

## Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Cilaki Kapasitas 5000 kW

Saepul Rahmat<sup>1</sup>, Hendi Purnata<sup>2</sup>, Afrizal Abdi Musyafiq<sup>3</sup>,

1. Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia | saepulrahmat06@gmail.com

2. Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia | hendipurnata@gmail.com

3. Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia | afrizal.abdi.m@gmail.com

### Abstrak

Tenaga air telah digunakan untuk berbagai kebutuhan tenaga (energi) sejak lama, mulai dari teknologi sederhana (seperti kincir air di pedesaan) hingga teknologi yang kompleks dengan menggunakan berbagai turbin. Ada banyak sungai di Kabupaten Garut di Jawa Barat yang bisa berkembang menjadi pembangkit listrik dari kecil hingga besar. Sungai Cilaki merupakan salah satu sungai yang dapat dimanfaatkan dan berpotensi untuk menghasilkan listrik pada skala hidroelektrik kecil. Studi kelayakan dimulai dengan analisis hidrologi, perhitungan daya dan energi, perencanaan peralatan mekanik dan listrik, analisis ekonomi dan analisis lingkungan. Hasil analisis hidrologi Sungai Cilaki menunjukkan bahwa sungai tersebut berpotensi memiliki debit tahunan yang stabil sebesar 4,2 m<sup>3</sup>/s dengan probabilitas debit 70%. Ketinggian pipa *penstock* pembangkit listrik tenaga minihidro ini adalah 100,5 m, sehingga efisiensi turbin masing-masing generator dengan turbin Francis horizontal adalah 90% dan masing-masing dapat menghasilkan 3.500 kW dan 1.576 kW. Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa rencana pembangunan pembangkit listrik tenaga minihidro dengan biaya investasi Rp 63.660.430.800,00 layak karena selisih antara nilai arus kas yang masuk dengan nilai arus kas keluar masih positif 39.528 dan tingkat pengembalian dari modal proyek 19,69% masih lebih tinggi dari suku bunga pinjaman 14%.

### Kata Kunci

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro, Turbin Francis, Sungai Cilaki, Energi Terbarukan

## 1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga air telah digunakan untuk berbagai kebutuhan tenaga (energi) sejak lama, mulai dari teknologi yang sederhana (seperti kincir air yang banyak dijumpai di pedesaan) hingga teknologi yang kompleks dengan menggunakan berbagai turbin. Pemerintah mengeluarkan kebijakan ketenagalistrikan melalui Peraturan Pemerintah No. 5 Mei 2005 yang menyatakan bahwa untuk menjamin ketersediaan energi primer untuk pembangkit tenaga listrik, penggunaan energi harus mengutamakan penggunaan energi terbarukan. Untuk mencapai target laju elektrifikasi 99% pada tahun 2021, diperlukan catu daya dengan kapasitas yang cukup dan dekat dengan pusat beban untuk memastikan kualitas daya yang dihasilkan. Ada banyak sungai di Kabupaten Garut di Jawa Barat yang bisa berkembang menjadi pembangkit listrik dari kecil hingga besar. Sungai Cilaki merupakan salah satu sungai yang dapat dimanfaatkan dan berpotensi untuk menghasilkan listrik pada skala hidroelektrik kecil. Pembangkit listrik Minihidro bergantung pada perpindahan, ketinggian (ketinggian jatuh) dan efisiensi (Septiani 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengumpulkan semua data pendukung yang tersedia untuk menganalisis kelayakan PLTM, menentukan besaran pembangkit berdasarkan produksi energi yang diharapkan, dan menarik kesimpulan dari berbagai aspek seperti teknologi, keuangan dan lingkungan. Ridwan Arief Subekti melakukan penelitian di wilayah Kabupaten Garut, namun menggunakan objek sungai yang berbeda yaitu Sungai Cikawung. Penelitian ini menggunakan analisis hidrologi, perhitungan listrik dan energi, perencanaan kelistrikan, dan analisis ekonomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Cikawung dengan debit aliran 2,0 m<sup>3</sup>/s dan *head* 200 m dan 330 m akan menggunakan dua buah turbin Pelton dengan potensi daya listrik sebesar 4.719 kW. (Ridwan Arief Subekti, 2015)

penelitian serupa di DAS yang sama di Sungai Cilaki secara lebih spesifik untuk meneliti peralatan listrik yang akan dipasang di PLTM Cilaki. PLTM Cilaki dengan ketinggian 62,5 m dan volume debit 2,33 m<sup>3</sup>/s akan memutar satu sudu turbin Francis dengan 5 sudu. Putaran bilah turbin akan memutar generator tiga fasa berkapasitas 1.500 kVA / 1.200 kW dengan kecepatan 1.500 rpm (Ahmad Luthfi dkk, 2010)

Penelitian lain menunjukkan bahwa analisis siklus hidrologi sangat penting dalam studi kelayakan pembangkit, karena akan mempengaruhi siklus banjir tahunan dan aliran sungai. Setelah mendapatkan data hidrologi dan volume drainase, langkah selanjutnya adalah memasukkan parameter ke dalam data input program TURBNPRO. Riyani juga melakukan penelitian tentang desain simulasi model turbin dengan menggunakan metode CFD. Berdasarkan hasil simulasi, turbin sungai dengan debit 1,52 m<sup>3</sup> / s merupakan turbin Francis dengan efisiensi 88,24% dan daya total 1,43 MW (Riyani Prima Dewi, 2018).

Penelitian jenis turbin yang dilakukan di PLTMH Cilaki telah dilakukan dengan menghitung nilai *water head* dan aliran air, kemudian menentukan jenis turbin yang akan digunakan. Berdasarkan data survei, diadopsi tipe turbin Francis dengan 12 sudu, diameter poros 95,7 mm, dan tinggi *head* 60 m dan laju aliran 2,33 m<sup>3</sup>/s. Tenaga yang dihasilkan pada 1.000 rpm adalah 1.090,56 kW (Maridjo dkk, 2020)

Berdasarkan permasalahan di atas, belum ada studi yang komprehensif tentang kelayakan PLTMH Cilaki dari segi hidrologi, teknologi, ekonomi dan lingkungan. Melalui studi kelayakan PLTMH Cilaki diharapkan dapat dijadikan sebagai usulan pemerintah daerah dan masyarakat tentang potensi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Sungai Cilaki, dan juga dapat dijadikan sebagai bahan pengetahuan masyarakat untuk menggunakan air sungai sebagai sumber energi baru yang terbarukan.

## 2. Metode

### 1) Deskripsi Wilayah Pembangunan PLTM

Rencana pemilihan lokasi pembangunan PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro) berlokasi di Desa Sulaksana, Kabupaten Garut Kecamatan Talegong. Secara administratif Kabupaten Garut berbatasan dengan Kabupaten Bandung dan Kabupaten Sumedang di sebelah utara, Kabupaten Cianjur di sebelah barat, Kabupaten Tasikmalaya di sebelah timur, dan Samudera Indonesia di sebelah selatan. Lokasi PLTM berada di dekat Sungai Cilaki yang bersebelahan dengan jalan raya di Kabupaten Garut di Desa Sukalaksana. Peta lokasi rencana pembangunan PLTM ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini:



**Gambar 1.** Peta Lokasi Rencana Pembangunan PLTM Cilaki (RIPJM Kab Garut 2019)

Menurut arah alirannya, sungai-sungai di wilayah Kabupaten Garut terbagi menjadi dua cekungan (DAS), yaitu daerah aliran utara yang mengalir ke Laut Jawa dan cekungan selatan yang mengalir ke lautan Indonesia. Dibandingkan dengan cekungan utara, cekungan selatan biasanya relatif pendek, sempit dan berbentuk lembah. Cekungan utara merupakan bagian utara cekungan Cimanuk, sedangkan cekungan selatan merupakan cekungan Cikaengan dan sungai Cilaki. Kabupaten Garut memiliki 33 sungai dan 101 anak sungai dengan total panjang 1.397,34

km. Sepanjang 92 km merupakan aliran Sungai Simanuk yang terdiri dari 58 anak sungai (Pemda Kabupaten Garut, 2013).

## 2) Metode Pengumpulan Data

Dalam studi kelayakan rencana pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) kecil dilakukan proses pendataan yang digunakan untuk menentukan parameter pembangunan PLTM Cilaki. Studi kelayakan dimulai dengan analisis hidrologi, perhitungan daya dan energi, perencanaan peralatan mekanik dan listrik, analisis ekonomi dan analisis lingkungan. Langkah-langkah ini digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat.

Analisis hidrologi dalam penelitian ini menggunakan data iklim (PSDA, Jawa Barat, 2020) yang diperoleh dari stasiun pemantauan meteorologi terdekat (stasiun iklim Pangalengan dari tahun 2018 hingga 2020). Selain itu, metode Penman digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial dari lokasi rencana PLTM, dan metode Moch digunakan untuk menghitung debit sungai bulanan. Kemudian, persamaan Weibull digunakan untuk menganalisis probabilitas kemunculan data aliran sungai untuk menentukan nilai aliran yang dapat diandalkan. Selain itu, aliran Sungai Cilaki diverifikasi dengan pengukuran aliran sesaat. Perencanaan bangunan sipil dan komponen kelistrikan mekanik dalam penelitian ini mengacu pada daya potensial dan energi listrik yang dapat dihasilkan PLTM.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 1) Analisis Hidrologi

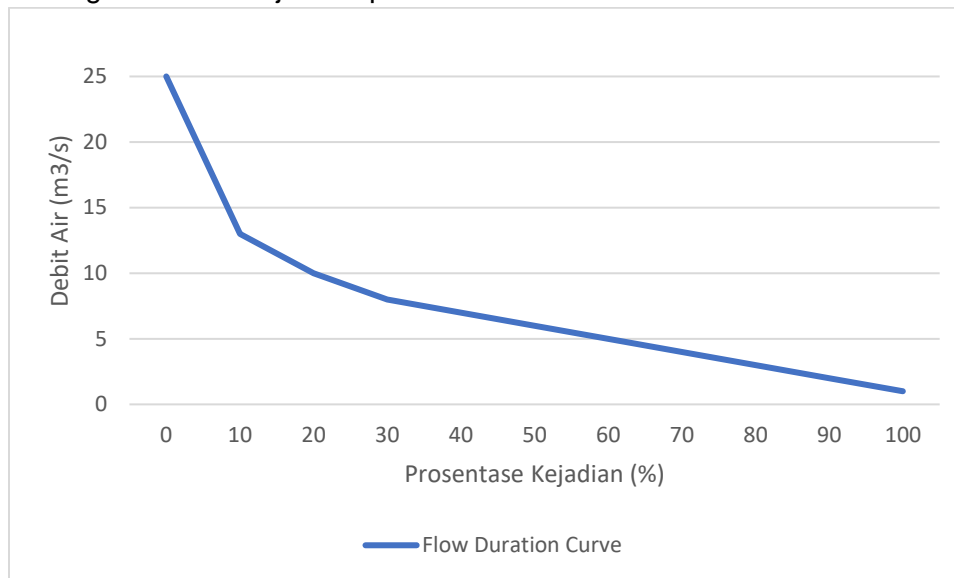
Hidrologi merupakan ilmu yang berkaitan dengan sifat, fenomena dan persebaran air, khususnya persebaran air di darat (Purwanto, 2011). Tidak terkecuali rencana pembangunan PLTA kecil yang dilaksanakan di Kabupaten Garut, aliran air merupakan bagian penting dari kehidupan khususnya lingkungan sekitar yaitu masyarakat yang berhubungan langsung dengan aliran air. Dalam hal ini kondisi hidrologi meliputi iklim, daerah aliran sungai, dan curah hujan termasuk perubahan iklim, yang merupakan parameter acuan yang mempengaruhi kurva durasi dalam pengembangan mikro-multi aliran limpasan. Data debit andalan tahunan Sungai Cilaki dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1.** Debit Andalan PLTM Cilaki

Prob	Debit andalan per bulan (m3/det)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
50%	7.37	10.54	9.36	9.16	6.64	5.24	3.86	2.94	2.12	1.83	5.09	7.42
60%	6.69	9.75	8.73	8.30	5.87	4.88	3.55	2.70	1.97	1.70	3.73	6.51
70%	6.24	7.96	8.15	7.38	5.56	4.41	3.23	2.39	1.84	1.60	2.86	5.80
80%	5.67	6.17	7.82	6.98	5.25	4.15	3.00	2.14	1.67	1.43	2.16	4.71
90%	5.02	5.22	6.53	6.11	4.63	3.47	2.61	1.87	1.33	1.05	1.59	3.40
100%	3.86	3.85	4.58	4.65	3.64	2.68	2.08	1.47	1.05	0.82	0.78	1.51

Karena peluang menggunakan aliran sungai sangat kecil, perhitungan perpindahan dengan probabilitas 0-5% tidak digunakan dalam studi ini. Dari hasil perhitungan debit rata-rata diketahui

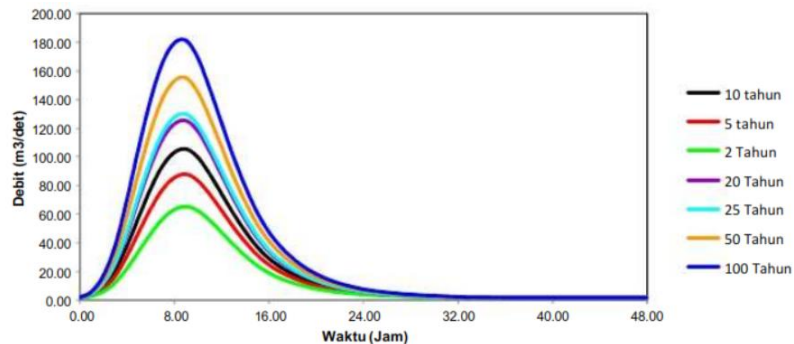
aliran minimum Sungai Cilaki terjadi pada bulan November, dan aliran maksimum terjadi pada bulan Februari. Persamaan Weibull digunakan untuk menghitung kurva durasi aliran (FDC) dengan parameter debit aliran sungai, jumlah hari terjadinya, dan probabilitas debitnya. Kurva durasi aliran Sungai Cilaki ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini:



**Gambar 2.** *Flow Duration Curve* Sungai Cilaki

Dari Gambar 2 terlihat debit maksimum Sungai Cilaki sekitar 13,39 m<sup>3</sup>/s, probabilitas terjadinya dalam satu tahun adalah 10%, dan debit minimum 0,78 m<sup>3</sup>/s. Bisa dipastikan, meski pada musim kemarau, air sungai tidak akan mengering. Penentuan debit utama menurut kurva durasi aliran dipilih berdasarkan debit dengan tingkat keandalan tertentu sehingga generator dapat bekerja dengan sebaik-baiknya untuk satu tahun. Untuk keperluan PLTM, 70% debit andal digunakan atau dengan kata lain ada kemungkinan 70% debit yang terjadi lebih besar dari atau sama dengan debit yang ditentukan. Sebagai Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, debit yang dapat diandalkan sebesar 4,2 m<sup>3</sup>/s diperoleh dengan probabilitas 70%. perhitungan tersebut juga termasuk perhitungan untuk kebutuhan ekologi dari sistem irigasi di dekat lokasi PLTM, sehingga tidak akan mempengaruhi kebutuhan air sawah.

Saat merancang bendung pada pembangkit listrik tenaga air dengan menggunakan pendekatan *runoff river* (RoR), diperlukan analisis pelepasan banjir. Melalui analisis ini, kita dapat menemukan kemungkinan bahwa debit aliran dapat melebihi batas maksimum kolam penampung yang mungkin terjadi dalam kurun waktu tertentu. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan analisis lengkap debit banjir:



**Gambar 3.** Grafik Unit Hidrograf Satuan

Seperti terlihat pada gambar di atas, debit banjir tahunan tertinggi sebesar 185 m<sup>3</sup>/s adalah debit banjir reguler setiap 100 tahun. Berdasarkan probabilitas kejadian dan mempertimbangkan umur generator, arus tahunan yang akan dihitung adalah debit banjir tahunan setiap 20 tahun, dan nilainya 115 m<sup>3</sup>/s.

## 2) Analisis Teknis

Peta lokasi PLTM Cilaki terletak di Desa Sukalaksana, Kabupaten Garut Kecamatan Talegong. Lokasi desa Sulaksana sangat mudah dijangkau. Secara umum, Wilayah Sungai Cilaki yang luasnya ± 117,36 km persegi terpelihara dengan baik. Bagian hulu sungai merupakan hutan lindung dan area persawahan. Lokasi PLTM yang direncanakan memiliki dasar kemiringan sungai Cilaki ± 4%. Berdasarkan hasil penelitian lapangan, parameter utama PLTM Cilaki dapat ditentukan sebagai berikut:

**Tabel 2.** Parameter Utama PLTM Cilaki

No	Parameter	Keterangan
1	Lokasi	
	Bendung	781702.219 E; 9194956.806 N
	Headpond	781120.500 E; 9193935.268 N
	Powerhouse	781238.374 E; 9193636.268 N
2	Nama Sungai	Cilaki
3	Catchment Area	117,36 km <sup>2</sup>
4	Debit Banjir (Q <sub>50 th</sub> )	115,10 m <sup>3</sup> /s
5	Debit Desain (Q <sub>70%</sub> )	4 m <sup>3</sup> /s
6	Tinggi Jatuh Kotor (H <sub>gross</sub> )	100,2 m

Penentuan kapasitas genset dilakukan dengan menghitung setiap genset yang akan dipasang dengan konfigurasi mesin yang berbeda. Dengan memasukkan parameter generator, rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung besarnya listrik yang dapat dihasilkan setiap unit pembangkit:

$$P = \rho . g . Q . h \quad \text{Pers. (1)}$$

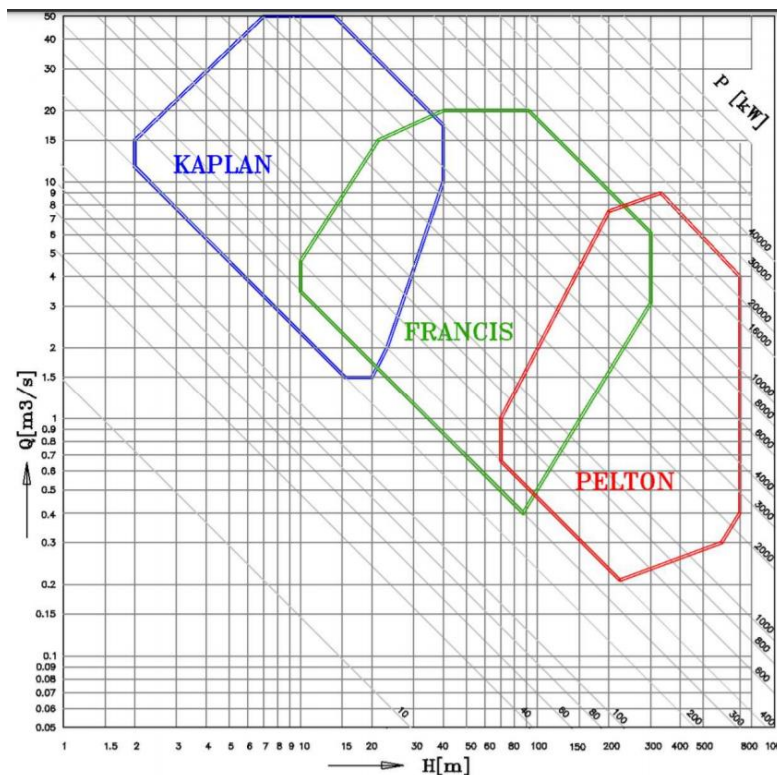
Dimana  $P$  adalah pembangkit listrik  $p$  adalah massa jenis air ( $\text{kg} / \text{m}^3$ ),  $g$  adalah gravitasi ( $\text{m}/\text{s}^2$ ), dan  $H_{\text{nett}}$  adalah tinggi bersih pipa bertekanan (Dietzel, 1990). Kapasitas produksi dapat dilakukan dengan memasukkan *displacement* sesuai dengan kurva durasi aliran PLTM Cilaki, memasukkan parameter ketinggian, dan efisiensi turbin ke dalam persamaan (1) maka desain kapasitas mesin PLTM Cilaki adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Konfigurasi Mesin PLTM Cilaki

No	Parameter	Unit 1	Unit 2
1	Ketinggian	100,5 m	100,5 m
2	Debit Air	4,2 $\text{m}^3/\text{s}$	1,8 $\text{m}^3/\text{s}$
3	Efisiensi Turbin	90%	90%
4	Daya Keluaran	3.600 kW	1.576 kW

### 3) Analisis Pemilihan Turbin

Kriteria pemilihan jenis turbin hidrolik dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis turbin hidrolik, terutama untuk desain yang sangat khusus. Biasanya pihak pabrikan turbin akan mempublikasikan jenis turbin *chart* yang sesuai berdasarkan parameter ketinggian dan aliran untuk memudahkan pembeli dalam menentukan jenis turbin yang sesuai. Di bawah ini adalah contoh diagram turbin yang disediakan oleh pabrikan turbin.



Gambar 4. Grafik Pemilihan Jenis Turbin

Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa pemilihan turbin PLTM Cilaki memiliki satu turbin terletak di area turbin Francis, dan turbin kedua berada di dua area yaitu turbin Francis atau turbin Pelton. Dari dua area pemilihan turbin tersebut, penggunaan turbin Francis lebih direkomendasikan karena menyesuaikan debit aliran yang bervariasi. Hal ini juga sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, jika dibandingkan dengan dua turbin Pelton dan turbin aliran silang lainnya (> 1 MW) rentang operasi turbin Francis adalah 40% hingga 100% (ESHA, 2004). Parameter desain turbin yang digunakan di PLTM Cilaki adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.** Konfigurasi Turbin PLTM Cilaki

No	Parameter	Unit 1	Unit 2
1	Ketinggian	100,5 m	100,5 m
2	Debit Air	4,2 m <sup>3</sup> /det	1,8 m <sup>3</sup> /det
3	Tipe Turbin	Francis Horizontal	Francis Horizontal
4	Efisiensi Turbin	90%	90%
5	Daya Keluaran	3.600 kW	1.576 kW
6	Rotasi Turbin	750 rpm	1000 rpm

#### 4) Generator

Beberapa parameter harus diperhatikan saat menentukan dan memilih jenis generator untuk pembangkit listrik tenaga air kecil (PLTM). Generator hidroelektrik umumnya memiliki nilai kecepatan putar yang lebih tinggi daripada generator yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga diesel, uap, dan turbin gas (E. Sukiyah et al., 2012). Generator harus sesuai untuk operasi terisolasi (dengan beban terpisah) atau untuk bekerja secara paralel dengan jaringan atau generator lain. Parameter pemilihan generator yang sesuai dengan karakteristik PLTM Cilaki adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.** Konfigurasi Generator PLTM Cilaki

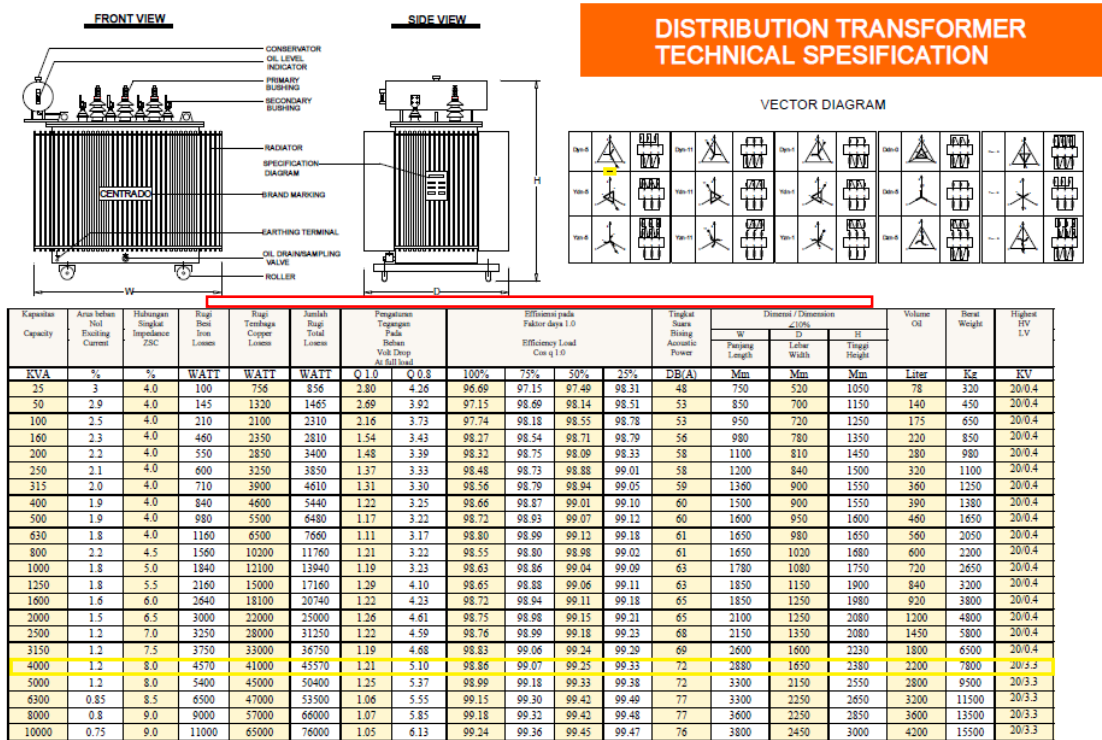
No	Parameter	Unit 1	Unit 2
1	Kapasitas	≥ 3.600 kW	≥ 1.576 kW
2	Tegangan	6,3 kV	6,3 kV
3	Frekuensi	50 Hz	50 Hz
4	Faktor Daya	≥ 0,8	≥ 0,8
5	Tipe Fasa	Sinkron 3 fasa	Sinkron 3 fasa
6	Kecepatan	750 rpm	1000 rpm
7	Kelas Isolasi	Kelas F	Kelas F
8	Sistem Pendingin	Isolasi Sendiri dan Pendingin Udara	Isolasi Sendiri dan Pendingin Udara
9	Sistem Eksitasi	<i>Brushless</i>	<i>Brushless</i>

#### 5) Transformator

Untuk menyalurkan tenaga yang dihasilkan dari genset dan interkoneksi dengan jaringan PLN, PLTM Cilaki harus dilengkapi dengan dua buah step up transformer 6,3 kV / 20 kV, tiga fasa, 50 Hz dengan kapasitas 1 (satu) unit, masing-masing berkapasitas 1 (satu) unit. Kapasitas 4.500 kVA, 1 (satu) unit kapasitas 2.000 kVA dan 1 (satu) trafo *step-down* 20 / 0.4kV tiga fasa 50



Hz untuk penggunaan sendiri. Jenis trafo yang digunakan adalah *outdoor* dengan pendingin oli (ONAN), dan vektor diagramnya disesuaikan dengan sistem jaringan TM 20 kV PLN Area Garut. Gambar 5 adalah spesifikasi transformator untuk digunakan sendiri:



Gambar 5. Spesifikasi Trafo PLTM Cilaki

## 6) Analisis Ekonomi

Analisis keuangan adalah kegiatan analisis yang bertujuan untuk menentukan tingkat kelayakan proyek yang direncanakan dari perspektif keuangan. Rencana tinjauan keuangan operasional PLTM memiliki masa kontrak 20 tahun dengan PLN. Perkiraan biaya investasi Pembangkit Listrik Tenaga (PLTM) Cilaki Minihidro dengan total kapasitas investasi 5 (lima) MW meliputi biaya teknik dan investasi, biaya pembebasan lahan, biaya teknik listrik dan mesin, serta pajak pertambahan nilai.

Pekerjaan elektromekanis meliputi perancangan, pengadaan, pengangkutan, pemasangan dan pengujian semua peralatan elektromekanis di pembangkit listrik. Perkiraan biaya teknik mesin dan kelistrikan didasarkan pada harga dasar mesin aktual dan peralatan pelengkap lainnya di pasaran dan dari produsen di Indonesia atau di luar Indonesia. PLTM Cilaki memiliki daya masing-masing unit di atas 1 MW maka komponen utama seperti turbin, genset, gubernur dan alat kendali akan menggunakan harga referensi pabrikan China. Alasan ini juga disesuaikan karena mesin-mesin pabrikan China sudah beroperasi di Indonesia dan suku cadang pendukung

lainnya mudah ditemukan Indonesia. Rincian rencana biaya investasi PLTM dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini:

**Tabel 6.** Rincian skema biaya investasi PLTM Cilaki

No	Uraian	Biaya
1	Biaya Engineering dan Administrasi	3.165.000.000,00
2	Biaya Pembebasan Lahan	4.158.000.000,00
3	Biaya Total Pekerjaan Konstruksi	56.337.430.820,00
	a. Pekerjaan Sipil dan Metal	
	Biaya Konstruksi Bangunan Sipil dan Metal	30.133.041.200,00
	Biaya Operasional	1.506.652.000,00
	Biaya Ketidakpastian/ Kontingensi	1.581.984.600,00
	b. Pekerjaan Mekanikal Elektrikal	
	Biaya Total Pengadaan dan Pemasangan Mekanikal Elektrikal	16.321.241.200,00
	Biaya Operasional	816.062.000,00
	Biaya Ketidakpastian/ Kontingensi	856.865.200,00
	c. PPN (10%)	5.121.584.620,00
	<b>Total Investasi</b>	<b>63.660.430.800,00</b>

Hasil produksi energi listrik dalam rencana pembangunan PLTM tersebut rencananya akan dijual ke PLN melalui jaringan interkoneksi tegangan menengah. Sesuai Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 22 Tahun 2014 tentang Pembelian Listrik Tenaga Air dari Pembangkit Listrik Tenaga Air, harga listrik menjadi Rp 1.075 / kWh dalam waktu 1 sampai 8 tahun. Pada saat yang bersamaan, antara 9 hingga 20 tahun, listrik dijual dengan harga Rp750 / kWh. Dengan hasil produksi energi ini memberikan peluang bagi perusahaan swasta, koperasi dan lembaga swadaya masyarakat untuk berperan sebagai pemasok listrik, serta mendukung kebijakan pemerintah untuk menaikkan angka elektrifikasi hingga 99% pada tahun 2022.

## 7) Kelayakan Teknis

### a. Aspek Hidrologi

Berdasarkan hasil penelitian hidrologi yang dilakukan di lokasi PLTM Cilaki, kondisi perairan Sungai Cilaki masih baik dan layak. Hal ini terlihat dari diagram kurva durasi (FDC) dan jenis tanaman di sekitar lokasi PLTM Cilaki adalah tanaman padi. Ekosistem di sekitar PLTM termasuk hutan lindung dan areal kebun teh di atas *intake* air PLTM Cilaki masih terjaga dengan baik.

### b. Aspek Teknis

Kondisi air yang bagus ditunjang juga oleh kondisi topografi yang memiliki perbedaan ketinggian yang baik menjadikan debit yang dibutuhkan oleh PLTM Cilaki dalam menghasilkan kapasitas daya yang diinginkan tidak terlalu besar. Dari studi yang telah dilakukan untuk

menghasilkan kapasitas 5 MW hanya dibutuhkan debit sebesar 4 m<sup>3</sup>/s dan beda ketinggian sebesar 100 m, beda ketinggian sebesar 100 m diperoleh dengan panjang saluran sebesar 1.600 m.

#### c. Aspek Ekonomi

Analisis ekonomi didasarkan pada perkiraan biaya investasi yang dibutuhkan dan pendapatan penjualan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik minihidro berdasarkan perjanjian jual beli listrik yang ditandatangani dengan PLN.

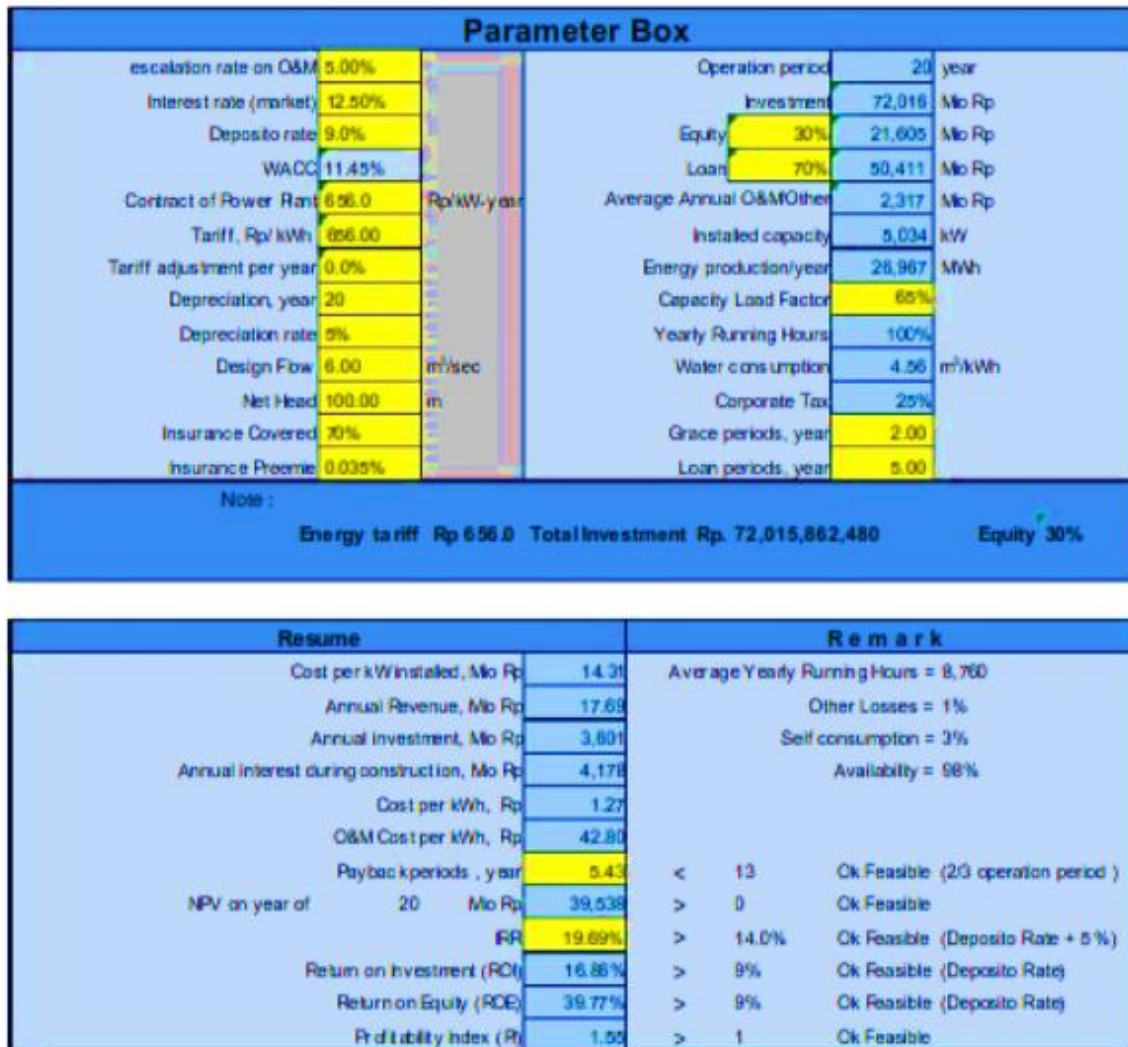
**Tabel 6.** Rincian skema biaya investasi PLTM Cilaki

No	Uraian	Biaya
1	Biaya Investasi	63.660.430.800,00
2	Pendanaan	<i>Equity (30%)</i> <i>Loan (70%)</i>
3	Bunga Bank / Tahun	12,5%
4	<i>Interest During Construction</i>	8.355.431.558,00
5	Biaya Total Investasi	72.015.862.480,37
6	Periode Operasi Pembangkit	20 tahun
7	Tarif Penjualan Energi Listrik/kwh	Rp 656,00/kwh
8	Pendapatan per tahun	17.690.000.000,00
9	<i>Grace Period</i>	2 tahun
10	<i>Payback Period</i>	5 tahun
11	NPV	39,528
12	IRR	19,69%

Berdasarkan hasil ringkasan analisis keuangan di atas, terlihat bahwa parameter dalam analisis keuangan proyek PLTMH memenuhi persyaratan untuk diterapkan (*feasible*), dan semua nilai parameter melebihi jumlah minimum yang dibutuhkan bank untuk menyediakan dana untuk proyek tersebut.

#### d. Aspek Lingkungan

Masyarakat sekitar lokasi rencana pembangunan PLTM sangat antusias dan mendukung pembangunan tersebut, karena konsep pembangunan PLTM selain menciptakan lapangan kerja baru bagi warga sekitar, juga tidak akan mengganggu sumber mata pencaharian seperti irigasi persawahan. Pembangunan PLTM juga tidak memerlukan pembangunan bendungan besar yang akan mengancam kehidupan warga. Konsep PLTM adalah sungai limpasan dan air yang mengalir di sungai akan dialirkan kembali ke sisi bawah untuk dimanfaatkan kembali oleh masyarakat di area persawahan. Berdasarkan uraian tersebut dapat dikatakan bahwa pembangunan PLTM layak secara lingkungan dan sosial budaya, karena mengutamakan sinergi dengan masyarakat untuk menghasilkan energi bersih guna mencapai kepentingan bersama.



Gambar 6. Summary Financial Analysis PLTM Cilaki

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil investigasi dan evaluasi studi pendahuluan (sebelum studi kelayakan), secara teknis, ekonomis, finansial, lingkungan dan sosial, dapat dianggap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) dapat dibangun dan dikembangkan. Hasil analisis hidrologi Sungai Cilaki menunjukkan bahwa sungai tersebut berpotensi memiliki debit tahunan yang stabil sebesar 4.2 m<sup>3</sup>/s dengan probabilitas debit 70%. Ketinggian hidung PLTM ini adalah 100,5 m, sehingga efisiensi turbin masing-masing genset dengan turbin Francis horizontal adalah 90% yang masing-masing dapat menghasilkan 3.500 kW dan 1.576 kW. Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa

rencana pembangunan PLTM dengan biaya investasi Rp 63.660.430.800,00 layak karena nilai NPV 39.528 dan IRR 19,69% masih lebih tinggi 14% dari suku bunga pinjaman.

Pada tahap prastudi ini informasi yang diperoleh masih terbatas, dan sebagian besar informasi menggunakan perkiraan dan metode, namun berdasarkan kesimpulan kelayakan pengembangan PLTM tersebut perlu dilakukan kajian pendataan sekunder hidrologi. Bentuk stasiun air hujan terdekat, bentuk survei topografi, sistem pengukuran tertutup dan semua lokasi rencana PLTM skala lebih detail, serta investigasi kondisi tanah di rencana PLTM yang akan dibangun. pembangunan dilakukan pada saat penggalian, saat merancang dan membangun metode, hasil survei ini akan digunakan sebagai referensi.

## Daftar Rujukan

- Anonim. 2003. Peta Wilayah Kabupaten Garut. [http://www.garutkab.go.id/pub/static\\_menu/detail/sekilas\\_peta\\_lainnya](http://www.garutkab.go.id/pub/static_menu/detail/sekilas_peta_lainnya) (diakses Juni 5, 2015).
- CKD Blansko Engineering, 2010. CKD Blansko Small Hydro Company Presentation.
- Darpono, R., Dewi, R.P. 2019. Simulasi Pemilihan Turbin Air Menggunakan Simulator Turbinpro Studi Kasus PLTMH Malabar," Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik, 8(2), hal. 8.
- Dewi, R. P., Anggoro, B. dan Halimi, B. 2018. Francis turbine design on malabar mini hydropower plant. 4th IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy, ICPERE 2018 - Proceedings, (October 2018), hal. 1–4. doi: 10.1109/ICPERE.2018.8739449
- Dietzel Fritz, Dakso Sriyono. 1980. Turbin Pompa dan Kompresor, Jakarta : Penerbit Erlangga
- ESHA, 2004. "Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant," European Small Hydropower Association (ESHA), Brussel, Belgium.
- E. Sukiyah, N. Sulaksana, Hendarmawan, and M.F. Rosana, 2012. "The Morphotectonic Role of DAS in Developing Micro Hydro Energy Potential in Cianjur-South Garut," Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik, vol. 14, no. 1, pp. 1-11.
- Harvey, Adam, Andy Brown, Priyantha Hettiarachi dan Allen Inversin, 2002. Micro-Hydro Design Manual - A Guide to Small-Scale Water Power Schemes. London: ITDG Publishing.
- Hendrayana, Yayat. 2015. "Energy Potential Study on Sabo DAM Cibatu for Micro Hydro Power Plant (MHPP) In Garut Regency," Jurnal of Engineering and Sustainable Technology (J-ENSITEC), vol. 02, no. 01, pp. 53-62
- Mukmin, W. A., 2008. Studi Kelayakan PLTM Curug Malela. Pusat Studi Mikrohidro ITB. Bandung
- Parabelem T.D. Rompas, 2015. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow Di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow, Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 16, Nomor 2,
- Pemda Kabupaten Garut. 2013. Gambar Informasi Peta Risiko Bencana Longsor Tahun 2013 Kecamatan Talegong Kabupaten Garut Jawa Barat. <http://bpbdb.garutkab.go.id/download/LONGSOR%20TALEGONG1.jpg>(diakses 11 03, 2021).
- PSDA Provinsi Jawa Barat. 2020. Data Curah Hujan Stasiun Pangalengan. Bandung.

- Purwanto, 2011. "Analisis Finansial dan Ekonomi Pembangkit Listrik Mikrohidro di Berapa Lokasi Propinsi Jawa Tengah, Indonesia." Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan 8, no. 4 (Desember). 251 - 264.
- Setiawan, Dody. 2015. "Potential Sites Screening for Mini Hydro Power Plant Development in Kapuas Hulu, West Kalimantan: a GIS approach," in Conference and Exhibition Indonesia - New, Renewable Energy and Energy Conservation (The 3rd Indo-EBTKE ConEx 2014), vol. 65, Jakarta, pp. 76-82.
- Sholihah, R.S. 2019. Perencanaan Kebutuhan Renovasi Aset Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro Cilaki Milik PT Perkebunan Nusantara VIII. Tugas Akhir.
- Subekti, R.A., 2015. "Studi Kelayakan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro di Desa Sukamaju Kabupaten Garut Jawa Barat," 105–116.
- Susatyo, Anjar dan Ridwan Arief Subekti, 2009. "Implementasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Kapasitas 30 kW di Desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat." Seminar Nasional Daur Bahan Bakar 2009. Serpong: BATAN. C-22 - C-26.
- Wibawa, D. S. dan Lutfi, A. 2020. Studi Perencanaan Turbin Air PLTMH di Sungai Cilaki. Vol 10 No 1