

Pemanfaatan Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Portabel

Ibrahim Nawawi¹, Agung Trihasto²

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar

¹ibrahim_nw@untidar.ac.id

²agungtrihasto@untidar.ac.id

Abstrak: Keterbatasan penyediaan energi secara nasional menuntut kita harus mampu memanfaatkan energi mikro yang tersedia di alam. Pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) dapat menjadikan masyarakat yang mandiri dalam bidang penyediaan energi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung seberapa besar potensi di beberapa aliran sungai di sekitar Kabupaten Magelang dan Kota Magelang. Aliran sungai yang menjadi objek penelitian ini adalah sungai Tangsi, sungai Elo dan sungai Progo. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kecepatan aliran sungai, luas penampang sungai, penghitungan debit air sungai, serta menentukan pemilihan turbin dan generator. Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan dengan menggunakan metode apung. Hasil pada penelitian ini diperoleh nilai kecepatan aliran untuk sungai Tangsi 0,649 m/s, sungai Elo 0,790 m/s dan sungai progo 1,118 m/s. Hasil pengukuran luas penampang untuk sungai Tangsi diperoleh 0,366 m², sungai Elo 0,308 m², sungai Progo 0,84 m². Hasil perhitungan debit air untuk sungai Tangsi 0,233 m³/s, sungai Elo 0,244 m³/s dan sungai Progo 0,939 m³/s. Jenis turbin yang sesuai untuk adalah turbin *propeller*. Hasil perhitungan daya generator didapatkan untuk sungai Tangsi 1,355 kW, sungai Elo 1,415 Kw dan sungai Progo 5,447 kW. Generator yang sesuai untuk sungai Tangsi dan sungai Elo mempunyai kapasitas 5 kW, sedangkan sungai Progo dengan kapasitas 5,5 kW.

Kata Kunci: Sungai, PLTMH, debit air, turbin, generator.

I. PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air bagi kehidupan yang ada di bumi. Baik manusia, hewan, tumbuhan dan semua makhluk hidup memerlukan air untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Sungai mengalir dari hulu ke hilir bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Di Indonesia terdapat banyak sekali sungai-sungai besar maupun kecil yang terdapat di berbagai daerah. Hal ini merupakan peluang untuk pengembangan energi listrik di daerah khususnya daerah yang belum terjangkau energi listrik [1].

Daerah pedesaan yang terletak di daerah pegunungan dan mempunyai potensi air yang besar berpotensi untuk dibangun PLTMH. Energi listrik dalam kehidupan sehari-hari memiliki peranan penting dalam hal ini dapat dilihat bahwa energi listrik dan kondisi ekonomi suatu wilayah sangat erat pengaruhnya. Hal ini ditandai pula oleh besar kecilnya pemanfaatan energi listrik, akan menunjukkan tingkat kesejahteraan suatu wilayah. Namun pada beberapa wilayah masih belum mendapatkan suplai energi listrik yang disebabkan oleh kondisi topografi wilayah tersebut. Untuk

mengatasi masalah kondisi topografi dan ketersediaan suplai sumberdaya listrik bagi masyarakat tersebut, maka perlu dilakukan pencarian suplai energi listrik alternatif untuk menggantikan pelayanan dari PLN tersebut, salah satu sumber energi listrik alternatif adalah dengan memanfaatkan tenaga mekanik dari sumberdaya aliran air yang banyak terdapat daerah tersebut. Untuk memanfaatkan sumberdaya mekanik air tersebut adalah dengan membangun fasilitas pembangkit listrik skala kecil yang sesuai dengan kondisi topografis/geografis daerah tersebut [2].

Pembangkit listrik mikro hidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah 100 kW. Banyak daerah pedesaan di Indonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik pada skala yang demikian. Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada di desa-desa tersebut dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya energi atau kesulitan jaringan listrik nasional untuk menjangkaunya. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. [3]

Pengembangan Mikro Hidro selalu memanfaatkan potensi aliran dengan ketinggian tertentu (*head*) kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator. Saluran irigasi yang letaknya disekitar pemukiman dan kawasan pertanian pada dasarnya juga dapat dimanfaatkan untuk sumber pembangkit sehingga dapat mempunyai nilai tambah selain sebagai sumber pengairan juga sebagai sumber energi berupa PLTMH. Jumlah saluran irigasi yang banyak dan tersebar diseluruh wilayah Indonesia merupakan potensi energi yang perlu dimanfaatkan sehingga dapat menunjang ketahanan energi nasional [4].

PLTMH dipilih sebagai salah satu energi alternatif dikarenakan memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan pembangkit listrik lainnya, seperti ramah terhadap lingkungan, lebih awet, biaya operasional lebih kecil, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan sesuai untuk daerah terpencil. Selain itu perawatan mekanik untuk PLTMH lebih mudah. [5]

Pemanfaatan potensi energi air yang masih kurang, menuntut penulis untuk mampu memanfaatkan energi mikro yang tersedia di alam. Pembangunan PLTMH dapat menjadikan masyarakat yang mandiri dibidang penyediaan energi. Penulis memilih aliran sungai Tangsi, sungai Elo, dan sungai Progo yang terletak di Magelang sebagai objek

penelitian studi kelayakan aliran sungai dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, karena sungai-sungai tersebut memiliki aliran yang cukup deras walaupun dimusim kemarau.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Kemanfaatan terbesar sebuah sungai adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan potensial untuk dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. [6].

B. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 100 kW), yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator [7].

C. Prinsip Kerja PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik [8].

Komponen utama PLTMH adalah bangunan pengambilan (*Intake*), pintu *intak*, kolam pengendap, saluran pembawa (*waterway*), bak penenang (*Forebay*), pipa pesat (*penstock*), saluran pembuang (*tailrace*), turbin dan generator.

D. Kecepatan Aliran dan Debit

Kecepatan aliran sungai pada satu penampang saluran tidak sama, kecepatan aliran sungai ditentukan oleh bentuk aliran, geometri saluran dan faktor-faktor lainnya. Kecepatan aliran sungai diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap penampang sungai tersebut [9]. Pengukuran kecepatan aliran sungai maupun saluran irigasi dibutuhkan untuk menghitung sebuah debit aliran. Pengukuran menggunakan metode pelampung permukaan (*float*). Kecepatan aliran dengan metode pelampung permukaan menggunakan persamaan:

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

dengan v = Kecepatan (m/s); s = Jarak (m); t = Waktu (s)

Pengukuran luas penampang menjadi penting diketahui untuk menghitung debit air. Jika permukaan sungai tidak rata, maka perhitungan luas penampang dilakukan dengan membagi lebar sungai menjadi beberapa bagian dengan ukuran yang sama. Luas penampang diukur dengan menggunakan meteran dan piskal (tongkat bambu atau kayu).

$$A = \frac{L1.D1 + L2.D2 + L3.D3 + \dots + (n)}{(n)} \quad (2)$$

A= Luas Penampang (m²); L= Lebar sungai (m);
D= Kedalaman sungai (m).

Debit merupakan jumlah air yang mengalir didalam saluran atau sungai per unit waktu. Metode yang umum diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai dengan kecepatan aliran air. Penghitungan debit air dirumuskan:

$$Q = AV \quad (3)$$

dengan Q= Debit (m³/s); A= Luas penampang (m²);
V= Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

E. Daya yang Dibangkitkan

Besarnya daya yang dihasilkan merupakan fungsi dari besarnya debit sungai dan tinggi jatuh air. Besarnya debit yang dipakai sebagai debit rencana, bisa merupakan debit minimum dari maksimum, tergantung fungsi yang direncanakan PLTMH [10]. Besarnya daya turbin dirumuskan sebagai berikut:

$$Pt = g \times h \times Q \times \eta \quad (4)$$

dengan Pt = daya turbin (kW), g = gravitasi (m/s²), h = tinggi jatuh air (m), Q= debit air (m³/s); η = Efisiensi turbin (%).

Sedangkan untuk daya generator (Pg) dengan debit air saat normal adalah didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$Pg = Pt \times \eta_g \quad (5)$$

Dengan Pg = Daya generator (kW)

η_g = Efisiensi generator (%)

F. Pemilihan lokasi

Faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi strategis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah Debit air sungai, Tinggi jatuh air (*Head*), Kondisi geologis dan keadaan air, Faktor sosial dan ekonomi.

Pada penelitian ini penulis memilih lokasi strategis untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah di sungai Tangsi, sungai Elo dan sungai Progo. Sungai-sungai tersebut berada di wilayah Kota Magelang dan Kabupaten Magelang.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini meliputi studi literatur, proses pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang basah,

penghitungan debit sungai, analisis data dan kesimpulan pada proses perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Prtabel. Pada penelitian ini penulis melakukan pengukuran kecepatan aliran sungai dengan menggunakan metode pelampung permukaan dan pengukuran luas penampang. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang adalah: satu buah meteran, penggaris ukuran 1 meter, *Stopwatec*, kamera, benda apung; alat tulis; 2 buah patok dan tali plastik

Tahapan-tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Kecepatan Aliran

Sebelum menghitung debit air, maka langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengukur kecepatan air di sungai yang akan diteliti. Pengukuran penelitian ini adalah kecepatan air dilakukan dengan metode apung.

Hasil pengukuran kecepatan aliran sungai Tangsi pada percobaan jarak 3 meter dengan waktu tempuh rata-rata 4,65s diperoleh kecepatan aliran sebesar 0,64 m/s. Hasil pengukuran kecepatan aliran sungai Elo pada percobaan jarak 5 m dengan waktu tempuh rata-rata 4,57s diperoleh kecepatan aliran sebesar 0,79 m/s. Hasil pengukuran kecepatan aliran sungai Progo pada jarak 5 meter dengan waktu tempuh rata-rata 4,54s diperoleh kecepatan aliran 1,11m/s.

B. Pengukuran Luas Penampang

Pengukuran dimensi saluran seperti tinggi dinding saluran dan lebar luas penampang horizontal (L) setelah itu dibagi menjadi 3 bagian dengan ukuran yang sama. Pengukuran selanjutnya adalah kedalaman (D) di setiap 3 bagian. Hasil pengukuran Luas Penampang di sungai Tangsi diperoleh luas sebesar 0,366 m², Hasil pengukuran Luas Penampang di sungai Elo sebesar 0,803 m², Hasil pengukuran Luas Penampang di sungai Progo sebesar 0,840 m².

C. Penghitungan Debit Air

Hasil perhitungan Debit air di sungai Tangsi ditunjukkan pada Tabel 4.1 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil perhitungan debit air sungai Tangsi

Percobaan	Luas Penampang (m ²)	Kecepatan (m/s)	Debit Air (m ³ /s)
1	0,360	0,57	0,21
2	0,360	0,64	0,23
3	0,360	0,65	0,23
4	0,360	0,64	0,23
5	0,360	0,77	0,25
6	0,360	0,55	0,20
7	0,360	0,68	0,24
8	0,360	0,6	0,24
9	0,360	0,60	0,21
10	0,360	0,70	0,25
Rata-rata	0,360	0,649	0,233

Pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan debit air sungai Tangsi diperoleh debit air rata-rata pada luas penampang 0,360 m dan kecepatan aliran 0,649 m/s adalah sebesar 0,233m³/s.

Pada Tabel 4.2. Hasil perhitungan debit air sungai Elo, diperoleh debit air rata-rata pada luas penampang 0,30m dan kecepatan aliran 0,79m/s adalah sebesar 0,244 m³/s.

Pada Tabel 4.3. Hasil perhitungan debit air sungai Progo diperoleh debit air rata-rata pada luas penampang 0,84 meter dan kecepatan aliran 1,11 meter/detik adalah sebesar 0,93 m³/detik.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan debit air sungai Elo

Percobaan	Luas Penampang (m ²)	Kecepatan (m/s)	Debit Air (m ³ /s)
1	0,30	0,88	0,27
2	0,30	0,85	0,26
3	0,30	0,66	0,20
4	0,30	0,72	0,22
5	0,30	0,86	0,26
6	0,30	0,67	0,20
7	0,30	0,96	0,29
8	0,30	0,78	0,24
9	0,30	0,70	0,22
10	0,30	0,78	0,24
Rata-rata	0,30	0,79	0,244

Tabel 4.3. Hasil perhitungan debit air sungai Progo

Percobaan	Luas Penampang (m ²)	Kecepatan (m/s)	Debit Air (m ³ /s)
1	0,84	0,85	0,71
2	0,84	1,00	0,84
3	0,84	1,29	1,09
4	0,84	1,28	1,07
5	0,84	1,17	0,98
6	0,84	1,07	0,90
7	0,84	1,18	0,99
8	0,84	0,94	0,79
9	0,84	1,20	1,00
10	0,84	1,16	0,97
Rata-rata	0,84	1,11	0,93

D. Analisis Tinggi Jatuh Air

Sungai Tangsi, sungai Elo dan sungai Progo tidak mempunyai tinggi jatuh air. Jadi perlu direncanakan tinggi jatuh yang ideal, dengan kondisi lapangan memungkinkan dibangun tinggi jatuh air pada sungai Tangsi setinggi 2 meter, sungai Elo setinggi 2 meter dan sungai Progo 2 meter.

E. Pemilihan Turbin dan Generator

Hasil perhitungan debit air sungai Tangsi diperoleh debit air 0,233 m³/s, jadi turbin air yang cocok adalah turbin *Propeller*. Debit air sungai Elo 0,244 m³/s, jadi turbin air yang cocok adalah turbin *Propeller*. Debit air sungai Progo 0,93 m³/s, jadi turbin air yang cocok adalah turbin *Propeller*. Turbin *Propeller* mempunyai efisiensi turbin sebesar 0,90 dan efisiensi generator sebesar 0,95.

Daya turbin (Pt) sungai Tangsi diperoleh 4,12 kW sedang Daya generator (Pg) sebesar 3,914 kW. Generator yang cocok adalah generator kapasitas 5kW. Daya turbin (Pt) sungai Elo Pt yang diperoleh 4,30 kW dan Daya generatornya (Pg) sebesar 4,085 kW sedangkan Generator yang cocok adalah generator kapasitas 5 kW. Daya turbin (Pt) sungai Progo yang diperoleh sebesar 16,56 kW dan Daya generatornya (Pg) sebesar 15,732 kW sedangkan generator yang cocok adalah generator kapasitas 20 kW.

V. KESIMPULAN

- 1) Hasil pengukuran kecepatan aliran sungai didapatkan hasil sebagai berikut: sungai Tangsi 0,649m/s, sungai Elo 0,790m/s, dan sungai Progo 1,118 m/s.
- 2) Hasil pengukuran luas penampang sungai Tangsi 0,366 m², sungai Elo 0,308 m², dan sungai Progo 0,840m².
- 3) Hasil penghitungan debit air sungai Tangsi 0,233 m³/s, sungai Elo 0,244 m³/s, dan sungai Progo 0,939 m³/s.
- 4) Berdasarkan hasil survei lapangan sungai Tangsi, sungai Elo, dan sungai Progo tidak mempunyai *head* yang signifikan, sehingga turbin air yang sesuai adalah turbin *Propeller*.

- 5) Hasil penghitungan daya turbin (Pt) diperoleh sebagai berikut: sungai Tangsi 1,694kW, sungai Elo 1,769kW, dan sungai Progo 6,809 kW.
- 6) Hasil penghitungan daya generator (Pg) adalah sebagai berikut: sungai Tangsi 1,355 kW, sungai Elo 1,415 kW, dan sungai Progo 5,447 kW. Jadi generator yang sesuai untuk masing-masing sungai adalah sungai Tangsi memakai generator dengan kapasitas 5kW, sungai Elo memakai generator dengan kapasitas 5kW, sungai Progo memakai generator dengan kapasitas 5,5 kW.

REFERENSI

- [1] Arifin, Pembangkit Mikro Hidro Skala Pico Dengan Pemanfaatan Saluran Irigasi “ Penelitian PNBPN Lemlit UNG, 2007
- [2] Asdak, C. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta UGM Press, 1995
- [3] Dwiyanto V., Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai). Universitas Lampung. Bandar Lampung, 2016
- [4] Culp, Archi W. dan Sitompul, Darwin, Ir. *Prinsip Prinsip Konversi Energi*. Yudistira Jakarta, 1996.
- [5] Putro Y.S.S., Juwono P.T., Wicaksono P.H., Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. Jurnal Ilmiah Mahasiswa. Universitas Brawijaya, 2016.
- [6] Desmiwarman Dan Yandri Valdi Rizki. Pemilihan Tipe Generator Yang Cocok Untuk Pltmh Desa Guo, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Jurnal Teknik Elektro ITP, vol. 4, 2015
- [7] Erickson, A.J. , *Stormwater Treatment: Assessment and Maintenance*. University of Minnesota, St. Anthony Falls Laboratory. Minneapolis, MN, 2010.
- [8] Harvey, Manual Desing Mycrohydro Report on Standarisation of Civil Works for Small Microhydro Power Plant, UNINDO, 2003
- [9] Hendar, U., Desain, Manufacturing dan Instalasi Turbin Propeller Open Flume Ø 125 Mm di CV Cihanjuang Inti Teknik Cimahi Jawa Barat, Fakultas Teknologi Pertanian IPB Bogor, 2007.
- [10] Hartadi B., Perancangan Penstock, Runner, Dan Spiral Casing Pada Turbin Air Kaplan Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Sungai Sampanahan Desa Magalau Hulu Kabupaten Kotabaru Universitas Islam Kalimantan Banjarmasin, 2015.