dari subsidi.

Agar penyediaan listrik di daerah terpencil dapat tetap dilakukan, energi terbarukan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik. Pemanfaatan energi terbarukan untuk pembangkit listrik di Indonesia meliputi energi hidro, energi panas bumi, energi biomassa, energi surya, energi angin dan hybrid, energi samudera, dan energi uranium.

Data biaya besar subsidi yang diberikan pemerintah untuk berbagai jenis subsidi energi tercantum dalam data tabel 1.2.

Tabel 1.2 Biaya biaya subsidi energi (triliun)

Jenis Subsidi	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021	Tahun 2022	Tahun 2023
Subsidi Listrik	58.11	93.18	103.33	101.21	85.75
Subsidi Bahan Bakar Minyak	82.35	165.16	210.00	210.00	229.00
Bakar LPG					
Bahan Bakar Nabati					
Total	140.46	258.34	315.21	311.21	314.75

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2015 mencapai 254 juta jiwa atau meningkat rata-rata sebesar 1,51% per tahun sejak tahun 2013. Pada saat ini sekitar 56% penduduk tinggal di wilayah perkotaan. Sedangkan produk domestik bruto (PDB) pada tahun 2012 mencapai 2.619 triliun Rupiah (harga konstan tahun 2000) dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata selama 12 tahun terakhir mencapai 5.04%.

Pada tahun 2015, pertumbuhan ekonomi nasional mencapai sebesar 4.79% per tahun yang lebih rendah dari pertumbuhan pada tahun 2014 yakni sebesar 5.01%. Berdasarkan asumsi diatas dibutuhkan pengembangan energi alternatif untuk mengurangi penggunaan BBM (bahan bakar minyak) baik di sektor transportasi maupun sektor industri.

Dalam tabel diatas terlihat prospek berbagai jenis energi terbarukan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil seperti solar untuk pengembangan perkebunan energi berbasis kelapa sawit, prospek CNG sebagai bahan bakar pengganti bensin dan prospek pengembangan bioetanol misalnya. Hal ini menimbulkan ketidakseimbangan permintaan dan penawaran, akibatnya harga minyak dunia berfluktuasi. Dunia pun mencari alternatif baru untuk mengatasi ketergantungan pada BBM fosil tersebut.

Pada saat ini Indonesia juga mengalami keadaan tersebut. Dalam skala besar Indonesia masih mengandalkan BBM untuk memasok kebutuhan dalam negeri sayangnya sebagian BBM masih harus diimpor. Padahal Indonesia mempunyai potensi yang besar dengan energi yang terbarukan seperti panas bumi, tenaga air, tenaga surya, tenaga angin dan hybrid, dan biomassa.

Penggunaan dan eksploitasi energi terbarukan tersebut yang berasal dari tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin masih terbatas. Seperti tenaga air yang bisa kita ketahui

Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar dan masih dimanfaatkan hanya 10,81% dari potensi sebesar 75,000 MW [4].

Penggunaan energi yang terbarukan lainnya belum besar kecuali tenaga air, karena biaya produksinya masih belum berkompetitif dibandingkan dengan energi konvensional lainnya. Pada umumnya harga listrik yang dihasilkan atau dibangkitkan oleh PLTS, PLTB, dan Geothermal, energi terbarukan lainnya masih mempunyai harga yang lebih tinggi daripada listrik yang dibangkitkan dengan BBM (bersubsidi) kecuali pembangkit listrik tipe PLTA. Pada table 1.3 dibawah ini diberikan data potensi energi terbarukan yang masih dapat dikembangkan di Indonesia.

Tabel 1.3 Potensi energi terbarukan di Indonesia

Jenis Energi Terbarukan	Total Potensi (GW)	Pemanfaatan (GW)	% Pemanfaatan
Laut	63	-	-
Panas Bumi	23	2,4	10,30%
Bioenergi	57	3,1	5,40%
Bayu	155	0,2	0,10%
Hidro	95	6,7	7,00%
Surya	3.294	0,3	0,01%
Total	3.687	12,6	0,30%

Energi terbarukan memainkan peran penting dalam pengembangan pembangunan, terutama untuk memperkuat ketahanan energi. Saat ini Indonesia baru mengeksplorasi sekitar 5% dari kapasitas energi terbarukan. Pemerintah berupaya keras untuk mempercepat eksploitasi energi terbarukan dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan sebagai energi primer hingga menjadi 23% pada tahun 2025.

Sampai pada akhir tahun 2015 Indonesia menghasilkan emisi CO2 435,5 Mt atau 4,5% dari seluruh emisi di dunia. Emisi dari sektor energi menyumbang 25% dari seluruh emisi CO2, di mana 42,1% berasal dari pembangkit listrik; 21,6% industri manufaktur dan konstruksi; 29,5% berasal dari transportasi dan 6,8% perumahan, komersial, layanan publik, pertanian dan kehutanan. Target pengurangan emisi CO2 secara sukarela 26% dan 41% dengan bantuan internasional tahun 2020.

Melihat dari perkembangan data ESDM, total konsumsi listrik domestik mencapai 188 TWh pada tahun 2013 atau meningkat sekitar 40% dari tahun 2009. Konsumsi listrik diperkirakan akan terus meningkat hingga 287 TWh pada tahun 2018 dan 386 TWh pada tahun 2022, dengan rata-rata pertumbuhan per tahun 8,3%. Sektor rumah tangga merupakan konsumen listrik terbesar dengan pembagian 41% dari total konsumsi, diikuti industri (34%), komersial (19%) dan pelayanan publik (6%). Jawa-Bali mengkonsumsi listrik 144 TWh (77% konsumsi) pada tahun 2013. Share penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik yaitu: batu bara (52%), gas bumi (24%), BBM (13%), hydro(8%) dan panas bumi (4%).

Berdasarkan pertimbangan diatas, pembangkit tenaga air sangat cocok dilakukan pengembangan, pembangunan ini memerlukan banyak pertimbangan sehingga perlu diselidiki kemungkinan lokasi yang paling layak secara teknis maupun ekonomi.

Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan energi air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (head) dan jumlah debit airnya. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya penghasil listrik memiliki kapasitas aliran maupun ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik (Penche & Minas, 1998).

PLTMH adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan air dengan kapasitas daya yang dihasilkan berkisar mulai beberapa ratus watt sampai 100 kW. Sedangkan bila daya yang dihasilkan berkisar antara 100 kW sampai 1 MW instalasi tersebut dapat digolongkan sebagai minihidro. Parameter penting dalam pengembangan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikro/Minihidro (PLTMH) adalah kapasitas aliran air (debit) dan tinggi jatuh (head) dari sungai.

Tahap awal pengembangan pembangkit listrik mikrol/minihidro tersebut dimulai dengan mengadakan survei lapangan untuk mengetahui potensi sungai. Desa Ciasihan merupakan bagian dari Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor,

Jawa Barat. Berdasarkan data BPS (2015), Desa Ciasihan berdirinya di atas lahan seluas 459.042 ha/m² terbagi atas 55 ha/m² luas permukiman, selanjutnya luas persawahan mencapai 342 ha/m², sisanya adalah perkebunan, pemukiman, dan sebagainya.

Kabupaten Bogor memiliki curah hujan yang besar dengan rata-rata curah hujan 2500-6000 mm/tahun dan sungai-sungai yang mengalir sepanjang tahun (4). Sebagian wilayah Kabupaten Bogor memiliki bentuk medan dan lereng yang cukup besar untuk menghasilkan energi yang aliran sungai yang akan diubah menjadi pasokan daya listrik pada prosesi PLTMH. Kondisi topografinya memiliki bentuk medan datar (lereng 0-2%) sekitar 12,4 %, berombak sampai bergelombang (lereng 2-15%) sekitar 54,5%, bergelombang sampai berbukit (lereng 15 - 40%) sekitar 29,9%, dan berbukit sampai bergunung (lereng > 40 %) sekitar 3,2 % dari luas wilayah Kabupaten Bogor. Untuk dapat melakukan survei tersebut perlu dilakukan persiapan yang matang sehingga survei dapat dilaksanakan dengan baik dengan hasil sesuai yang diharapkan.

2. METODOLOGI

Untuk model pada penelitian ini dilakukan studi literatur yang menjadi acuan dalam menjalankan penelitian mengenai pemanfaatan potensi aliran irigasi, PLTMH, turbin air dan klasifikasinya, debit air dan kecepatan air serta daya yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTMH. Pengukuran dilakukan disaat musim kemarau dan curah hujan minimal sekali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Debit Air Sungai

Pengukuran debit sungai menggunakan metode sederhana seperti stopwatch dan bola pingpong merupakan cara praktis yang sering digunakan untuk mendapatkan data aliran air secara cepat dan mudah. Metode ini melibatkan penentuan kecepatan aliran air dengan mengukur waktu yang diperlukan bola pingpong untuk menempuh jarak tertentu di permukaan sungai. Langkah pertama adalah menandai dua titik di tepi sungai dengan jarak yang diketahui, biasanya dalam rentang beberapa meter, tergantung pada lebar dan kecepatan aliran sungai. Setelah jarak diukur dan ditandai, bola pingpong ditempatkan di titik awal dan dilepaskan ke aliran air. Dengan menggunakan stopwatch, waktu yang diperlukan bola untuk bergerak dari titik awal ke titik akhir diukur dengan seksama. Proses ini biasanya diulang beberapa kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Dari hasil pengukuran waktu ini, kecepatan rata-rata aliran air dapat dihitung dengan membagi jarak yang ditempuh bola dengan waktu rata-rata yang diperlukan.

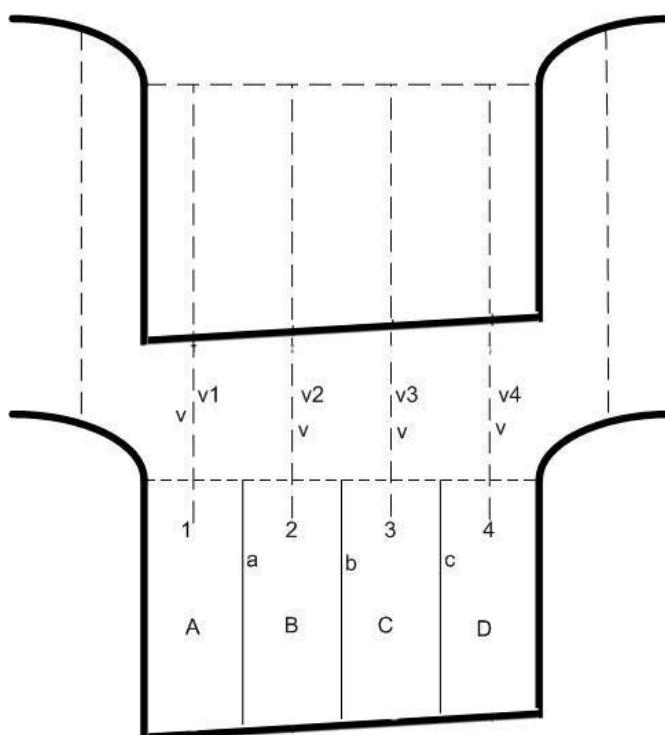
Setelah kecepatan aliran air diketahui, langkah berikutnya adalah menghitung debit sungai. Debit (Q) dihitung dengan mengalikan kecepatan rata-rata (v) dengan luas penampang melintang sungai (A) pada titik pengukuran. Luas penampang dapat diperoleh dengan mengukur lebar dan kedalaman sungai pada beberapa titik dan menghitung rata-ratanya. Rumus debit adalah $Q = v \times A$, di mana Q adalah debit sungai dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s), v adalah kecepatan rata-rata dalam meter per detik (m/s), dan A adalah

luas penampang dalam meter persegi (m^2). Dengan metode ini, meskipun sederhana, hasil yang diperoleh dapat memberikan estimasi yang cukup akurat untuk berbagai keperluan, seperti studi hidrologi dan perencanaan sumber daya air.

Pengukuran debit sungai Ciasihan dilakukan dengan metode pengukuran langsung (sesaat) secara langsung dimusim kemarau.



Gambar 3.1 Penampang melintang sungai Ciasihan



Gambar 3.2 Pengukuran kecepatan air

Adapun dari hasil pengukuran penampang melintang adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pengukuran luas Sungai per section

Titik	Kedalaman (m)	Lebar (m)	Luas Penampang (m ²)
1	0,41	0,75	0,31
2	0,42	0,75	0,32
3	0,39	0,75	0,29
4	0,40	0,82	0,33
Luas Penampang Total (m)			1,24

Untuk pengukuran kecepatan air sungai Ciasihan menggunakan metode di sub bab 2.91 dengan hasil pengukuran kecepatan air diberikan di tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 Pengukuran kecepatan air Sungai Ciasihan

Titik	Pengukuran ke -	Waktu tempuh [s]	Kecepatan [m/s]	Kecepatan rata-rata [m/s]
0	0	0	0	0
1	1	1,34	0,67	
	2	2,29	0,68	0,70
	3	2,08	0,75	
2	1	1,98	0,79	
	2	2,3	0,68	0,76
	3	1,95	0,8	
3	1	2,01	0,78	
	2	1,94	0,81	0,78
	3	2,09	0,75	
4	1	2,06	0,76	
	2	1,97	0,8	0,80
	3	1,9	0,83	

Tabel 3.3 Perhitungan debit air total

Titik	Luas Penampang [m ²]	Kecepatan rata-rata [m/s]	Debit Air Sungai [m ³ /s]
1	0,31	0,70	0,22
2	0,32	0,76	0,24
3	0,29	0,78	0,23
4	0,33	0,80	0,26
Debit Total			0,95

Dari tabel 3.3 diperoleh hasil pengukuran untuk debit air sungai Ciasihan sebesar yaitu $Q = 0,95 \text{ m}^3/\text{s}$

Perhitungan Potensi Daya Listrik

Parameter utama dalam menentukan potensi hidrolik (Ph) adalah besar debit sungai (Q) dan beda tinggi (h). maka besar potensi hidrolik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H \quad [6]$$

Dimana :

Ph = Potensi hidrolik, [KW]

Q = debit air Sungai [m³/s]

H = beda tinggi, [m]

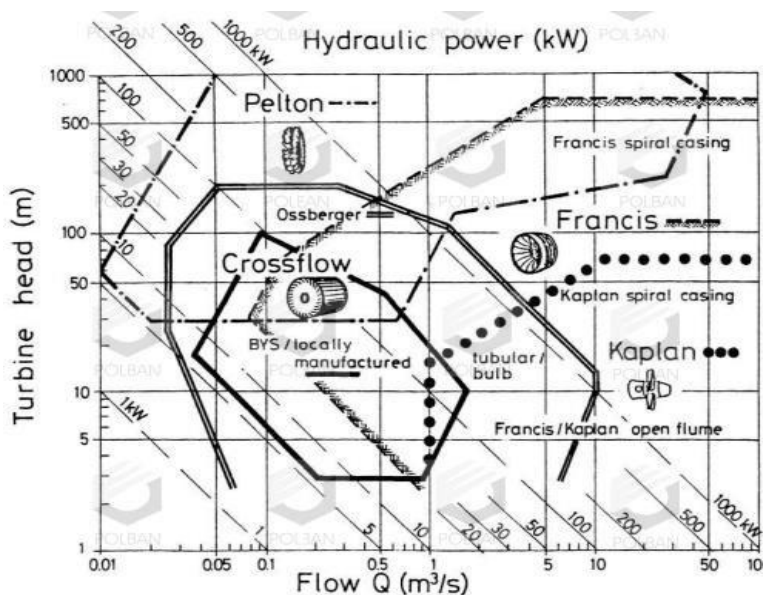
$$Ph = \rho \times g \times Q \times H_{\text{gross}}$$

$$Ph = 1000 \times 9,8 \times 0,95 \times 6,88$$

$$Ph = 64,052 \text{ [kW]}$$

Pemilihan Jenis Turbin

Berdasarkan table 2.2 terlihat untuk jenis turbin yang dipilih berdasarkan Net Head 6,88 dan debit $Q=0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu pada jenis Turbin Aliran Silang untuk net head pada range 3 s.d 250 meter.



Gambar 3.3 Pemilihan jenis turbin air aktual

Perhitungan Efisiensi Turbin (η_t)

$$\eta_t = \frac{2C^2 u_1 (1 + \Psi \cos \alpha_1 \cos \beta_1) (\cos \alpha_1 - u_1/V_1)}{V_1}$$

Pada persamaan diatas dianggap $\beta_1 = \beta_2$ dan $\tan \beta_1 = 2 \tan \alpha_1$ persamaan diatas menjadi:

$$\eta_t = \frac{2C^2 u_1 (1 + \Psi) (\cos \alpha_1 - u_1/V_1)}{V_1}$$

Nilai efisiensi maksimum diperoleh dengan melakukan pendekatan u_1/V_1 maka persamaan menjadi:

$$\eta_t = 0.5C^2(1 + \Psi) \cos^2 \alpha_1$$

Dimana menurut Mockmore, ketetapan nilai dibawah ini yaitu: [12]

$$C = 0.98$$

$$\Psi = 0.98$$

$$\eta = 68\%$$

Perhitungan Daya Turbin (P_t)

$$P_t = \rho * g * Q * H_n * \eta \quad [9]$$

Dimana :

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_n = 6,47 \text{ m}$$

$$\eta = 68\% \quad [9]$$

$$P_t = 1000 * 9,8 * 0,95 * 6,47 * 68\%$$

$$P_t = 40,960 \text{ [kW]}$$

Perhitungan Kecepatan Turbin (N)

$$N = 513.25 * (H_g^{0,745} / \sqrt{P}) \quad [13]$$

$$N = 513.25 * (6,88^{0,745} / \sqrt{40,960})$$

Perhitungan Diameter Luar Runner (D_0)

$$D_0 = 40 \sqrt{H/N}$$

$$D_0 = 40(6,47)^{0,5} / 338 \text{ [rpm]}$$

$$D_0 = 301 \text{ [mm]} = 30,1 \text{ [cm]}$$

Perhitungan Jarak Blade (t_b)

$$t_b = 0.174 D_0$$

$$t_b = 0.174 * 301 \text{ [mm]}$$

$$t_b = 52,374 \text{ [mm]} = 5,237 \text{ [cm]}$$

Perhitungan Lebar Radial Rim (w)

$$w = 0.174 * D_0$$

$$w = 0.174 * 301 \text{ [mm]}$$

$$w = 52,374 \text{ [mm]} = 5,237 \text{ [cm]}$$

Perhitungan Jumlah Blade (n)

$$n = \pi D_0 / t_b$$

$$n = 3.14 * 301 \text{ [mm]} / 52,374 \text{ [mm]}$$

$$n = 18$$

Perhitungan Panjang Runner (L)

$$L = (Q * N) / (50 * Hn) \\ m^3$$

$$L = (0,95 \frac{[m^3]}{s} * 338 [rpm]) / (50 * 6,48[m])$$

$$L = 826 [mm] = 82,6 [cm]$$

Perhitungan Diameter Dalam Runner (D_i)

Perhitungan untuk mencari diameter dalam runner dapat menggunakan persamaan (2.32) yaitu :

$$D_i = D_0 - 2w$$

$$D_i = 301 [mm] - 2(52,374)[mm]$$

$$D_i = 197 [mm] = 19,7[cm]$$

Perhitungan Diameter Poros (D_s)

Perhitungan untuk mencari diameter poros dapat menggunakan persamaan yaitu :

$$D_s = 0,22 * D_0$$

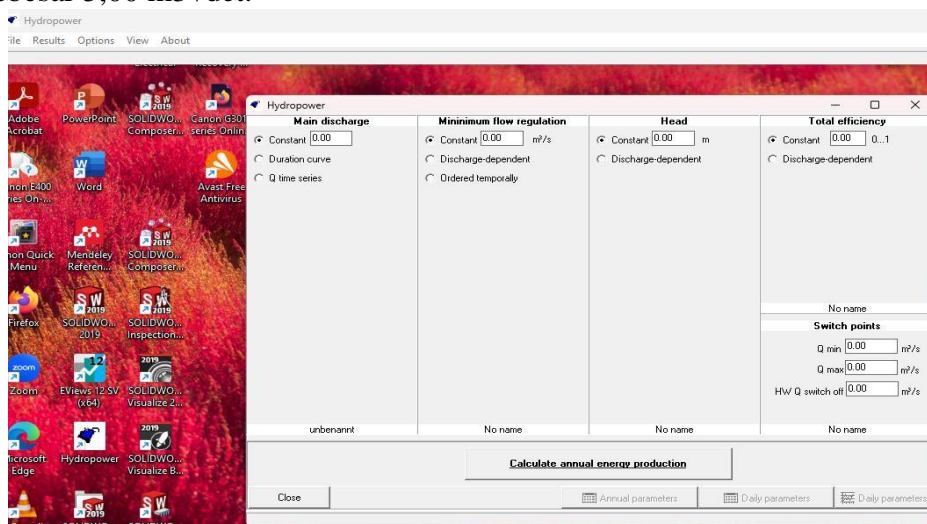
$$D_s = 0,22 * 301 [mm]$$

$$D_s = 66,2 [mm] = 6,62 [cm]$$

Simulasi Hydrograph Programming

Hydrograph programming adalah merupakan program untuk mengolah data secara teknis dan melakukan perhitungan seperti memperhitungkan produksi energi harian, sehingga menghasilkan daya keluarannya dan juga dapat mengetahui potensi energi listrik yang akan dibangkitkan. Casimir juga dapat digunakan untuk menentukan perkiraan produksi energi selama satu tahun.

Data masukan untuk simulasi program Casimir diambil dari data yang sudah dilakukan dengan pengukuran debit air sebesar $0,95 \text{ m}^3 / \text{det}$. Dari data di lapangan head efektifnya yaitu 6,47 meter, untuk efisiensi total di dapat dari efisiensi generator dan efisiensi turbin yaitu $0,85 \times 0,95 = 0,81$. Untuk debit minum turbin yaitu sebesar $0,05 \text{ m}^3 / \text{det}$, sedangkan untuk debit maksimum turbinnya yaitu sebesar $1,50 \text{ m}^3 / \text{det}$, untuk kecepatan maksimum dari turbin tersebut yaitu sebesar $5,00 \text{ m}^3 / \text{det}$.



Gambar 3.5 Tampilan awal Hydrograph

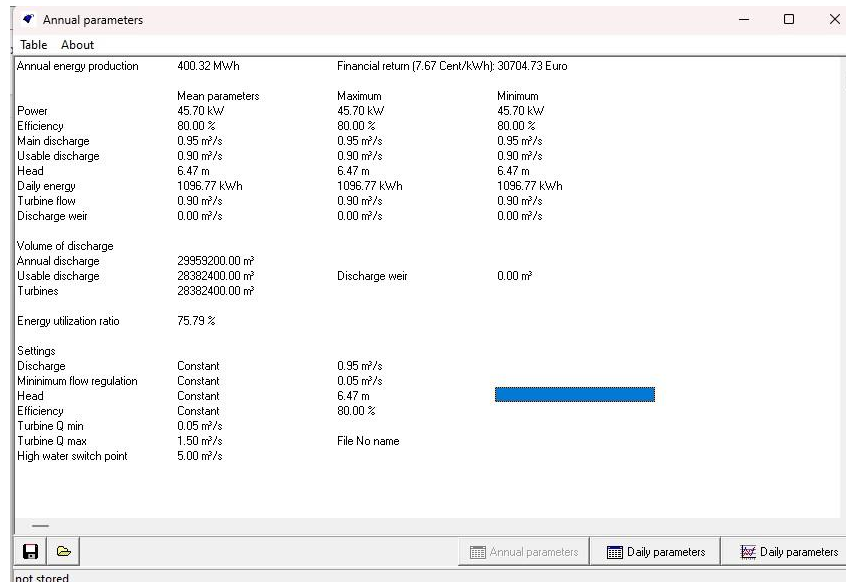
Data Masukan Hydropower Programming

Data masukan untuk proram diberikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.4 Data masukan Hydropower PLTMH Ciasihan

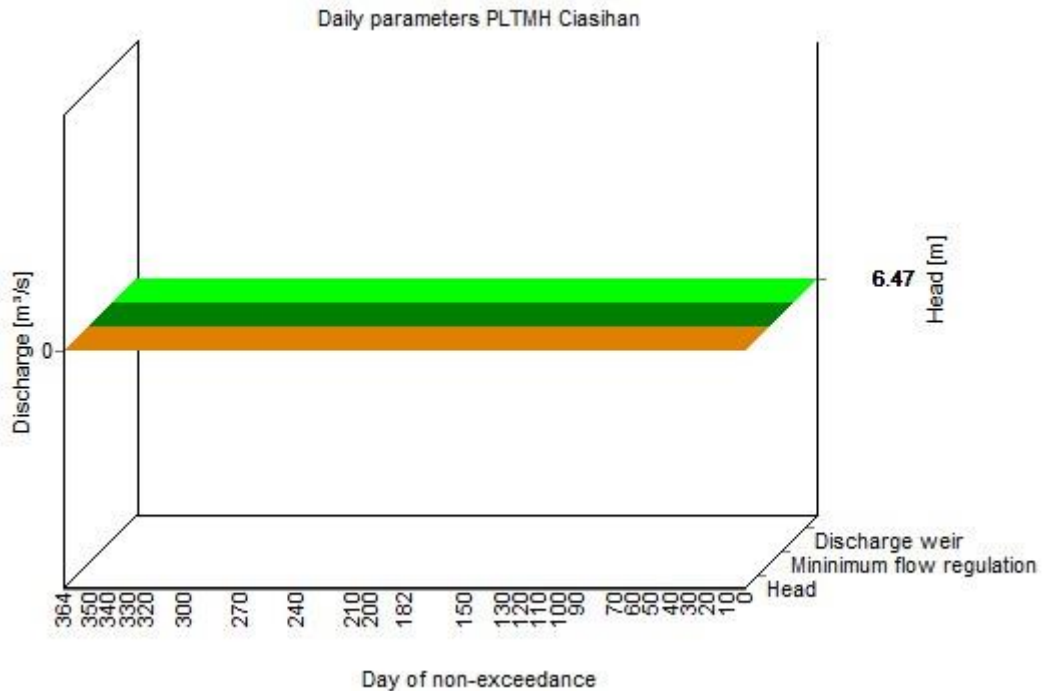
Variabel	Nilai
Debit (Q)	0,95 m ³ /s
Head Net (H _n)	6,47 m
Efisiensi Total	0.80
Debit minimum	0.05 m ³ /s
Debit maksimum	1,50 m ³ /s
Kecepatan air	0,76 m/s

Program dirunning untuk mendapatkan *Annual Energy Production*. **4.16 Daily Parameter**
Data masukan untuk program diberikan pada tampilan dibawah ini.



Gambar 3.6 Daily production energy

Dari energi harian maka diperoleh hasil tampilan dengan debit maksimum pada ketinggian H netto 6,47 m.



Gambar 3.7 Hydrograph debit harian

KESIMPULAN

Kesimpulan

Adapun dari penelitian ini dapat diambil Kesimpulan yaitu :

1. Sungai Ciasihan mempunyai potensi yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik skala kecil, yaitu Pembangkit listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebesar 64,052 [kW]
2. Dari survey dan pengukuran maka dapat diketahui yaitu :
 - Debit rata-rata sungai yaitu $Q = 0,95 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Tinggi jatuh air netto yaitu $H_{\text{netto}} = 6,47 \text{ m}$
3. Jenis turbin yang cocok digunakan adalah Turbin Aliran Silang
4. Aliran sungai yang layak untuk dijadikan sebagai energy penggerak Mikro hidro adalah aliran sungai yang sepanjang tahun yang relative stabil / tidak fluktuasi
5. Karakter sungai umumnya tidak terlalu besar, namun mempunyai aliran sungai yang berpengaruh adalah debit aliran [m^3/s] dan kemiringan (gradient) sungai

Saran

Untuk beberapa saran untuk penelitian dan pengembangan kedepannya yaitu sebagai berikut

1. **Optimasi Desain Turbin:** Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan desain turbin aliran silang yang digunakan. Variasi dalam jumlah blade, diameter runner, dan lebar radial rim dapat dieksplorasi untuk meningkatkan efisiensi konversi energi hidraulik menjadi energi listrik.
2. **Analisis Ekonomi dan Dampak Lingkungan:** Selain analisis teknis, studi ekonomi dan dampak lingkungan dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Sungai Ciasihan perlu dilakukan. Analisis biaya-manfaat, dampak sosial, dan kelestarian lingkungan akan memberikan gambaran komprehensif mengenai keberlanjutan proyek ini.
3. **Integrasi Teknologi dan Sistem Kontrol:** Penelitian lebih lanjut bisa mengarah pada integrasi teknologi canggih seperti sistem kontrol otomatis dan pemantauan real-time.

Implementasi sistem kontrol yang efisien dapat meningkatkan kinerja dan keandalan pembangkit, serta mempermudah operasi dan pemeliharaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Parabelem T. D. Rompas “ Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) pada daerah aliran sungai Ongbak Mongondow didesa Muntol Kabupaten Bolaung Mongondow” Jurnal penelitian saintek Vol 16 no 2. Oktober 2011.
2. Sulaeman dan Ramu Adi jaya “perencanaan Pembangunan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) diKinali Pasaman Barat” Jurnal Teknik Mesin Vol 4, No. 2 Oktober 2014 90 – 96.
3. Sri Sukamta, Adhi Kusmantoro “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH), Jantur Tabalas Kalimantan Timur”, Jurnal Teknik Elektro Vol 5, No. 2, Juli – Desember 2013.9
4. ESDM. (2010). “*Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia. Jakarta : Center For Energy and Mineral Resources Date and Information on Energy and Mineral Resources*”.
5. IMIDAP. (2008). “Pedoman Teknis Standarisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral”.
6. Mafruddin, M., & Irawan, D. (2014). Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2).
7. Penche, C., & Minas, i. d. (1998). *Layman’s “Guidebook on How to Develop a Small Hydro Slite*. Brussel: European Small Hydropower Association”. Nechleba, M. (1957). “*Hydraulic Turbines Their Design and Equipment*”. Czechoslovakia: ARTIA Prague”.
8. Nasir, B. A. (2013). Design of high efficiency cross-flow turbine for hydropower plant. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2(3), 308-311.
9. Azharul, F., Dharmanto, A., & Arso, W. (2020). Perhitungan Turbin Air Mikrohidro Tipe Cross-Flow Kapasitas 2.500 WATT. *TRAKSI*, 20(1), 45-58.
10. EL RAYESS, Youssef, et al. Cross-flow microfiltration applied to oenology: A review. *Journal of Membrane Science*, 2011, 382.1-2: 1-19.
11. KELSO, Richard Malcolm; LIM, T. T.; PERRY, A. E. An experimental study of round jets in cross-flow. *Journal of fluid mechanics*, 1996, 306: 111-144.
12. Molckmolrel, C. A., & Melrryfielld, F. (1949). Thel Banki watelr turbinel.
13. Ngolma DH, Wang Y, Rolskilly T (2019) Crolssfllow Turbinel Delsign Spelcificatiolns folr Hhaynu Microl-Hydrpolwelr Plant-Mbulu, Tanzania.
14. Sujolkol, Dwi. Studi kelayakan pelmanfaatan saluran bak pellelpas telkan PDAM untuk PLTMH dan *rancang bangun turbin cross flow*. Diss. Universitas Gadjah Mada, 2008.