

# Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berdasarkan Debit Air dan Kebutuhan Energi Listrik

Moh. Sofyan<sup>1,\*</sup>, I Made Sudana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang; sudana@mail.unnes.ac.id

\*Korespondensi: mohamadsofyan@students.unnes.ac.id

**Abstract** – *Electrical energy is a basic requirement for most Indonesians. However, Sidoharjo Village residents cannot fully experience it since the electricity from PLN often goes out, especially during the rainy season. On the other hand, Sidoharjo Village has a large enough water potential from the river in Dukuh Rancah, but it has not been optimally used. Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is one effort that can be done. To do so, it is necessary to know the hydrological values which include the mainstay of the river, the river basin area (DAS), and the effectiveness of dropping water. The river's reliable discharge is calculated by using the F.J. Mock method, under the principle of evaporation and transpiration (evapotranspiration). The data required are monthly rainfall, number of rainy days, humidity, and sunlight intensity. The calculation by using Ms. Excel showed the river's reliable discharge value of 1.3147 m<sup>3</sup>/s with an effective dropping height of 6 meters capable of producing a potential water power of 77.46 kW, 69.71 kW of turbine power, and 66.22 kW of generator output power. Meanwhile, the simulation results using the HOMER application showed that the river has a power capacity of 65.9 kW, an average power of 63.4 kW, minimum power of 26.4 kW, and a maximum power of 74.1 kW. It used a Kaplan turbine with a system efficiency of 0.85. It means that if the community needs 23 kW of electricity, the river is suitable to be used as a micro-hydropower plant system.*

**Keywords** – *micro-hydro, F.J. Mock method, evapotranspiration, HOMER*

**Intisari** – Energi listrik merupakan kebutuhan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Namun, kontinuitas suplai listrik tidak dapat dirasakan secara maksimal oleh masyarakat Desa Sidoharjo. Hal ini dikarenakan listrik dari PLN sering padam apalagi ketika musim hujan. Di sisi lain Desa Sidoharjo mempunyai potensi air yang cukup besar bersumber dari sungai Dukuh Rancah, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah memanfaatkannya sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Untuk mengetahui besar potensi sungai sebagai pembangkit energi listrik perlu diketahui nilai-nilai hidrologi yang meliputi debit andalan sungai, luas daerah aliran sungai (DAS), dan tinggi jatuh efektif air. Perhitungan debit andalan sungai dilakukan menggunakan metode F.J. Mock, yaitu berdasarkan prinsip evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi). Data yang diperlukan adalah curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, kelembaban udara, dan intensitas cahaya matahari. Hasil perhitungan menggunakan Ms. Excel menunjukkan nilai debit andalan sungai 1,3147 m<sup>3</sup>/s dengan tinggi jatuh efektif air 6 meter mampu menghasilkan potensi daya air sebesar 77,46 kW, daya turbin 69,71 kW, dan daya keluaran generator 66,22 kW. Sedangkan hasil simulasi menggunakan aplikasi HOMER menunjukkan bahwa sungai memiliki kapasitas daya sebesar 65,9 kW, daya rata-rata 63,4 kW, daya minimum 26,4 kW, dan daya maksimum 74,1 kW. Adapun turbin yang digunakan adalah turbin jenis kaplan dengan efisiensi sistem 0,85. Artinya jika kebutuhan listrik masyarakat sebesar 23 kW, maka sungai Dukuh Rancah layak dijadikan sebagai sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

**Kata kunci** – mikro hidro, Metode F.J. Mock, evapotranspirasi, HOMER

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik dewasa ini sudah menjadi kebutuhan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Listrik banyak dimanfaatkan untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Fungsi listrik dalam kehidupan sehari-hari antara lain sebagai penerangan, pekerjaan rumah tangga, pekerjaan industri dan lain sebagainya. Peran vital listrik mengharuskan ketersediaan energi secara terus menerus agar tidak mengganggu kegiatan dan pekerjaan. Karena kontinuitas energi listrik merupakan salah satu faktor pendorong peningkatan strata hidup dan ekonomi masyarakat. Namun, kontinuitas energi listrik tidak dapat dirasakan oleh warga Desa Sidoharjo, Kabupaten Pekalongan. Di sana sering terjadi listrik padam sehingga masyarakat terkadang sampai berhari-hari tidak menggunakan listrik. Sering terjadi listrik padam tentu mengganggu kegiatan masyarakat, contohnya pelajar kesulitan belajar pada malam hari karena kondisi gelap. Secara geografis dan administratif Desa Sidoharjo merupakan salah satu dari 272 Desa di Kabupaten Pekalongan, dan memiliki luas wilayah 25 km<sup>2</sup> secara topografis terletak pada ketinggian 277 s.d 1450 meter di atas permukaan laut. Desa Sidoharjo terdiri atas lima pedukuhan yaitu Rancah, Kodol,

Rokom, Genjah, dan Pekuluran. Data desa menyebutkan terdapat 233 bangunan (rumah warga, tempat ibadah, dan sekolah) yang membutuhkan suplai energi listrik. Namun, pada penelitian ini perencanaan pembangkit hanya untuk satu Dukuh saja yaitu Dukuh Rancah. Dengan demikian bangunan yang dihitung yaitu sebanyak 51 bangunan.

Berdasarkan data tersebut suplai energi listrik yang dibutuhkan sebesar 23 kW (jika diasumsikan setiap bangunan membutuhkan 450 W). Data dari PT PLN (Persero) UPJ Kedungwuni Bulan Desember 2019 s.d. Februari 2020 telah terjadi listrik padam di Desa Sidoharjo sebanyak 31 kali, atau jika di rata-rata listrik padam 10 kali setiap bulannya. Sebenarnya pemadaman listrik merupakan hal yang lumrah jika dalam kurun waktu jam saja. Namun, karena akses yang sulit dan jauh mengakibatkan lamanya proses perbaikan dari pihak PLN, ditambah gangguan sering sekali terjadi apalagi ketika memasuki musim hujan. Berdasarkan masalah tersebut penulis mencoba menganalisis mengenai potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sebagai penyedia energi listrik di Desa Sidoharjo Kabupaten Pekalongan. PLTMH merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang memanfaatkan air untuk menghasilkan energi listrik.

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 untuk memajukan kesejahteraan umum, mencerdaskan kehidupan bangsa, dan meningkatkan perekonomian dalam rangka mewujudkan masyarakat adil dan makmur yang merata material dan spiritual berdasarkan Pancasila dan UUD 1945. Menurut PP nomor 5 tahun 2006 pasal 1 ayat 4 menjelaskan bahwa energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik.

Desa Sidoharjo mempunyai potensi air yang tidak pernah surut walaupun memasuki musim kemarau. Air tersebut bersumber dari sungai Dukuh Rancah. Observasi awal didapatkan data debit air sungai sebesar 192 liter/detik. Potensi ini dapat diolah lebih lanjut menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro sebagai penyedia energi listrik, dengan begitu diharapkan kegiatan masyarakat tidak terganggu akibat seringnya listrik padam.

Berdasarkan penjelasan di atas, penulis membuat judul penelitian berjudul “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berdasarkan Debit Air dan Kebutuhan Energi Listrik”.

## II. DASAR TEORI

### A. Energi Air

Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi listrik. Menurut [1], air merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diaplikasikan pada pembangkit energi listrik yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia. Potensi energi air di Indonesia mencapai 75,76 GW dan potensi untuk mikro hidro sebesar 0,45 GW. Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, pada air juga tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Energi kinetik dari air yang memutar turbin untuk menggerakkan generator dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

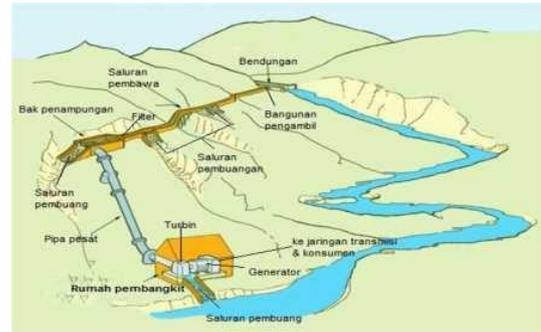
$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (1)$$

dengan,

- $P$  : daya (Hp)
- $\rho$  : massa air (1000 kg/m)
- $Q$  : debit air (liter/detik)
- $G$  : gravitasi bumi (9,8 m/s)

### B. Studi Potensi

Studi potensi merupakan kegiatan awal untuk mengumpulkan data dan informasi tentang kemungkinan suatu daerah aliran sungai untuk dimanfaatkan menjadi PLTMH. Dari hasil studi potensi dapat diperoleh sebuah kesimpulan yang digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan keberlanjutan studi perencanaan PLTMH.



Gambar 1. Skema PLTMH [10]

Jika sebuah wilayah memiliki beberapa lokasi yang potensial untuk PLTMH, maka untuk memilih lokasi terbaik ditentukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Panjang jaringan distribusi jika menggunakan tegangan rendah jarak antara pembangkit ke beban, radius maksimal 12 km.
2. Terdapat calon konsumen di sekitar pembangkit.
3. Potensi daya listrik tidak melebihi 100 kW.
4. Ketersediaan aliran air sungai sepanjang tahun.
5. Akses menuju PLTMH dapat dijangkau atau dapat ditempuh dengan teknologi yang tidak mahal.
6. Lokasi pembangkit tidak berada di kawasan cagar alam, tidak merusak lingkungan dan budaya serta mengikuti ketentuan yang berlaku [2].

### C. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah pembangkit listrik skala kecil (<100 kW). Secara umum bangunan PLTMH terdiri atas bangunan ambil air (*intake weir*), bak pengendap (*settling basin*), saluran atas (*headrace/channel*), bak penenang (*forebay tank*), pipa pesat (*penstock*), *power house* (turbin air dan generator), dan saluran pembuangan (*tailrace*) seperti pada Gambar 1.

Prinsip kerja PLTMH adalah memanfaatkan beda tinggi dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran atau sungai. Air yang mengalir melalui *intake* dan diteruskan oleh saluran pembawa hingga *penstock* akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin air akan memutar generator dan menghasilkan listrik [3]. Sistem PLTMH secara umum sama dengan PLTA pada umumnya. Namun, yang membedakan adalah daerah kerja sistem pembangkit listrik tersebut. PLTMH dapat memanfaatkan sumber air yang tidak terlalu besar. Tidak seperti PLTA, dengan atau tanpa reservoir pun PLTMH dapat beroperasi, karena dapat memanfaatkan potensi air yang kecil.

### D. Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya risiko kegagalan tertentu, digunakan untuk berbagai macam keperluan misalnya irigasi, PLTA, air baku, dan lain-lain. Debit Andalan merupakan debit minimum sungai kemungkinan debit dapat dipenuhi ditetapkan 80% sehingga kemungkinan debit sungai lebih rendah dari debit andalan sebesar 20%. Untuk mengetahui besarnya aliran yang

mengalir pada sungai dalam satu tahun, maka kurva durasi aliran (FDC) dengan mengurutkan data debit rata-rata harian dari terbesar hingga terkecil dan diberikan probabilitas yang dihitung menggunakan persamaan *weibull*.

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (2)$$

dengan,

- $P$  : probabilitas kejadian (%)
- $m$  : nomor urut data
- $n$  : jumlah data dalam analisis

Dengan demikian pengertian debit andalan 80% adalah berdasarkan pada nilai debit yang mendekati atau sama dengan nilai probabilitas ( $P$ ) 80% [4] dan [5].

*E. Turbin Kaplan*

Turbin kaplan, yang diilustrasikan pada Gambar 2, merupakan salah satu jenis dari turbin reaksi. Turbin kaplan tersusun dari *propeller*/sudu-sudu roda turbin seperti baling-baling kapal. Roda turbin kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya putar/tangensial pada poros turbin yang dapat menghasilkan torsi [6]. Turbin kaplan memiliki ukuran-ukuran utama yang dapat dicari melalui Gambar 3. Untuk mendesain turbin kaplan, dilakukan perhitungan menggunakan (3) s.d. (11).

- Putaran spesifik turbin ( $n_s$ ) [7]

$$N_s = \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (3)$$

- Diameter luar sudu

$$D1 = \frac{60 \cdot U1}{\pi \cdot n} \quad (4)$$

- Diameter *hub*/leher poros

$$D_N = 0,5 \times D1 \quad (5)$$

- Diameter sudu pengarah di bagian sudu masuk

$$D_0 = 1,2 \times D1 \quad (6)$$

- Tinggi sudu pengarah

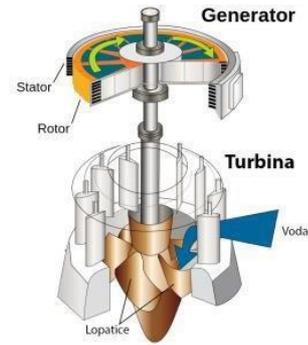
$$B_0 = \frac{Q}{D_0 \cdot \pi \cdot C_m \cdot \tau_0} \quad (7)$$

- Luas penampang sudu

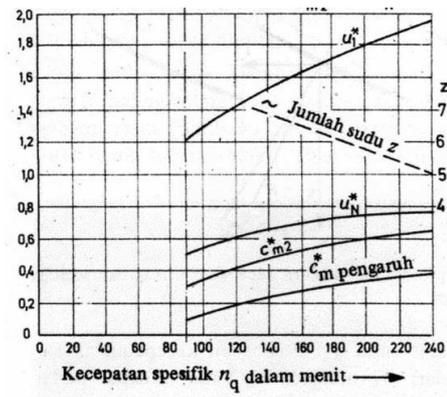
$$A = (D1^2 - D_n^2) \times \pi / 4 \quad (8)$$

- Diameter tengah-tengah sudu

$$D_M = \frac{D1 + DN}{2} \quad (9)$$



Gambar 2. Turbin kaplan [11]



Gambar 3. Grafik menentukan ukuran-ukuran utama turbin kaplan [12]

- Jumlah keseluruhan lebar sudu

$$B = \frac{D1 - DN}{2} \quad (10)$$

- Jumlah antar sudu [8]

$$L = \frac{D_m \times \pi}{Z} \quad (11)$$

dengan,

- $N_s$  : putaran spesifik turbin (rpm)
- $N$  : kecepatan putar turbin (rpm)
- $Q$  : debit air (  $m^3/s$  )
- $H$  : tinggi jatuh air (m)
- $D1$  : diameter luar sudu (m)
- $U1$  : kecepatan tangensial masuk sudu pada leher poros
- $B_0$  : tinggi sudu pengarah (m)
- $C_m$  : pengarah
- $\tau_0$  : faktor penyeimbang (0,9)
- $Z$  : jumlah sudu

*F. Kriteria Pemilihan Turbin*

Ada beberapa faktor yang mendasari perencanaan dan pemilihan suatu turbin air. Faktor-faktor tersebut antara lain: debit aliran air, *head* atau tinggi jatuh air, kecepatan spesifik, putaran turbin, putaran pesawat yang digerakkan, posisi poros turbin, biaya pembangunan instalasi. Dari sekian banyak

faktor di atas, yang paling menentukan adalah debit dan *head* aliran air. Ukuran atau dimensi turbin air sangat tergantung kepada debit dan *head* air ini. Debit air yang besar pada *head* tertentu akan memerlukan turbin air ukuran besar, sedangkan untuk *head* air yang besar untuk debit tertentu, dimensi turbin air cenderung lebih kecil. Dengan demikian *head* dan debit air secara tidak langsung akan menentukan biaya pembuatan turbin air berikut pembangkitnya.

### G. Metode FJ Mock

Model FJ Mock sering untuk menentukan probabilitas jumlah nilai debit air andalan. Model ini memiliki prinsip bahwa jatuhnya air hujan di sekitar wilayah tangkapan (sebaran) air, beberapa air akan hilang karena evaporasi dan transpirasi, sebagian jadi aliran (limpasan) langsung yang ada di permukaan (*direct runoff*). Sebagian lain mengalami proses penyaringan teresap di dalam tanah. Penyaringan tersebut akan membuat permukaan tanah menjadi jenuh, berikutnya proses kelembaban yang ada di tanah akan menjadi sebab limpasan air tanah (*base flow*). Dari penyaringan ini didapatkan hasil nilai kelembaban pada tanah. Dalam seimbangannya air, mempunyai alur evaporasi dan transpirasi sama dengan intensitas hujan yang ada (turun) di muka bumi. Berikut merupakan parameter-parameter perhitungan debit andalan menggunakan metode Mock:

- Evapotranspirasi potensial

$$E_{to} = c \cdot (w \cdot R_n + (1 - w)f(u)(e_a - e_d))(mm) \quad (12)$$

- Evapotranspirasi aktual

$$E = E_{to} - \Delta E (mm) \quad (13)$$

$$\Delta E = \left(\frac{M}{20}\right)(18 - N)$$

- Air hujan yang mencapai permukaan tanah

$$A_s = R - E (mm) \quad (14)$$

- Penyimpanan kelembaban tanah

$$SMS = ISM + R - E (mm) \quad (15)$$

- *Water surplus* (kelebihan air)

$$Ws = ISM + R - E - SMC (mm) \quad (16)$$

$$Ws = SMS - SMC (mm)$$

- Infiltrasi (penyerapan air)

$$Infil = Ws \cdot Ci (mm) \quad (17)$$

- Volume penyimpanan air tanah

$$V(n) = k \cdot V(n-1) + 0,5(1 - k)Infil(mm) \quad (18)$$

- Perubahan penyimpanan air tanah

$$\Delta V(n) = V(n) - V(n-1) \quad (19)$$

- Limpasan air dasar

$$Q_{base\ flow} = Infil - \Delta V(n)(mm) \quad (20)$$

- Limpasan air permukaan

$$Q_{direct\ runoff} = Ws - Infil(mm) \quad (21)$$

- Limpasan air sungai

$$Q_{runoff} = Q_{base\ flow} + Q_{direct\ runoff}(mm) \quad (22)$$

- Perhitungan debit air andalan [9]

$$Q = Q_{runoff} \times \frac{A}{\text{satu bulan dalam detik}(m^3/s)} \quad (23)$$

dengan,

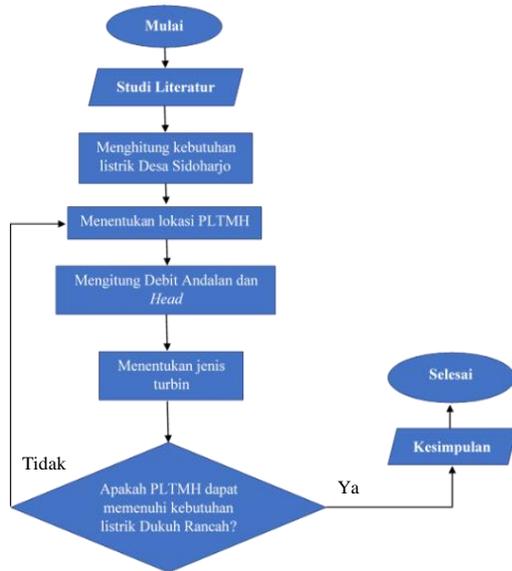
<i>E<sub>to</sub></i>	: evapotranspirasi potensial (mm)
<i>M</i>	: persentase <i>exposed surface</i>
<i>N</i>	: jumlah hari hujan
<i>R</i>	: curah hujan bulanan (mm)
<i>E</i>	: evapotranspirasi aktual (mm)
<i>ISM</i>	: kelembapan tanah awal (mm)
<i>SMC</i>	: kapasitas kelembapan tanah (200 mm, untuk tegalan atau hutan)
<i>C<sub>i</sub></i>	: Koefisien infiltrasi (0,3-0,5)
<i>V(n-1)</i>	: volume air bulan lalu
<i>V(n)</i>	: volume air bulan sekarang
<i>A</i>	: Luas daerah aliran sungai (km <sup>2</sup> )

### H. HOMER Energy

HOMER merupakan *software* populer untuk desain sistem pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan. HOMER menyimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *standalone* maupun *grid connected* yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, *photovoltaic*, mikro hidro, biomassa, generator (diesel/ bensin), *microturbine*, *fuel-cell*, baterai, dan penyimpanan hidrogen melayani beban listrik maupun termal.

## III. METODOLOGI

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah kuantitatif. Bentuk penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa besar potensi air sungai Dukuh Rancah sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Adapun alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alur penelitian

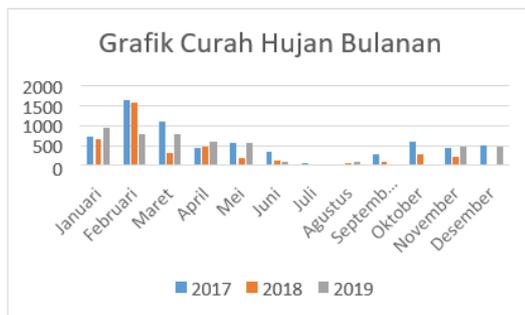
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan diperoleh dari BMKG Jawa Tengah. Data curah hujan diambil dari pos hujan LMDH Doro dan Kutosari Doro dalam kurun waktu tiga tahun, yaitu tahun 2017-2019. Pos hujan ini dipilih karena merupakan stasiun terdekat dengan lokasi penelitian, yaitu sungai Dukuh Rancah Desa Sidoharjo Kecamatan Doro. Adapun data curah hujan bulanan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Tabel 1. Data curah hujan tahun 2017-2019

Bulan	2017	2018	2019
Januari	734	653	956
Februari	1646	1579	777
Maret	1105	317	791
April	436	468	597
Mei	571	173	573
Juni	357	107	95
Juli	57	16	32
Agustus	0	65	75
September	295	84	11
Oktober	582	296	23
November	445	214	463
Desember	501	-	486



Gambar 5. Grafik curah hujan tahun 2017-2019

##### B. Hitung Evapotranspirasi Aktual

Perhitungan evapotranspirasi aktual dilakukan setelah semua data diperoleh. Data yang diperlukan yaitu curah hujan, kelembaban udara, intensitas matahari, kecepatan angin, dan luas daerah aliran sungai (DAS). Data tersebut diperoleh dari stasiun BMKG Jawa Tengah dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Pekalongan, sedangkan data DAS diperoleh melalui perhitungan dengan aplikasi ArcGIS Map. Untuk memperoleh nilai evapotranspirasi aktual dilakukan perhitungan menggunakan (13). Nilai evapotranspirasi aktual ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 6.

##### C. Hitung Limpasan Air Dasar ( $Q_{bf}$ )

Setelah nilai evapotranspirasi aktual diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai limpasan air dasar (*base flow*) menggunakan (20). Nilai limpasan air dasar pada tahun 2017-2019 ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 7.

##### D. Hitung Limpasan Air Permukaan ( $Q_{dr}$ )

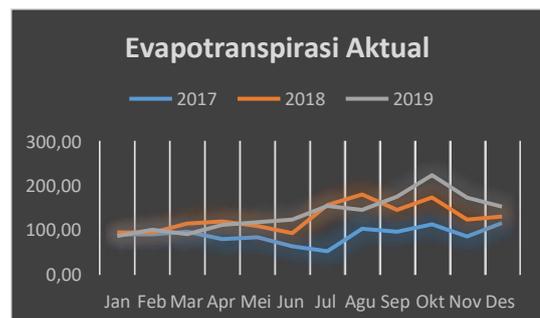
Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai limpasan air permukaan (*direct runoff*) diperoleh dari (21). Adapun besarnya dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 8.

##### E. Hitung Limpasan Air Sungai ( $Q_{ro}$ )

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai limpasan air permukaan (*runoff*) diperoleh dari (23) yaitu penjumlahan antara  $Q_{bf}$  dan  $Q_{dr}$ . Adapun besarnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 9.

Tabel 2. Nilai evapotranspirasi aktual tahun 2017-2019

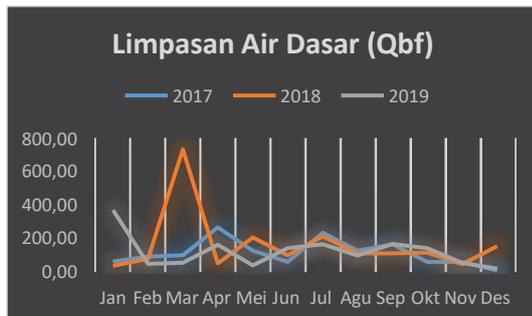
Bulan/Tahun	2017	2018	2019
Januari	90,63	95,63	87,04
Februari	90,44	94,53	101,22
Maret	96,43	115,22	91,37
April	79,74	119,90	111,78
Mei	84,00	109,73	118,14
Juni	63,86	93,48	123,70
Juli	52,27	157,00	154,67
Agustus	102,93	180,64	145,75
September	96,64	145,84	175,84
Oktober	112,98	174,25	223,83
November	86,13	123,76	173,39
Desember	116,47	131,15	152,93



Gambar 6. Grafik evapotranspirasi aktual bulanan tahun 2017-2019

Tabel 3. Nilai limpasan air dasar (Qbf)

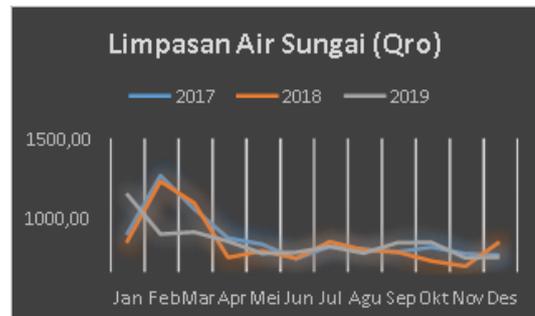
Bulan	2017	2018	2019
Januari	59,03	34,12	369,79
Februari	89,82	75,95	46,26
Maret	97,11	732,97	53,41
April	264,18	48,74	161,36
Mei	124,44	204,24	36,75
Juni	57,59	97,54	140,93
Juli	232,18	211,16	163,90
Agustus	124,87	109,05	96,72
September	162,28	108,63	166,06
Oktober	58,02	113,53	141,17
November	57,24	44,10	51,01
Desember	6,43	151,77	18,10



Gambar 7. Grafik limpasan air permukaan tahun 2017-2019

Tabel 5. Nilai limpasan air sungai (Qro)

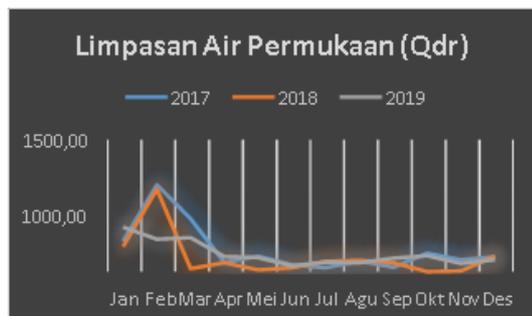
Bulan	2017	2018	2019
Januari	411,39	326,28	880,06
Februari	1080,71	1017,08	421,30
Maret	705,11	776,22	445,15
April	377,31	157,79	338,97
Mei	307,94	232,61	204,18
Juni	144,16	150,78	215,28
Juli	284,82	336,66	280,24
Agustus	252,62	244,44	205,18
September	221,30	217,13	324,96
Oktober	273,43	120,58	327,67
November	200,56	61,95	152,77
Desember	184,60	334,58	160,25



Gambar 9. Grafik limpasan air sungai tahun 2017-2019

Tabel 4. Nilai limpasan air permukaan (Qdr)

Bulan	2017	2018	2019
Januari	352,36	292,16	510,27
Februari	990,89	941,13	375,04
Maret	608,00	43,25	391,74
April	113,13	109,05	177,61
Mei	183,50	28,37	167,43
Juni	86,57	53,24	74,35
Juli	52,63	125,50	116,33
Agustus	127,76	135,39	108,45
September	59,02	108,50	158,90
Oktober	215,41	7,05	186,50
November	143,32	17,85	101,76
Desember	178,17	182,81	142,15



Gambar 8. Grafik limpasan air dasar tahun 2017-2019

F. Hitung Debit Andalan ( $Q_{80}$ )

Debit andalan yang digunakan adalah debit andalan dengan probabilitas 80% ( $Q_{80}$ ). Untuk mendapatkan  $Q_{80}$  dilakukan perhitungan menggunakan rumus *weillbull* pada (2). Setelah melakukan perhitungan diperoleh nilai debit andalan  $Q_{80}$  seperti ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 10.

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari nilai rata-rata debit bulanan, kemudian mencari nilai probabilitas setiap bulannya. Setelah nilai probabilitas bulanan diketahui maka  $Q_{80}$  dapat dicari dengan mengurangi probabilitas di atas 80% (84,62) dengan probabilitas di bawah 80% (76,92). Hasil perhitungan menunjukkan nilai  $Q_{80}$  adalah 1,3174  $m^3/s$ , debit inilah yang akan digunakan untuk penelitian perencanaan PLTMH.



Gambar 10. Grafik debit andalan dengan probabilitas

Tabel 6. Nilai debit andalan ( $Q_{80}$ )

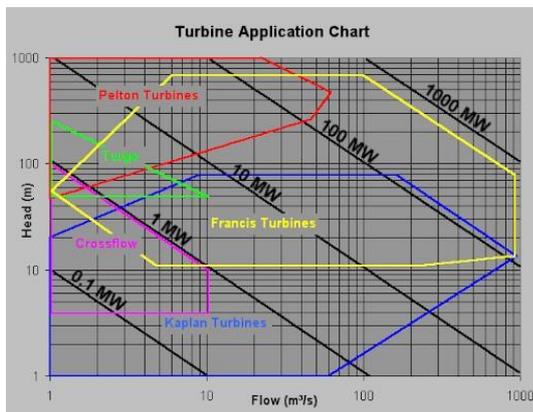
Probabilitas %	Debit Andalan $m^3/s$
7,69	6,2478
15,38	4,3156
23,08	3,6239
30,77	2,0873
38,46	2,0233
46,15	1,7671
53,85	1,6683
61,54	1,6167
69,23	1,5731
76,92	1,5220
80,00	1,3174
84,62	1,1811
92,31	0,9613

G. Hitung Jatuh Aktif

Tinggi jatuh efektif diperoleh dengan cara pengukuran langsung di lapangan dibantu dengan aplikasi Google Earth. Pengukuran langsung menggunakan meteran diperoleh nilai panjang pipa pesat yaitu 13 meter. Ketinggian penyaring dan atau titik atas pipa pesat adalah 398 mdpl, dan ketinggian titik akhir pipa pesat dan atau rumah daya adalah 385 mdpl. Dari data di atas dapat dihitung nilai tinggi jatuh efektif (Heff) melalui persamaan trigonometri, sehingga diperoleh hasil Heff adalah 6 meter.

H. Hitung Turbin

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tinggi jatuh efektif adalah 6 meter. Berdasarkan Tabel 7 dan *turbine application chart* yang ditunjukkan Gambar 11, maka jenis turbin yang digunakan pada penelitian ini adalah turbin kaplan/*propeller*.



Gambar 11. Turbine application chart [11]

Tabel 7. Kriteria pemilihan jenis turbin berdasarkan head [6].

Jenis Turbin	Head (meter)
Kaplan/Propeller	$1 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

Adapun desain turbin kaplan untuk sistem PLTMH ini adalah sebagai berikut.

- Hitung putaran spesifik turbin( $n_s$ )

$$N_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

$$N_s = 500 \frac{\sqrt{1,3174}}{6^{\frac{5}{4}}}$$

$$N_s = 149,7 \text{ rpm}$$
(24)

- Diameter luar sudu

$$D_1 = \frac{60 \cdot U_1}{\pi \cdot n}$$

$$D_1 = \frac{60 \cdot 16,80}{3,14 \cdot 500}$$

$$D_1 = 0,642m$$
(25)

- Diameter hub/leher poros

$$D_N = 0,5 \times D_1$$

$$D_N = 0,5 \times 0,642$$

$$D_N = 0,321m$$
(26)

- Diameter sudu pengarah di bagan sudu masuk

$$D_0 = 1,2 \times D_1$$

$$D_0 = 1,2 \times 0,642$$

$$D_0 = 0,770m$$
(27)

- Tinggi sudu pengarah

$$B_0 = \frac{Q}{D_0 \cdot \pi \cdot C_m \cdot c_o}$$

$$B_0 = \frac{1,3174}{0,770 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \cdot 0,9}$$

$$B_0 = 0,186m$$
(28)

- Luas penampang sudu

$$A = (D_1^2 - D_n^2) \times \frac{\pi}{4}$$

$$A = (0,642^2 - 0,321^2) \times \frac{3,14}{4}$$

$$A = 0,242 \text{ m}^2$$
(29)

- Diameter tengah-tengah sudu

$$D_M = \frac{D_1 + D_N}{2}$$

$$D_M = \frac{0,642 + 0,321}{2}$$

$$D_M = 0,481 \text{ m}$$
(30)

- Jumlah keseluruhan lebar sudu

$$B = \frac{D_1 - D_N}{2}$$

$$B = \frac{0,642 - 0,321}{2}$$

$$B = 0,160 \text{ m}$$
(31)

- Jumlah antar sudu

$$L = \frac{D_m \times \pi}{Z}$$

$$L = \frac{0,481 \times 3,14}{6} \quad (32)$$

$$L = 0,251723 \text{ m}$$

I. Desain PLTMH

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar potensi sungai sebagai penghasil daya listrik melalui PLTMH. Oleh karena itu, untuk memperoleh besaran daya yang bisa dibangkitkan perlu diketahui nilai-nilai data penyusunnya. Yaitu data debit dan data kontur untuk keperluan desain PLTMH. Hasil pengukuran langsung diperoleh data panjangsaluran pembawa (72 meter), panjang pipa pesat (13 meter) dengan sudut kemiringan (27,5°), dan tinggi jatuh efektif air (6 meter). Adapun desain yang dibuat pada penelitian ini hanya garis besarnya saja untuk memperjelas desain ditunjukkan pada Gambar 12.

J. Simulasi Menggunakan HOMER

1) *Perkiraan beban*: Langkah pertama untuk mendesain sistem PLTMH menggunakan HOMER adalah dengan memperkirakan kebutuhan beban. Pada penelitian ini beban maksimal diasumsikan terjadi pada pukul 19.00 s.d 22.00 WIB. Hasil simulasi menunjukkan beban per hari mencapai 167.17 kWh/d, dan beban puncak/ 19,6 kW. Visualisasi data dapat dilihat pada Gambar 13.

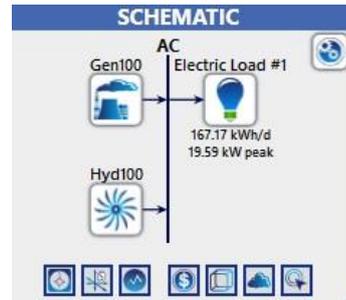
2) *Input debit bulanan*: Debit yang dimasukkan adalah debit bulanan sesuai hasil perhitungan metode Mock, tetapi satuannya diubah ke dalam Liter/detik (L/s). Besarnya debit bulanan dapat dilihat pada Gambar 14.

3) *Input jenis turbin*: Langkah selanjutnya untuk mendapatkan besarnya daya yang dapat dihasilkan oleh sistem adalah dengan mendesain turbin. Adapun angka-angka yang diperlukan sudah ditentukan melalui perhitungandi atas. Desain turbin menggunakan *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 15.

4) *Daya yang dihasilkan menurut HOMER*: Setelah memperkirakan beban, memasukkan debit bulanan, dan mendesain jenis turbin. Maka, *output* daya dapat diketahui. Berdasarkan simulasi kapasitas daya adalah 65,9 kW, daya rata-rata 63,4 kW, daya minimum 26,4 kW, daya maksimum 74,1 kW, dan faktor kapasitas sebesar 96 %. Untuk memperjelas dapat dilihat pada Gambar 16.



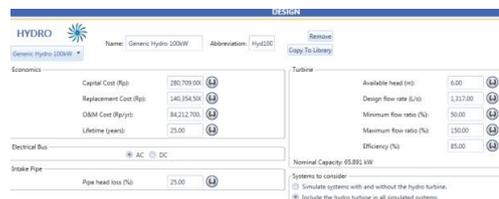
Gambar 12. Desain PLTMH



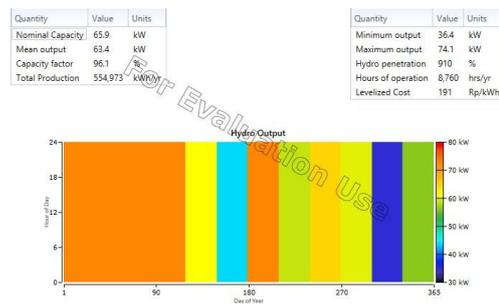
Gambar 13. Schematic sistem pada HOMER



Gambar 14. Input debit andalan bulanan pada HOMER



Gambar 15. Desain turbin menggunakan HOMER



Gambar 16. Daya yang dapat dihasilkan menurut HOMER

K. Korelasi Perhitungan Menggunakan Microsoft Excel dengan HOMER

Hasil perhitungan dengan Ms. Excel dan simulasi menggunakan HOMER menunjukkan nilai potensi daya yang hampir sama. Dari perhitungan manual diperoleh daya terbangkitkan sebesar 66,2 kW sedangkan simulasi HOMER menunjukkan nilai daya sebesar 65,9 kW. Jika kebutuhan listrik masyarakat sebesar 23 kW, maka sungai Dukuh Rancah berpotensi sebagai sumber energi listrik. Yaitu dengan memanfaatkannya menjadi sistem PLTMH.

## V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sungai Dukuh Rancah berpotensi sebagai pembangkit energi listrik karena kontinuitas ketersediaan air terjangkau.
2. Debit andalan sungai Dukuh Rancah adalah sebesar 1,3174 m<sup>3</sup>/s atau 1.317 L/s.
3. Diketahui tinggi jatuh efektif 6 m maka turbin yang digunakan adalah turbin jenis kaplan dengan diameter luar sudu 0,642 M, diameter poros sudu 0,321 M, diameter tengah sudu 0,481 M, diameter sudu pengarah 0,770 M, tinggi sudu pengarah 0,186, jumlah sudu 6, dan putaran spesifik turbin ( $N_s$ ) 149,7 rpm.
4. Hasil perhitungan menggunakan Ms. Excel dengan efisiensi sistem 0,85 diperoleh potensi daya air ( $P_{hidro}$ ) 77,46 kW, daya turbin ( $P_t$ ) 69,71 kW, dan daya keluaran generator ( $P_g$ ) 66,22 kW.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hadiyanto, F. Bakri, and J. Fisika, "Rancang Bangun Prototipe Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbin Tipe Cross Flow," *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)*, vol. 2, pp. 19–25, Oct. 2013, doi: 10.21009/03.
- [2] D. P. D Suparyawan, I. N. S Kumara, W. G. Ariastina, and J. Panglima Besar Sudirman Denpasar, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Mikrohidro Di Desa Sambangan Kabupaten Buleleng Bali," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 2, 2013, Accessed: Dec. 07, 2022. [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jte/article/view/15546>
- [3] M. A. Rusdiono, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Saluran Primer Sindupraja Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat," Dec. 2017.
- [4] Y. Putro, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah.," Apr. 2015.
- [5] S. PENERAPAN METODE MOCK DAN STATISTIK UNTUK MENGHITUNG DEBIT ANDALAN PLTA BAKARU KABUPATEN PINRANG Sutrisno and dan Ferdhy Setiawan Saputra, "STUDI PENERAPAN METODE MOCK DAN STATISTIK UNTUK MENGHITUNG DEBIT ANDALAN PLTA BAKARU KABUPATEN PINRANG," *TEKNIK HIDRO*, vol. 11, no. 2, pp. 38–47, Aug. 2018, doi: 10.26618/TH.V11I2.2445.
- [6] A. Mulyono *et al.*, "RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMANSI TURBIN AIR JENIS KAPLAN SEKALA MIKROHIDRO," *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, Dec. 2018, doi: 10.24127/TRB.V7I2.817.
- [7] H. P. Dewanto, D. A. Himawanto, and S. I. Cahyono, "Pembuatan dan pengujian turbin propeller dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air piko hidro (PLTA-PH) dengan variasi debit aliran," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 12, no. 2, pp. 54–62, Mar. 2017, doi: 10.36289/JTML.V12I2.72.
- [8] R. A. Subekti, A. Susatyo, and H. Sudiby, "Tulisan DIPA KAPLAN 2007 - Seminar IPT".
- [9] D. Nugroho, A. Suprajitno, dan Gunawan VOLUME, and J. Rekeyasa Elekrika, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Air Terjun Kedung Kayang," *Jurnal Rekeyasa Elekrika*, vol. 13, no. 3, pp. 161–171, Dec. 2017, doi: 10.17529/JRE.V13I3.8554.
- [10] G. Jurnal, O.: Desmiwarman, and V. R. Yandri, "Pemilihan Tipe Generator yang Cocok untuk PLTMH Desa PEMILIHAN TIPE GENERATOR YANG COCOK UNTUK PLTMH DESA GUO, KECAMATAN KURANJI, KOTA PADANG," *Teknik Elektro ITP*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [11] Y. Prabowo, S. B. N. Nazori, and G. Gata, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pmlth) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor," *Jurnal Ilmiah FIFO*, vol. 10, no. 1, pp. 41–52, Jun. 2018, doi: 10.22441/FIFO.2018.V10I1.005.
- [12] K. Jamlay, L. Sule, D. Hasan Teknik Mesin, P. Amamapare Timika, and J. C. Heatubun Kwamki Baru Timika Mimika Papua, "ANALISIS PERILAKU ALIRAN TERHADAP KINERJA RODA AIR ARUS BAWAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK SKALA PIKOHIDRO," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 250–1729, Jun. 2016, doi: 10.29303/dtm.v6i1.25.