

ANALISIS POTENSI DAYA LISTRIK ALIRAN SUNGAI CIBUNI

Riyani Prima Dewi

Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap
Jl Dokter Soetomo No.1, Cilacap 53212
riyanipadewi@gmail.com

Abstrak

Perkebunan Sinumbra yang terletak di Rancabali Kabupaten Bandung merupakan perkebunan dengan daerah pegunungan dan memiliki potensi air yang baik. Dengan adanya rencana pembangunan Agowisata di perkebunan area PTPN VIII, termasuk di perkebunan Sinumbra maka kebutuhan listrik daerah perkebunan akan meningkat. Dengan mencoba memanfaatkan potensi air dari sungai Cibuni yang mengalir di sepanjang perkebunan Sinumbra maka analisis hidrologi, perencanaan lokasi PLTM, dan pemilihan jenis turbin guna mengetahui daya listrik terbangkitkan dipaparkan dalam paper ini. dengan bantuan software simulator diketahui debit desain sebesar $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$, head efektif sebesar $59,4 \text{ m}$ dapat menghasilkan daya sebesar 1689 kW .

kata kunci : Debit desain, head efektif, PLTM.

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negara agraris dan memiliki kekayaan air yang berlimpah sangat potensial dikembangkannya air sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik baik skala besar maupun kecil. Potensi tenaga air tersebar hampir di seluruh Indonesia dan diperkirakan mencapai 75.000 MW , sementara pemanfaatannya baru sekitar 2,5 persen dari potensi yang ada [1]. Potensi tersebut dapat dimanfaatkan untuk percepatan pembangunan daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau jaring PLN.

Salah satu daerah yang memiliki potensi air yang besar adalah kabupaten Bandung, yang merupakan wilayah pegunungan. Kecamatan Rancabali salah satu kecamatan di kabupaten Bndung berjarak 60 KM dari kota Bandung, terletak di dataran tinggi yang memiliki iklim sejuk karena di kelilingi oleh pegunungan, hamparan perkebunan teh dan lahan pertanian masyarakat. Salah satu perkebunan BUMN yang berada di kecamatan Rancabali adalah perkebunan sinumbra.

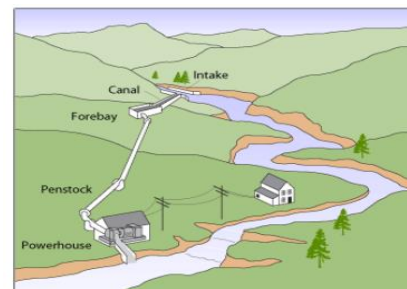
Perkebunan sinumbra merupakan salah satu perkebunan BUMN dibawah manajemen PTPN VIII. Karena letak geografis perkebunan khususnya di

perkebunan di wilayah PTPN VIII yang memiliki pemandangan yang indah membuat PTPN mengembangkan bisnis mereka di bidang agrowisata. Beberapa agrowisata telah didirikan di perkebunan teh PTPN VIII contohnya agrowisata Rancabali. Dengan dibangunnya agrowisata di daerah Rancabali, kebutuhan listrik daerah tersebut meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan listrik dan melihat potensi air di perkebunan sinumbra, maka penulis menyusun suatu kajian potensi listrik di perkebunan sinumbra dari aliran sungai Cibuni. Kajian ini dilakukan dengan data sekunder dan bantuan *software simulator* sebagai bahan pertimbangan kajian pembangunan PLTM di wilayah perkebunan Sinumbra.

2. KAJIAN PUSTAKA

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.

Konsep kerja pembangkit listrik tenaga air itu sendiri cukup sederhana, yaitu mengubah energi potensial air pada ketinggian menjadi energi putar mekanis dengan menggunakan turbin air dan kemudian energi mekanis tersebut diubah menjadi energi listrik menggunakan generator.



Gambar 2.1 Skema pembangkit tenaga air
Sumber: U.S. DOE EERE

Pada gambar 2.1 dapat dilihat skema dari pembangkit listrik tenaga air. Air pada sungai mengalir menuruni suatu ketinggian, di salah satu titik ketinggian air

dibendung untuk dialirkan pada saluran (pipa/penstock). Energi potensial air pada ketinggian tersebut kemudian dialirkan menuju turbin melalui penstock sehingga turbin berputar. Putaran turbin itu akan menggerakkan rotor generator yang akan menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan tersebut kemudian disesuaikan tegangannya dengan tegangan jaringan menggunakan transformator untuk disalurkan kepada konsumen.

Dari skema pembangkitan listrik tenaga air, dapat diambil besaran-besaran utama yang penting dalam analisis pembangunan PLTA tersebut. Besaran-besaran utama tersebut antara lain: *head*, debit air, potensi daya, dan efisiensi.

Head adalah perbedaan ketinggian dua titik pada kolom cairan dan menghasilkan tekanan pada titik yang lebih rendah. Atau dikenal dengan perbedaan ketinggian permukaan air bagian atas dengan bagian bawah tempat turbin diletakkan. Debit adalah kapasitas aliran (*Q*) yang merupakan sejumlah kubik (volume) cairan yang dipindahkan dalam waktu tertentu, biasanya diberikan satuan m³/s. Umumnya suatu sumber air, kapasitas alirannya berubah-ubah tergantung dari besar kecilnya curah hujan dan beberapa faktor lainnya.

Sedangkan daya yang dapat dikonversikan adalah energi per satuan waktu, dalam hal ini per detik, dan volume per detik adalah debit, sehingga persamaan daya menjadi:

$$P = (\rho \cdot Q \cdot g \cdot H) \eta \text{ kW}$$

Dengan :

P = Potensi daya listrik (kW)

ρ = massa jenis air [kg/m³]

H = head (ketinggian jatuh air) [m]

Q = debit air [m³/s]

g = percepatan gravitasi bumi [m/s²]

η = efisiensi total efisiensi sistem (turbin, generator, dan pekerjaan sipil)

Kini telah banyak dilakukan penelitian tentang pembangkit listrik tenaga minihidro terutama tentang kajian kelayakan pembangunan PLTM. Penelitian mengenai analisis daya pembangkit listrik tenaga minihidro di Perkebunan Malabar menyimpulkan daya terbangkitkan 2700 KW dengan debit rata-rata 3 m³/s dan *head* efektif 100 m [2].

Penelitian mengenai *Matlab Based Simulation of Components of Small Hydro-Power Plants*

mengembangkan model pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala kecil untuk listrik pedesaan menggunakan simulasi MATLAB. Hasil simulasi menunjukkan kemungkinan bahwa sumber energi terbarukan atau alternatif akan menggantikan sumber energi konvensional di masa depan untuk daerah pedesaan [3].

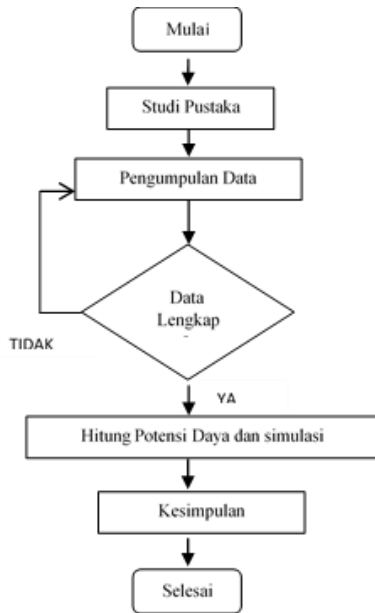
3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tinjauan Pustaka, dilakukan dengan mempelajari buku referensi, makalah, artikel, maupun sumber-sumber lainnya yang berhubungan dengan pembangkit listrik tenaga air.
2. Pengambilan sample data lokasi dari pihak-pihak yang berwenang.
3. Melakukan analisis debit desain menggunakan *flow curve duration*.
4. Melakukan pendekatan pengukuran lapangan dengan *software* untuk mendapatkan data yang belum tercatat seperti:
 - Mengidentifikasi kemungkinan site untuk dibangun menjadi area pembangkit
 - Mengukur *head* yang tersedia dari *site*
 - Mengidentifikasi lokasi kemungkinan penempatan *power house*
5. Penghitungan potensi daya listrik yang dapat dihasilkan.
6. Kesimpulan dan penulisan laporan penelitian

Berikut adalah *flowchart* penelitian :



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.2 Data dan Software

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data debit harian sungai Cibuni selama 10 tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG Kabupaten Bandung
2. Data ketinggian wilayah perkebunan Sinumbra yang diperoleh dari *Google Earth*

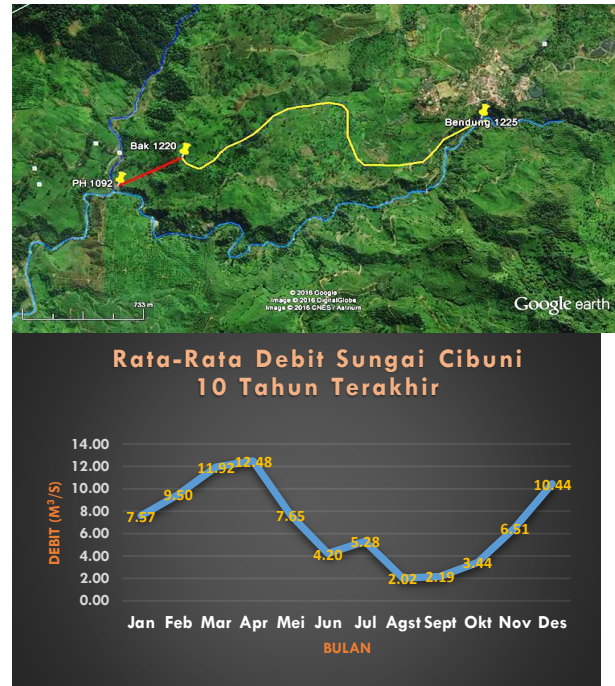
Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Ms. Excle* digunakan dalam mengolah data debit sungai untuk menghasilkan debit desain
2. *TURBNPRO* untuk memilih turbin yang digunakan dan estimasi daya terbangkitkan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

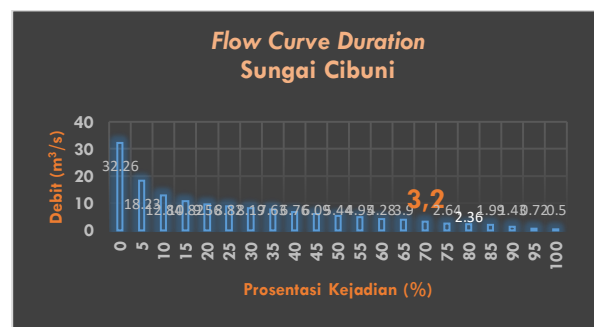
4.1 Analisis Hidrologi

Analisis ini dilakukan untuk memperoleh nilai debit desain. debit desain ini dihitung berdasarkan metode *flow curve duration*. Rata-rata debit harian sungai Cibuni selama 10 tahun terakhir adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Rata-rata Debit Sungai Cibuni Sepuluh Tahun Terakhir

Rata-rata debit sungai terendah terjadi di bulan Agustus yaitu sebesar 2,02 m³/s sedangkan rata-rata debit tertinggi terjadi di bulan April sebesar 12,48 m³/s. Berdasarkan grafik diketahui bahwa sungai Cibuni tidak pernah mengalami kekeringan selama sepuluh tahun terakhir. Hal ini merupakan potensi yang baik bagi pembangunan PLTM. Untuk menentukan debit desain, maka dibuat *flow curve duration* dari rata-rata debit harian sungai Cibuni. Berikut adalah *flow curve duration* sungai Cibuni.



Gambar 4.2 Flow Curve Duration Sungai Cibuni

p-ISSN: 2301-6949
e-ISSN : 2715-5064

Dari analisis flow curve duration diatas dengan kejadian 70% yang digunakan untuk pembangkit listrik maka nilai debit desain adalah sebesar 3,2 m³/s, debit ini mencukupi dan terjamin ketersediaannya.

4.2 Analisis pemilihan Lokasi

Daerah yang dipilih untuk *power house* berdasarkan pengukuran *head* yang paling optimum dan pembangunan *tailwater* untuk mengalirkan air yang keluar dari turbin. Nilai *head* ini akan berpengaruh salah satunya untuk penentuan jenis turbin dan nilai daya listrik yang dapat dibangkitkan.

Gambar 4.3 Rencana Lokasi *Power House*

Gambar 4.3 menjelaskan rancangan pemilihan lokasi untuk *power house*. Dari aliran sungai akan dibendung sehingga air bisa dipisah antara air yang digunakan untuk PLTM dan air yang mengalir di sungai untuk kebutuhan perkebunan. Dari bendungan air dialirkan menuju bak penampungan melalui *waterway*. Rencana pembangunan *waterway* berdasarkan survey lokasi ditunjukkan oleh garis kuning pada gambar 4.3. *Head* di hitung dari bak penampungan sampai ke *powerhouse*, sedangkan *head* efektif dihitung setelah mengurangi *head* terukur dengan rugi-rugi [referensi]. *Head* efektif dari rencana PLTM ini terhitung sebesar 59,4 m.

Setelah di ketahui debit dan *head* maka secara teoritis kapasitas daya terbangkitkan dapat dihitung dengan sebagai berikut:

$$P = (\rho \cdot Q \cdot g \cdot H \cdot \eta)$$

$$P = (997 \cdot 3,2 \cdot 9,8 \cdot 59,4 \cdot 0,8)$$

$$P = 1.671 \text{ kW}$$

4.3 Simulasi menggunakan TURBNPRO

Berdasarkan *head* dan debit yang telah diperoleh maka untuk pemilihan turbin didasarkan pada grafik *turbine application chart*. Turbin yang sesuai untuk pembangkit ini adalah turbin Francis. Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi yang memiliki blade (sudu putar) statis namun *guide-vanenya* dapat bergerak. *Guide-vane* (sudu pengatur aliran) ini sangat berguna pada kondisi dengan debit air yang tidak tetap. Maka dilakukan simulasi pada TURBNPRO dengan memilih menu Turbin Francis.

Berikut data hasil simulasi :

A. Data input

Parameter	Value	Unit
Rated Discharge	3.2000	m ³ /s
Net Head at rated discharge	59.4000	meters
Site Gross Head	59.7000	meters
Site Elevation	125	meters
Water Temperature	28	degrees C
Desired unit setting to tailwater	3	meters
Efficiency Priority at max output	9	(0 to 10)
System Frequency	50	Hz
Minimum Net Head	50	meters
Maximum Net Head	59.7000	meters

Gambar 4.4 Data Entri pada TURBNPRO

B. Pilihan Solusi Hasil Simulasi

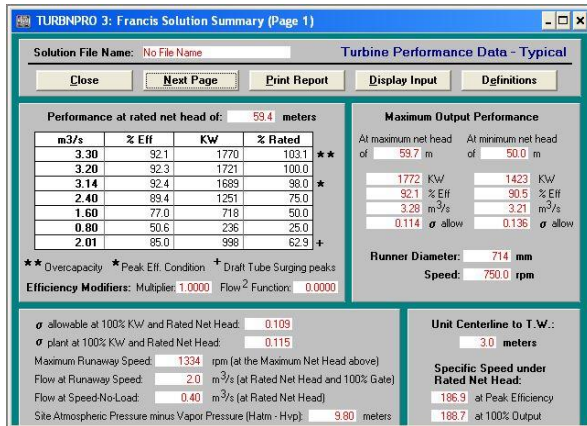
Solution Number	Runner Diameter (Millimeters)	Runner Diameter (Inches)	Unit Speed (rpm)	Specific Speed (NS)	Centerline Setting (meters)
1	714	28.1	750.0	187	3.3
2	778	30.6	600.0	150	5.5
3	838	32.9	500.0	125	6.7
4	885	34.8	428.6	107	7.4
5	928	36.5	375.0	94	7.7
6	966	38.0	333.3	83	7.9
7	997	39.3	300.0	75	8.1
8	1026	40.4	272.7	68	8.2
9	1046	41.2	250.0	62	8.3
10	1053	41.5	230.8	58	8.4

Preliminary Output: 1693 KW

Gambar 4.5 Alternatif solusi hasil Simulasi

Dari kelima pilihan solusi diatas, dalam penelitian ini dipilih solusi no 1 yaitu turbin dengan ukuran diameter runner 714 mm, kecepatan raya-ratanya 750 rpm, dan kecepatan spesifik nya sebesar 187 NS. Pemilihan ini dengan pertimbangan bahwa dengan diameter turbin yang lebih kecil maka biaya akan lebih murah, desain lebih mudah, diameter pipa pesat tidak terlalu besar dan head rugi-rugi nya tidak besar. Sedangkan untuk kecepatan putar turbin yang lebih cepat maka akan lebih mudah dalam mengubah kecepatan putaran turbin ke putaran generator. Hal ini disebabkan karena lebih mudah mencari jenis transmisi mekanik untuk meningkatkan kecepatan dan jenis generator yang digunakan.

C. Karakter dan Daya Guna Turbin



Gambar 4.6 Karakteristik dan Daya Guna Turbin

Efisiensi terbaik justru dicapai saat nominal *head* efektif rata-rata dengan nilai 98% pada debit 3,14 m³/s dengan daya yang diperoleh sebesar 1689 kW. Selain itu, Gambar 4.6 diatas juga memberikan informasi bahwa pada debit 3,30 m³/s, turbin masih bisa dioperasikan akan tetapi nilai ini telah masuk pada

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data debit harian dari Pos Duga Sungai Cibuni, debit rata-rata bulanan 10 tahun terakhir sungai Cibuni diatas 2 m³/s, dengan nilai terendah 2,02 m³/s dan nilai tertinggi 12,48 m³/s.
2. Debit desain PLTM ditentukan dengan analisis *flow curve duration* sebesar 3,2 m³/s.
3. *Head efektif* yang di peroleh di lokais pembangkit adalah sebesar 59,4 meter.
4. Melalui perhitungan manual menggunakan persamaan empiris diperoleh besarnya daya listrik yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1.671 kW.
5. Dengan nilai *head* sebesar 59,4 meter jenis turbin yang cocok untuk pembangkit ini adalah turbin Francis, dan dengan bantuan software TURBNPRO telah disimulasikan menggunakan data masukan yang ada maka didapatkan karakter turbin Francis sebagai berikut; ukuran diameter 714 mm, kecepatan putar rata-rata 750 rpm, kecepatan spesifik turbin 187 NS.
6. Berdasarkan simulasi, karakteristik dayaguna turbin memiliki nilai efisiensi terbaik sebesar

kategori *overcapacity* sehingga nilai ini dihindari dalam prakteknya.

Saat beban nol pada *head efektif* maksimum, kecepatan putaran turbin bernilai 1334 rpm. Ini merupakan rating *overspeed* turbin yang harus diperhatikan saat pemilihan generator. Sedangkan saat *guide vane* nya terbuka maksimum pada *head efektif* rata-rata, debit yang mengalir lewat turbin sebesar 2 m³/s.

Kecepatan spesifik turbin saat efisiensi puncak pada *head efektif* rata-rata adalah 186,9 NS sedangkan saat 100% output adalah sebesar 188,7 NS. Dari data diatas dapat diamati bahwa perbedaan *elevasi* tempat, besar *head*, dan besar rugi-rugi *head* berpengaruh pada besarnya nilai kecepatan spesifik turbin.

98 % pada debit 3,14 m³/s dengan *head efektif* sebesar 59,4 m.

7. Pada *head efektif* sebesar 59,4 m turbin akan mengalami kavitasi bila nilai debit yang mengalir pada turbin lebih dari 3,30 m³/s.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] LIPI, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*, 2005.
- [2] Riyani Prima Dewi. 2017. *Studi Potensi Energi Listrik Aliran Sungai Cilaki di Perkebunan Malabar*. Bandung: ITB.
- [3] Saka, A. 2008. *Studi Perencanaan PLTMH 1 x 12 kW sebagai Desa Mandiri Energi di Desa Karangsewu, Cisewu, Garut, Jawa Barat*. Surabaya: ITS Surabaya.
- [4] Mukmin Widyanto Atmopawiro. *PLTM Curug Malela, Studi Kelayakan*. Pusat Studi Mikrohidro ITB. Bandung: 2008.
- [5] Danny Samuel Pelupessy, *Pemilihan Type Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*, Jurnal Teknologi Volume 9, 2012.