

Estimasi Biaya Ekonomi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Provinsi Jawa Barat

Muhammad Abigail Faza *

* Penulis korespondensi. Jurusan Ilmu Ekonomi, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

Arnoldus Yudistia D.

Jurusan Ilmu Ekonomi, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

JEL Classification Code:

K32, O13, P28.

Kata kunci:

PLTMH, Energi Listrik, Valuasi Ekonomi, Biaya Privat, Biaya Sosial

Email penulis:

2016110014@student.unpar.ac.id*

2016110044@student.unpar.ac.id

Abstract

The availability of electrical energy is an advantage in sustainable development. The development of a Micro Hydro Power Plant in West Java Province is an alternative effort to provide renewable energy sources that are environmentally friendly in addressing the limited distribution of electrical energy by PLN. PLTMH development in West Java is intended for rural areas that do not have a distribution network or have problems with electricity distribution. Therefore, this study aims to determine the various impacts arising from the development of micro hydropower plants and calculate the economic costs of various costs arising from micro hydropower plants. In this study using, the research method is economic valuation. The research show that the total private costs are IDR. 66,819,047,098 which consist of construction costs of IDR. 60,298,187,145, and operational and maintenance costs of IDR. 6,520,859,953, while social costs amounted to IDR 626,400,000.

Abstrak

Ketersediaan energi listrik merupakan keunggulan dalam pembangunan berkelanjutan. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Provinsi Jawa Barat merupakan upaya alternatif penyediaan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dalam mengatasi keterbatasan distribusi energi listrik oleh PLN. Pembangunan PLTMH di Jawa Barat ditujukan untuk daerah pedesaan yang belum memiliki jaringan distribusi atau mengalami masalah distribusi listrik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berbagai dampak yang ditimbulkan dari pembangunan PLTMH dan menghitung biaya ekonomi dari berbagai biaya yang timbul dari PLTMH. Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah valuasi ekonomi. Perhitungan penelitian menunjukkan bahwa total biaya pribadi adalah Rp. 66.819.047.098 biaya terdiri dari biaya konstruksi sebesar Rp. 60.298.187.145, dan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp. 6.520.859.953, sedangkan biaya sosial sebesar Rp. 626.400.000.

Pendahuluan

Ketersediaan energi menjadi salah satu kekuatan dalam upaya menjamin keberlanjutan pembangunan. Listrik merupakan sumber utama energi dan memberikan nilai positif dalam kontribusi peningkatan produktivitas, faktor produksi, baik kapital maupun tenaga kerja (Narayan and Smyth, 2009). Dengan ketersediaan listrik dapat mempermudah dan mempercepat kegiatan produksi, sehingga kegiatan produksi dapat dilakukan secara efektif dan efisien. *povenda and martinez* (2011) dan *grimm et al. (2013)* menyatakan bahwa ketersediaan listrik dapat menciptakan lapangan

Estimasi Biaya Ekonomi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Provinsi Jawa Barat

pekerjaan dan mengurangi tingkat kemiskinan melalui penciptaan usaha mikro dan usaha kecil. Manfaat dari ketersediaan energi listrik selain terhadap sektor industri tetapi memberikan manfaat sektor rumah tangga. Dengan hadirnya listrik bagi sektor rumah tangga akan memberikan manfaat bagi masyarakat luas.

Secara geografis Provinsi Jawa Barat terletak pada posisi $104^{\circ}48'' - 108^{\circ}48''$ Bujur Timur dan $5^{\circ}50'' - 7^{\circ}50''$ Lintang selatan. Dengan batas-batas wilayah, yaitu: sebelah utara berbatasan dengan laut Jawa dan Provinsi DKI Jakarta, sebelah barat berbatasan dengan Provinsi Banten, sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Jawa Tengah, serta sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Hindia. Menurut RPJMD 2018 – 2023, wilayah Provinsi Jawa Barat memiliki luas sebesar 37.089,42 Km² dengan garis pantai sepanjang 832,69 Km. Secara administratif Provinsi Jawa Barat memiliki 27 Kabupaten dan Kota, dengan komposisi 16 Kabupaten dan 9 kota. Provinsi Jawa Barat memiliki 41 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terdiri dengan 21 DAS yang bermuara ke Laut Jawa, dan 20 DAS yang bermuara ke Samudera Hindia.

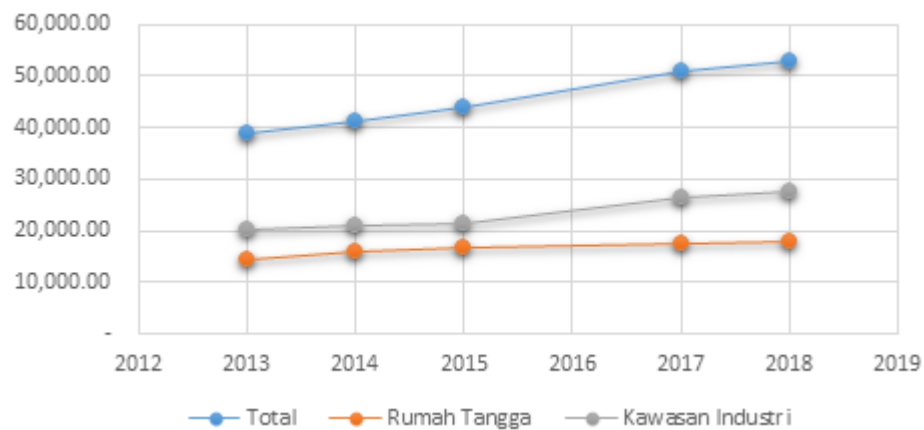
Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat



Sumber: Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Barat, 2020

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia menyatakan bahwa penyediaan tenaga listrik belum dapat menjangkau seluruh wilayah di Indonesia. Rasio elektrifikasi di Provinsi Jawa Barat sudah mencapai 99,99 % sedangkan Provinsi Nusa Tenggara Timur baru mencapai 61,9 %. Menurut Badan Pusat Statistik terdapat lebih dari 12 ribu desa di seluruh Indonesia yang tidak dapat menikmati dan memiliki akses terhadap listrik. Menurut Dana Mitra Lingkungan (2015), menyatakan terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh pemerintah dalam penyediaan dan pemerataan listrik, salah satunya yaitu jalur distribusi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang tidak merata dan penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) sebagai tenaga pembangkit listrik.

Grafik 1. Jumlah Distribusi Listrik di Provinsi Jawa Barat pada Tahun 2013 - 2018 (satuan GWh)



Sumber: Statistika Kelistrikan tahun 2013 – 2018, 2019

Dapat dilihat dalam grafik 1 bahwa terdapat peningkatan jumlah distribusi listrik di provinsi Jawa Barat pada tahun 2013 – 2018. Kebutuhan akan listrik di Jawa Barat meningkat pada setiap tahunnya, baik bagi sektor rumah tangga maupun sektor industri. Jika dilihat kebutuhan akan listrik bagi kawasan industri mengalami peningkatan setiap tahunnya yang dipengaruhi oleh peningkatan jumlah perusahaan maupun jumlah output yang dihasilkan. Sedangkan kebutuhan akan listrik bagi sektor rumah tangga mengalami peningkatan setiap tahunnya seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di sebuah wilayah. Kebutuhan tersebut sebagian besar didistribusikan oleh perusahaan listrik negara (PLN) akan tetapi sedikit sekali didistribusikan oleh pembangkit menggunakan energi terbarukan. Kebutuhan akan listrik Provinsi Jawa Barat merupakan kebutuhan yang paling tinggi di Indonesia dibandingkan dengan kebutuhan provinsi lainnya.

Setiap wilayah memiliki potensi energi terbarukan yang dapat dikembangkan menjadi substitusi pembangkit listrik berbasis energi tidak terbarukan. Menurut *Institute for Essential Services Reform (IESR)* (2019), mengatakan bahwa Provinsi Jawa Barat memiliki potensi energi terbarukan terbesar ketiga di Indonesia dengan potensi sebesar 26.190 MW. Dengan kapasitas terpasang sampai tahun 2018 terbesar yaitu 3.184 MW dan direncanakan akan membangun sebesar 2.911 MW dalam jangka waktu 2019 – 2028. Potensi pembangkit listrik berbasis energi terbarukan yang dimiliki Jawa Barat yaitu PLTS, PLTB, dan PLTP. Sebagian besar pembangkit listrik tenaga energi terbarukan didominasi oleh sumber daya air.

Potensi penggunaan sumber daya air sebagai salah satu alternatif pembangkit listrik tenaga energi terbarukan sangat besar bagi Indonesia. Potensi penggunaan sumber daya air sebagai alternatif pembangkit listrik sebesar 21,9 % dari seluruh sumber daya yang ada. Pembangkit listrik berbasis sumber daya air dibagi ke dalam dua kategori yaitu Pembangkit listrik tenaga air dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Pembagian kedua kategori tersebut didasari oleh potensi energi yang diciptakan oleh energi kinetik tersebut. Potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga air di Jawa Barat dinilai sangat tepat, karena memiliki daerah aliran sungai yang cukup besar dan tersebar di seluruh wilayah.

Potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di Jawa Barat sebesar 647 MW yang tersebar di 40 titik pengembangan. Sedangkan pada tingkat nasional Khusus bagi daerah pedesaan PLTMH dapat menjadi salah satu solusi penyediaan listrik karena berdekatan dengan daerah aliran sungai. Keuntungan pembangunan PLTMH bagi dari sisi teknis maupun non teknis, yaitu jika dilihat dari sisi teknis konstruksi dapat dibangun secara sederhana, jika dilihat dari sisi operasional dapat dilakukan baik dalam waktu siang maupun malam, dari sisi ekonomi pembangunan tidak memerlukan biaya yang cukup tinggi, serta dilihat dari sisi lingkungan dampak menurunkan laju emisi gas rumah kaca akibat pemanasan suhu global.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berbagai dampak yang timbul akibat pengembangan PLTMH dan menghitung besarnya biaya ekonomi yang terdiri dari berbagai macam

biaya yang timbul dari PLTMH. Berlandaskan hal tersebut, manfaat dari penelitian ini diharapkan menjadi sebuah informasi yang lengkap tentang keberadaan barang dan jasa lingkungan dari energi terbarukan di Provinsi Jawa Barat.

Landasan Teori dan Tinjauan Literatur

Landasan Teori

Konsumsi adalah kegiatan penggunaan barang dan/atau jasa dengan tujuan untuk mengoptimalkan utilitas (kepuasan). Sitanggang (2014), mengatakan bahwa kegiatan konsumsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya pendapatan, tingkat pendidikan dan pengetahuan, jumlah tanggungan serta harga barang tersebut. Oleh karena itu, perubahan faktor konsumsi akan berpengaruh pula pada perubahan kombinasi barang yang akan dikonsumsi. Dengan begitu konsumen dapat mengoptimalkan utilitasnya, tingkat utilitas yang dicapai seseorang konsumen merupakan fungsi dari kuantitas berbagai barang yang dikonsumsi. Secara matematis, tingkat utilitas dapat dituliskan melalui persamaan berikut:

$$U = U(Q_A, Q_B, Q_C, \dots, Q_n) \quad (1)$$

dimana U adalah utilitas atau kepuasan, Q_A adalah kuantitas barang A, Q_B adalah kuantitas barang B, dan Q_C adalah kuantitas barang C, dan Q_n adalah kuantitas barang N.

Dalam konteks penelitian ini, penulis menggunakan konsep utilitas untuk menggambarkan total konsumsi listrik rumah tangga maupun kawasan industri di Provinsi Jawa Barat. Pada saat ini kawasan di pedesaan dihadapkan pada penggunaan dua jenis listrik, sehingga utilitas rumah tangga maupun industri atas listrik PLN dan/atau listrik PLTMH. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan dengan persamaan:

$$U = U(Q_{PLN}, Q_{PLTMH}) \quad (2)$$

dengan Q_{PLN} adalah kuantitas listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Q_{PLTMH} adalah listrik dari pembangkit listrik tenaga Mikrohidro.

Teori ekonomi pun berbicara mengenai tambahan utilitas (Marginal Utility). Marginal Utility adalah nilai tambahan manfaat yang diperoleh konsumen pada saat menambahkan konsumsi satu unit barang dan/atau jasa. Dalam penelitian ini, Marginal Utility adalah tambahan kepuasan yang akan dirasakan oleh masyarakat pedesaan maupun kawasan industri karena ada tambahan konsumsi listrik PLTMH. Konsep Marginal Utility sangat penting diaplikasikan dalam penentuan konsumsi yang optimal. Masyarakat pedesaan perlu menentukan jumlah volume listrik yang akan digunakan secara optimal dengan mempertimbangkan berbagai kendala, yaitu anggaran dan kebutuhan listrik minimum yang harus dipenuhi. Secara matematis, optimalisasi tersebut dapat ditunjukkan melalui persamaan berikut:

$$\text{Max } U(Q_{PLN}, Q_{PLTMH}) \text{ s. t. } P_{PLN} Q_{PLN} + P_{PLTMH} Q_{PLTMH} \leq 1 \quad (3)$$

Listrik dari pembangkit listrik tenaga Mikrohidro menggunakan sungai sebagai sumber tenaga. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2011 tentang sungai, sungai merupakan alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sedangkan daerah aliran sungai menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2011 tentang sungai, menyebutkan bahwa daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Menurut mulyanto (2006) terdapat dua fungsi utama dari sungai yaitu mengalirkan air dan mengangkut sedimen hasil erosi pada daerah aliran sungai (DAS) dan alurnya. Fungsi mengalirkan air merupakan air hujan yang jatuh pada sebuah daerah aliran sungai (DAS) akan terbagi menjadi akumulasi yang tertahan semenrata di situ sebagai air tanah dan air permukaan, serta runoff yang akan memasuki alur sebagai debit sungai dan terus dialirkan ke laut. Fungsi mengangkut sedimen hasil erosi pada DAS dan alurnya ini bermaksud aliran sungai akan membawa beberapa material yang terbawa hasil dari erosi di hulu sungai. Biasanya erosi tersebut akan terendap di muara atau

delta sungai, proses sedimentasi ini tidak akan terjadi begitu saja tetapi melalui proses yang cukup panjang. Sungai memiliki berbagai manfaat bagi manusia hal tersebut dikemukakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (2010), sebagai berikut: Sebagai sumber air baku minum (PDAM); Sumber air bagi pengairan wilayah pertanian atau irigasi; Sumber tenaga listrik untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA); Tempat rekreasi; Tempat berolahraga, seperti dayung dan arum jeram; Transportasi air; Pasar terapung; Tempat ritual kebudayaan; Air baku industri dan sektor lainnya.

Tinjauan Literatur

Energi terbarukan terutama energi sumber daya air telah menjadi bahan penelitian para peneliti sebelumnya. Persoalan ini telah menjadi perhatian penulis untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan dan pengembangan yang optimal terhadap energi terbarukan terutama energi sumber daya air. Penelitian mengenai pemanfaatan dan pengembangan energi sumber daya air yang telah dilakukan sebelumnya anatara lain oleh Umar & Hussain (2015), Gonzalez et al. (2017), serta Purwanto (2011).

Penelitian yang dilakukan oleh Umar & Hussain (2015) dilatarbelakangi oleh timbulnya gap antara pertumbuhan penduduk dan peningkatan aktivitas ekonomi dengan ketersediaan energi. Dalam penelitian ini juga bertujuan untuk menilai efektivitas biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan Pembangkit listrik Tenaga Mikro Hidro serta mengetahui pengaruh PLTMH terhadap kelestarian lingkungan dengan mengestimasi pengurangan tingkat emisi karbon. Metode penelitian yang dilakukan oleh Umar & Hussain (2015) menggunakan metode penelitian analisis deskriptif dengan menggunakan alat analisis yaitu Cost Benefit Analysis (CBA) serta untuk analisis finansial menggunakan model penelitian Benefit Cost Ratio (BCR), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Pay Back Period (PBP). Berdasarkan penelitian Umar & Hussain (2015) menunjukkan hasil indikasi bahwa pembangunan proyek PLTMH layak dilakukan. Sedangkan dari sisi finansial seluruh indikator yang digunakan menunjukkan bahwa pembangunan PLTMH layak dilakukan. Analisis sosio-ekonomi menunjukkan bahwa pembangunan PLTMH dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, yaitu peningkatan pendapatan dan peningkatan kualitas kesehatan.

Penelitian selanjutnya dilakukan Gonzalez et al. (2017), penelitian tersebut dilatae belakangi dengan adanya hubungan antara variabel energi dengan tiap variabel MDGs. Penulis berpendapat bahwa dengan adanya layanan PLTMH dapat memberikan kontribusi terhadap tujuan dari MDGs. Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui bagaimana proyek PLTMH dapat berkontribusi dalam pembangunan dan kedalam di desa tersebut. Metode penelitian yang dilakukan Gonzalez et al. (2017) menggunakan metode penelitian Analisis Deskriptif dan melakukan wawancara secara langsung kepada *stakeholder* dan masyarakat. berdasarkan penelitian Gonzalez et al. (2017) menunjukkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangunan PPLTMH tidak berpengaruh terhadap kesetaraan gender. Sedangkan dilihat dari sisi ekonomi terdapat penambahan lapangan pekerjaan dan penurunan pengeluaran untuk penerangan. Dalam penelitian ini juga dapat melihat bahwa pembangunan PLTMH menimbulkan Eksternalitas positif terhadap lingkungan, baik lingkungan sekitar maupun global.

Penelitian yang dilakukan Purwanto (2011) dilatarbelakangi oleh krisis energi listrik di indonesia terjadi akibat penawaran listrik yang disediakan dengan permintaan listrik oleh masyarakat tidak seimbang. Metode Penelitian yang dilakukan Purwanto (2011) menggunakan metode penelitian analisis deskriptif dengan menggunakan alat analisis Cost Benefit Analysis (CBA) serta untuk analisis finansial menggunakan model penelitian Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Pay Back Period (PBP). Berdasarkan penelitian Purwanto (2011) menunjukkan hasil PLTMH karang tengah berdasarkan analisis finansial tidak layak, Pembangkit listrik Tenaga Mikro Hidro purbasari dan PLTMH wangnaji layak secara finansial. PLTMH Purbasari dengan kurun waktu 15 tahun, memberikan NPV = Rp. 6.562.695.042, BCR = 2,73, dan IRR = 35% dengan payback period selama 3 tahun 4 bulan PLTMH Wanganaji yang memasok interkoneksi PLN Wonosobo dengan investasi Rp. 2.695.700.000, NPV = Rp. 2.771.300.000, dengan pengembalian modal akan terjadi 11 tahun 9 bulan.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Sedangkan dalam penelitian ini menggunakan alat analisis yaitu analisis valuasi ekonomi. Valuasi ekonomi merupakan upaya untuk memberikan nilai kuantitatif terhadap barang dan jasa yang dihasilkan oleh sumber daya alam dan lingkungan, baik atas dasar nilai pasar (*market value*) maupun nilai non - pasar (*non-market value*). Valuasi ekonomi sumber daya merupakan sebuah alat ekonomi (*economics tool*) yang menggunakan teknik penilaian tertentu untuk mengestimasi nilai uang dari barang dan jasa yang dihasilkan oleh sumber daya alam dan lingkungan. Terdapat beberapa pendekatan untuk harga pasar dapat dilakukan yaitu pendekatan produktivitas, pendekatan modal manusia (*human capital*) atau pendekatan nilai yang hilang (*foregone earring*), dan pendekatan biaya kesempatan atau peluang (*opportunities cost*). Sedangkan pendekatan harga non pasar dilakukan berdasarkan preferensi masyarakat (*non- market method*). Pendekatan metode preferensi masyarakat atau *non market method* yang dapat digunakan yaitu *hedonic pricing method, travel cost method, contingent valuation method, and choice modeling method*.

Valuasi ekonomi memiliki manfaat untuk mengilustrasikan hubungan timbal balik antara ekonomi dengan lingkungan yang diperlukan untuk melakukan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam yang baik serta optimal. Hal tersebut dapat memberikan gambaran dari keuntungan dan kerugian yang berkaitan dengan berbagai kebijakan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam sekaligus memberikan pemerataan pendistribusian manfaat dari sumber daya alam tersebut. Valuasi dengan menggunakan nilai mata uang sebagai indikasi penerimaan dan kehilangan manfaat atau kesejahteraan akibat kerusakan

Selanjutnya penulis akan melakukan estimasi total nilai ekonomi atas dasar biaya sosial dari pengembangan PLTMH di Jawa Barat. Pengembangan PLTMH memberikan dampak dan biaya sosial terhadap pengeluaran pendapatan masyarakat. Persamaan estimasi dari nilai total pengeluaran pendapatan masyarakat, sebagai berikut:

$$\text{Nilai Pengeluaran} = \text{Pengeluaran Pendapatan} \times \text{jumlah Masyarakat} \quad (4)$$

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Barat, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Barat, Badan Pusat Statistika (BPS) Indonesia, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, dan hasil tinjauan pustaka. Variabel yang diteliti dalam komponen biaya privat dan biaya sosial diantaranya, sebagai berikut: Biaya Privat yang terdiri dari: biaya pembangunan dan biaya operasional (upah tenaga kerja dan pemeliharaan; Biaya Sosial yaitu pengeluaran masyarakat atas pemakaian Listrik . Pengelompokan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Variable, Data, dan Sumber Data

Variabel	Data	Sumber
Biaya Privat	Biaya pembangunan Tenaga kerja	Tinjauan pustaka dan Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat Badan Pusat Statistik
Biaya Sosial	Biaya pemeliharaan pengeluaran masyarakat atas pemakaian Listrik	Tinjauan pustaka dan Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat Tinjauan pustaka

Table 2. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

No.	Nama	Lokasi	Potensi KWh	Head	Turbin	kategori
1	Potensi 1	DAS Cisaar	15,2	49,0	crossflow	high
2	Potensi 3	DAS Cisaar	11,0	28,0	crossflow	medium
3	potensi 4	DAS Cisaar	64,1	110,0	crossflow	high
4	potensi 2	DAS Cisaar	14,2	39,0	crossflow	high
5	Subdas B	DAS Ciwulan	73,0	15,0	crossflow	medium
6	Subdas C	DAS Ciwulan	53,0	15,0	crossflow	medium
7	Jati	DAS Cipasarangan	16,6	7,0	crossflow	Low
8	Leuwi Bali	DAS Cipasarangan	39,0	16,0	crossflow	medium
9	Nanggawer	DAS Cipasarangan	16,6	7,0	Propeller open flume	Low
10	Cambaul	DAS Cisadea	27,4	11,1	crossflow	medium
11	Curug Luhur	DAS Cisadea	32,0	10,4	crossflow	medium
12	legok picung	DAS Cisadea	39,0	14,2	crossflow	medium
13	Cibuluh	DAS Cibuluh	13,6	4,5	Propeller open flume	low
14	Cinta Karya	DAS Cibuluh	43,2	23,0	crossflow	medium
15	Pagadungan	DAS Cibuluh	15,8	4,6	Propeller open flume	low
16	Cikarees	DAS Cibuluh	24,4	16,1	crossflow	medium
17	Cilawang	DAS Cibuluh	20,2	5,5	Propeller open flume	Low
18	Panca Pengah	DAS Cibuluh	23,1	12,6	crossflow	medium
19	Tenjo Waringin	DAS Cibuluh	296,0	24,8	crossflow	medium
20	Suka Bakti	DAS Cibuluh	18,6	9,6	crossflow	Low
21	Cadas Beurem	DAS Cimaragang	25,2	9,5	crossflow	medium
22	Cisampay	DAS Cimaragang	18,2	7,0	crossflow	Low
23	Mekar Laksana	DAS Cimaragang	54,2	17,0	crossflow	medium
24	Puncak Mulya	DAS Cimaragang	18,2	7,0	crossflow	Low
25	Cikadaka	DAS Cikaso	28,1	24,0	crossflow	medium
26	Cisalak	DAS Cikaso	33,2	33,5	crossflow	high
27	Taman Hutan Rakyat	Urban Renewable Energy	16,0	8,0	kaplan horizontal	low
28	Teras Cikapundung	Urban Renewable Energy	15,0	5,0	kaplan horizontal	Low
29	Plaza Cikapundung	Urban Renewable Energy	15,0	1,0	kaplan horizontal	ultra low

Sumber: Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Barat, 2020

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pehitungan

Setelah berbagai langkah yang dilakukan guna mencapai tujuan penelitian dalam menghitung dan mengestimasi besarnya biaya ekonomi akibat kegiatan pengembangan PLTMH di Provinsi Jawa Barat. Dalam perhitungan biaya mencakup dua komponen biaya, yaitu biaya privat (*private cost*) dan biaya sosial (*social cost*). Biaya privat adalah biaya yang dikeluarkan oleh pihak pengembangan untuk melakukan suatu kegiatan. Sedangkan biaya sosial adalah biaya yang ditanggung oleh masyarakat sebagai akibat dari tindakan atau dampak dari kegiatan pengembangan tersebut. Dalam penelitian ini, biaya sosial akan diwakili oleh peningkatan pengeluaran masyarakat sekitar. Dalam penelitian ini penulis memposisikan pihak pengembang merupakan pemerintah daerah Provinsi Jawa Barat.

Biaya privat dalam penelitian ini terdiri atas dua komponen, yaitu biaya pembangunan dan biaya operasional dan pemeliharaan. Biaya pembangunan yang dikeluarkan oleh pemerintah maupun investor terdiri dari beberapa komponen utama dalam PLTMH, seperti Bendungan pengalihan dam *intake*, bak pengendap atau *settling basin*, dll. Sedangkan dalam biaya operasional dan

pemeliharaan yang akan dikeluarkan oleh pengelola PLTMH di tujukan untuk mendukung distribusi energi listrik yang optimal. dengan demikian, total biaya privat yang akan dikeluarkan oleh pemerintah Provinsi Jawa Barat maupun pengelola PLTMH dapat diketahui dari berbagai komponen yang telah dihitung.

Biaya pembangunan dihitung dengan cara menjumlahkan hasil perkalian jumlah PLTMH dengan biaya pembangunan per KWh. Menurut Wibowo, Hady et.al (2015), terdapat beberapa komponen utama dalam desain pembangunan PLTMH , yaitu Bendungan pengalihan dam *intake*, bak pengendap atau *settling basin*, saluran pembawa atau *headrace*, bak penenang atau *headtank*, pipa pesat atau *penstock*, rumah pembangkit atau *powerhouse*, turbin air dan sistem transmisi mekanik-nya, kontrol beban dan/atau turbin, generator listrik, sistem jaringan distribusi listrik, pengadaan lahan, dan pengadaan bangunan. Desain yang akan digunakan akan merujuk DED Pembangkit Listrik Tenaga mikro hidro yang sudah berjalan. Sedangkan biaya pembangunan menurut *global sustainable electricity partnership (2005)* dalam Wibowo, Hady et.al (2015) menjelaskan biaya pembangunan konstruksi sebesar 5.000 USD/ KWh. Pembangunan PLTMH di Jawa Barat tersebar di dalam 29 titik dengan sebanyak tujuh Daerah Aliran Sungai.

Biaya operasional dan pemeliharaan dihitung dengan cara menjumlahkan perkalian upah tenaga kerja dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan serta perkalian biaya pemeliharaan dengan jumlah KWh. Dalam variabel biaya operasional dan pemeliharaan dibagi dalam dua komponen yaitu upah tenaga kerja dan biaya pemeliharaan. Upah tenaga kerja ditujukan untuk membayar upah tenaga kerja PLTMH sebagai pengelola serta operator. Upah tenaga kerja tersebut diambil dari tingkat Upah Minimum Provinsi Jawa Barat pada tahun 2019, hal tersebut dipilih akibat terjadi perbedaan tingkat upah setiap daerahnya yang didasari bahwa pengembangan pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro *multi region*. Sedangkan dalam biaya pemeliharaan penulis merujuk kepada menurut *global sustainable electricity partnership (2005)* dalam Wibowo, Hady et al. (2015) yang menjelaskan bahwa biaya pemeliharaan sebesar 2 % dari biaya pembangunan/KWh, yaitu sebesar 300 USD/KWh. Biaya operasional dan pemeliharaan akan dikeluarkan oleh pengelola PLTMH maupun pemerintah daerah. Dengan demikian, upaya dalam proses perhitungan biaya privat akan menghasilkan besarnya total biaya pembangunan dan biaya operasional dan pemeliharaan yang mencakup beberapa komponen pembentuknya pada tingkat harga yang berlaku pada tahun 2020.

Table 3. Hasil Perhitungan Biaya Privat Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (dalam Rupiah)

Variabel	
Biaya pembangunan	Rp. 60.298.187.145
Biaya operasional dan pemeliharaan	Rp. 6.520.859.953
Total biaya privat	Rp. 66.819.047.098

Sumber: Hasil Perhitungan oleh Penulis

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan biaya privat yang dilakukan oleh penulis untuk mengetahui berapa besaran biaya yang dikeluarkan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat maupun pengelola PLTMH dalam pengembangan PLTMH. Berdasarkan hasil perhitungan diatas biaya privat yang akan dikeluarkan oleh pemerintah maupaun pengelola sebesar Rp 66.819.047.098 biaya tersebut terdiri dari biaya pembangunan sebesar Rp 60.298.187.145 serta biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp. 6.520.859.953.

Selain biaya privat, penulis juga mengestimasi biaya sosial yang ditimbulkan oleh pengembangan PLTMH di Jawa Barat. Biaya sosial yang ditimbulkan oleh pengembangan PLTMH pada penelitian ini ditinjau dari nilai pengeluaran masyarakat atas penggunaan listrik yang mana penggunaan listrik dari PLN menjadi PLTMH. Perhitungan tersebut diharapkan dapat menjadi representasi dari adanya biaya sosial yang timbul dari pengembangan PLTMH.

Estimasi nilai ekonomi pengeluaran masyarakat atas penggunaan listrik dilakukan dengan cara mengalikan nilai pengeluaran dengan jumlah rata – rata kepala keluarga setiap PLTMH serta hasil tersebut dikalikan kembali dengan 12 bulan. Nilai pengeluaran digunakan dari nilai rata – rata yang dikeluarkan oleh masyarakat sebagai iuran masyarakat dalam operasional PLTMH. Dalam biaya sosial penulis merujuk kepada hasil penelitian Y. Andriani *et. al* (2015), yang mana dalam penelitian

tersebut menyatakan terjadinya penurunan dan perubahan pengeluaran masyarakat atas penggunaan listrik PLN menjadi PLTMH dari Rp. 30.000 menjadi Rp. 12.000. dengan demikian, penulis dapat memperoleh besarnya nilai ekonomi dari pengeluaran masyarakat atas penggunaan listrik yang menjadi representasikan biaya sosial yang timbul dari pengembangan PLTMH

Table 4. Hasil Biaya Sosial Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (dalam Rupiah)

Variabel	
Pengeluaran masyarakat atas penggunaan listrik	Rp. 626.400.000
Total biaya sosial	Rp. 626.400.000

Sumber: Hasil Perhitungan oleh Penulis

Berdasarkan hasil perhitungan, tabel 4 menunjukkan besarnya biaya sosial yang timbul dari pengembangan PLTMH dengan total nilai Rp 626.400.000. Beberapa upaya telah dilakukan oleh penulis guna mencapai tujuan penelitian dan menjawab pertanyaan penelitian. Berdasarkan hal tersebut diperoleh total biaya ekonomi sebesar Rp. 67.445.447.098 yang timbul akibat kegiatan pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Jawa Barat. Biaya tersebut mencakup biaya privat dan biaya sosial yang dapat ditunjukkan dalam tabel 6.

Table 5. Hasil Perhitungan Estimasi Biaya Ekonomi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Provinsi Jawa Barat tahun 2020 (dalam Rupiah)

Total biaya privat	Rp. 66.819.047.098
Total biaya sosial	Rp. 626.400.000
Total biaya ekonomi	Rp. 67.445.447.098

Sumber: Hasil Perhitungan oleh Penulis

Pembahasan

Pengembangan PLTMH di Jawa Barat memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap kondisi ekonomi dan sosial masyarakat. Berdasarkan hasil perhitungan estimasi nilai ekonomi, total biaya ekonomi yang timbul dari pengembangan PLTMH Jawa Barat sebesar Rp 67.445.447.098 pada tingkat harga tahun 2020. Total biaya ekonomi tersebut merupakan penjumlahan biaya privat dan biaya sosial. Biaya privat yang akan dikeluarkan oleh pemerintah provinsi maupun pengelola PLTMH sebesar Rp. 66.819.047.098 yang terbagi ke dalam dua komponen. Sedangkan biaya sosial yang akan dikeluarkan oleh masyarakat sebesar Rp 626.400.000 yang diwakili oleh variabel penurunan pengeluaran masyarakat untuk penggunaan listrik.

Pengembangan PLTMH dilakukan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat sebagai pengembang utama. Pemerintah Provinsi Jawa Barat sebagai pihak yang melakukan pengembangan akan melihat dampak yang dirasakan oleh masyarakat. Dampak terhadap kondisi sosial masyarakat akibat pengembangan PLTMH memiliki nilai positif. Terdapat manfaat secara langsung akibat penggunaan PLTMH di kawasan pedesaan yang tidak masuk kategori desa mandiri. Menurut penelitian Veronica (2020) pembangunan PLTMH memiliki dampak terhadap pendapatan masyarakat sekitar dimana masyarakat dinilai menjadi lebih produktif. Dalam penelitian tersebut menyatakan terdapat peningkatan sebesar 59 %.

Penulis mengestimasi manfaat sosial yang diperoleh oleh masyarakat akibat pengembangan PLTMH. Penulis akan merujuk kepada penelitian Veronica (2020) dengan menyesuaikan pendekatan harga pada saat ini di Provinsi Jawa Barat. Penulis menggunakan tingkat upah pekerja informal, hal tersebut dilandaskan bahwa masyarakat pedesaan yang menjadi target pengembang sebagian besar bekerja sebagai pekerja informal. Jika melihat tabel 7 bahwa manfaat yang diterima oleh masyarakat akibat PLTMH di Jawa Barat. Nilai penambahan pendapatan tersebut merupakan nilai per tahun yang dikalikan dengan rata-rata jumlah kepala keluarga setiap PLTMH.

Table 6. Nilai Ekonomi Manfaat Sosial akibat Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Jawa Barat pada tahun 2020 (dalam Rupiah/Tahun)

Nilai penambahan pendapatan masyarakat akibat penggunaan listrik	Rp. 19.340.250.858
Total penambahan	Rp. 19.340.250.858

Sumber: Hasil Pengolahan oleh Penulis

Manfaat sosial akibat pembangunan PLTMH di Jawa Barat selain dari penambahan pendapatan masyarakat terdapat beberapa manfaat baik manfaat sosial maupun manfaat lingkungan. Manfaat sosial selain penambahan pendapatan, yaitu penambahan waktu aktivitas masyarakat akibat penggunaan listrik lebih lama dan peningkatan aktivitas dan optimalisasi listrik dalam penggunaan beberapa sektor (Sektor Pertanian maupun Industri Pengelolaan). Sedangkan dalam manfaat lingkungan dalam pembangunan PLTMH, yaitu penurunan emisi karbon yang diciptakan oleh pembangkit listrik berbasis energi mineral dan penurunan alih fungsi lahan dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga energi terbarukan.

Pengembangan PLTMH bagi masyarakat pedesaan dapat memberikan dampak secara ekonomi maupun sosial lingkungan. Pengembangan PLTMH di daerah pedesaan memberikan dampak *multiplier effect* bagi wilayah tersebut. Diharapkan pembangunan PLTMH menjadi salah satu pelopor pembangunan ekonomi wilayah yang dapat dilihat dari potensi usaha yang tumbuh dan berkembang. Pemerintah Provinsi Jawa Barat maupun pemberi modal mengharapkan pembangunan PLTMH dapat mendorong perekonomian daerah.

Pembiayaan pengembangan PLTMH di Jawa Barat terbagi di dalam dua sumber pembiayaan, yaitu berasal dari sektor publik maupun sektor *private*. Sebagian besar pembangunan PLTMH yang sudah terlaksana dan sudah digunakan di Jawa Barat dibiayai oleh sektor publik, baik tingkat nasional maupun daerah. Sektor publik dalam hal ini pemerintah provinsi Jawa Barat sebagai pelaksana pembangunan PLTMH. Pembiayaan dari sektor publik berasal dari APBD pemerintah provinsi maupun pemerintah kabupaten/kota, selain itu pemerintah dapat menggunakan dana desa untuk melakukan pembangunan maupun biaya pemeliharaan.

Selain sektor publik yang dapat melakukan pembiayaan untuk pembangunan PLTMH di Jawa Barat, akan tetapi sektor swasta dapat melakukan pembiayaan pembangunan. Sektor swasta dinilai sangat kurang dalam pembiayaan PLTMH bagi daerah terpencil. Menurut penelitian Veronica (2020), menunjukkan bahwa sektor swasta dapat membiayai pembangunan maupun operasional PLTMH melalui konsep CSR (*Corporate Social Responsibility*). Menurut Veronica (2020) pemberian modal pembangunan bagi PLTMH dapat memberikan manfaat dan dapat memberdayakan masyarakat pedesaan.

Provinsi Jawa Barat Memiliki potensi yang cukup besar dalam melakukan pengembangan energi terbarukan terutama energi yang berasal dari penggunaan sumber daya air. Menurut hasil publikasi *institute for essential services reform* (IESR) (2019), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral memperkirakan potensi Energi Sumber Daya Air di Provinsi Jawa Barat sebesar 13,39 % dari total keseluruhan potensi yang dimiliki Provinsi Jawa Barat. Potensi yang dimiliki Provinsi Jawa Barat dalam energi sumber daya air di dukung oleh jumlah daerah aliran sungai yang cukup banyak, yaitu sebanyak 41 Daerah Aliran Sungai.

Potensi pengembangan PLTMH dan pembangkit listrik tenaga mini hidro di Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu yang cukup besar, dengan nilai potensi sebesar 647 MW. Pengembangan PLTMH dinilai dapat dilakukan untuk wilayah Jawa Barat dengan dukungan topografi dan hidrologi. Topografi Jawa Barat bagian selatan yang memiliki dataran tinggi yang cukup banyak membuat daerah aliran sungai menjadi terpengaruh. PLTMH dipengaruhi oleh tingkat *head* dari daerah aliran sungai, yang mana semakin tinggi tingkat *head* akan mempengaruhi tingkat hasil energi listrik. Pemerintah Provinsi Jawa Barat pada saat ini fokus terhadap pengembangan PLTMH di desa terpencil yang belum memiliki aliran listrik dari PLN.

Pembangunan PLTMH di Jawa Barat sebagian besar menggunakan teknologi *high head* dan *medium head*. *High head* dan *medium head* dibedakan menurut tingkat ketinggian jatuhnya air menuju turbin, *high head* berada di ketinggian > 30 m dan *medium head* di antara ketinggian 10 – 30 meter. Sedangkan untuk *low head* jatuhnya air menuju turbin berada di bawah 10 meter. Menurut Zhou,

Daqing et. el (2017), menjelaskan bahwa tingginya *head* tidak akan dipengaruhi apabila pemerintah atau pengembang melakukan penelitian dan pengembangan terhadap rekayasa teknologi dalam melakukan pengembangan PLTMH dengan pengelompokan *ultra-low head* yang jatuhnya air menuju turbin berada di angka tiga meter. Dengan melakukan berbagai pengembangan inovasi rekayasa teknologi dapat memberikan berbagai kemudahan dan jangkauan yang lebih luas dalam pengembangan PLTMH.

Pengembangan PLTMH perlu dilakukan penelitian maupun pengembangan teknologi. Penelitian dan pengembangan teknologi PLTMH dapat memaksimalkan potensi listrik yang dihasilkan oleh tenaga kinetik tenaga air. Dengan potensi listrik yang optimal dapat memberikan dampak terhadap sosial masyarakat yang tinggi. Diharapkan dengan potensi yang optimal penggunaan listrik dapat dilakukan dengan optimal bagi masyarakat pedesaan.

PLTMH merupakan salah satu pembangkit listrik yang ramah terhadap lingkungan akibatnya tidak menghasilkan polusi. Dengan hadirnya PLTMH sebagai alternatif energi listrik akan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil (batu bara maupun migas). Menurut *Leonardo Academy Inc.* (2016) pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (batu bara maupun migas) akan menghasilkan sebesar 2 Lbs CO_{2e} dari hasil energi listrik 1 kWh. Jika terdapat sebuah pembangkit listrik konvensional memiliki daya sebesar 812,77 kW, dengan menghasilkan energi sebesar 7.022.333 kWh dalam jangka waktu satu tahun serta dalam jangka waktu 25 tahun menghasilkan 175.558.320 kWh. Maka akan menghasilkan emisi karbon yang dihasilkan (*baseline emission*) sebesar 6.370,5 ton CO_{2e} dalam satu tahun sedangkan dalam 25 tahun menghasilkan sebesar 159.263,8 ton CO_{2e}. PLTMH merupakan salah satu pembangkit listrik yang tidak mengeluarkan atau menghasilkan emisi karbon, sehingga *project emission* PLTMH akan bernilai 0. Dengan begitu, perhitungan potensi pengurangan emisi karbon, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emission Reduction} &= \text{Baseline Emission} - \text{Project Emission} \\ \text{Emission Reduction} &= 159.263,8 \text{ ton CO}_2\text{e} - 0 \text{ Emission Reduction} = 159.263,8 \text{ ton CO}_2\text{e} \end{aligned} \quad (5)$$

Berdasarkan hasil di atas, dapat diketahui bahwa pembangunan PLTMH di Provinsi Jawa Barat akan berpotensi mengurangi eksternalitas negatif terhadap lingkungan, yaitu berupa potensi pengurangan emisi karbon sebesar 159.263,8 ton CO_{2e}. Menurut *Lang* (2017) menjelaskan bahwa harga jual emisi karbon seharga US\$ 4,3/ton. Jika emisi karbon dapat diperjualbelikan, maka harga jual emisi karbon sebesar 159.263,8 ton CO_{2e} akan menambah manfaat berupa penerimaan sebesar Rp 10.161.366.487 selama usia proyek. Perhitungan tersebut tidak menghitung perubahan harga jika terjadinya perubahan tingkat inflasi maupun nilai tukar.

Kesimpulan dan Implikasi

Ketersediaan energi menjadi salah satu kekuatan dan upaya menjamin keberlanjutan pembangunan. Dengan adanya ketersediaan listrik akan mempercepat dan memudahkan aktivitas produksi dan aktivitas konsumsi setiap individu. Selain itu, ketersediaan listrik akan memberikan atau dampak terhadap pertumbuhan ekonomi wilayah dan peningkatan taraf kesejahteraan masyarakat baik masyarakat pedesaan maupun masyarakat perkotaan. Pada saat ini pasokan energi listrik di Indonesia maupun Jawa Barat belum dapat memenuhi kebutuhan. PLN sebagai perusahaan penyedia tunggal energi listrik belum dapat menjamin ketersediaan listrik secara konstan dan merata seluruh wilayah di Indonesia.

Dengan timbulnya permasalahan ketersediaan penyediaan energi listrik oleh PLN, maka pemerintah didorong untuk melaksanakan pengembangan energi listrik selain dari PLN. Penyediaan energi listrik non-PLN disarankan menggunakan penyediaan berasal dari energi terbarukan. Menurut *Institute for Essential Services Reform (IESR)* (2019), menyatakan bahwa Provinsi Jawa Barat memiliki potensi energi terbarukan terbesar ketiga di Indonesia setelah Provinsi Kalimantan Barat dan Provinsi Papua, dengan nilai potensi sebesar 26.190 MW.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berbagai dampak yang timbul akibat pengembangan PLTMH serta menghitung besarnya biaya ekonomi yang terdiri dari berbagai

Estimasi Biaya Ekonomi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Provinsi Jawa Barat

macam biaya yang timbul dari PLTMH. berdasarkan hasil perhitungan estimasi biaya ekonomi diketahui bahwa biaya ekonomi dalam pengembangan PLTMH di Provinsi Jawa Barat cukup besar. Dalam biaya ekonomi dalam perhitungan ini terdapat dua biaya, yaitu biaya privat dan biaya sosial. Biaya privat yang akan dikeluarkan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat maupun sektor privat sebagai pihak pengembang sebesar Rp. 66.819.047.098 yang terdiri atas biaya pembangunan dan biaya operasional dan pemeliharaan. Biaya privat ditujukan untuk melaksanakan pembangunan dan keberlangsungan aktivitas atas energi listrik di kawasan PLTMH. Namun tidak hanya itu saja, pengembangan PLTMH di Jawa Barat menimbulkan biaya sosial yang cukup besar. Pada penelitian ini, biaya sosial yang timbul dari aktivitas pengembangan PLTMH sebesar Rp 626.400.00 yang terdiri atas nilai pengeluaran masyarakat atas penggunaan listrik PLTMH. Jadi, berdasarkan hasil perhitungan biaya ekonomi yang timbul atas aktivitas pengembangan PLTMH sebesar Rp 67.445.447.098.

Selain menimbulkan berbagai biaya ekonomi, pembangunan PLTMH juga memiliki manfaat baik manfaat sosial maupun manfaat lingkungan. manfaat sosial tersebut salah satunya adanya peningkatan pendapatan masyarakat akibat terjadinya peningkatan aktivitas ekonomi. Sedangkan manfaat lingkungan yang diperoleh yaitu terjadinya penurunan emisi karbon dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil dan menurunnya alih fungsi lahan untuk pembangunan pembangkit listrik.

Dengan timbulnya biaya ekonomi patut menjadi pertimbangan akibat biaya tersebut mencerminkan suatu kerugian bagi masyarakat maupun pemerintah. Besarnya biaya ekonomi seyogyanya menjadi acuan pemerintah provinsi maupun kota/kabupaten guna merencanakan langkah yang tepat untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh pelaksanaan pengembangan PLTMH di Jawa Barat. Dengan begitu diharapkan dampak yang timbul menjadi minimalisir oleh pihak pengembangan.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistika Indonesia. (2019). *Statistika Listrik 2013 - 2018*. Jakarta: BPS Indonesia.
- Balkhair, K., & Rahman, K. (2017). Sustainable and economical small-scale and low-head hydropower generation: A promising alternative potential solution for energy generation at local and regional scale. *Applied Energy* 188, 378 - 391.
- BPS Provinsi Jawa Barat. (2020). *Provinsi Jawa Barat dalam Angka 2020*. Bandung: BPS JABAR.
- Buyung, S. (2016). Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Campbell, R. (2010). Small hydro and low-head hydro power technologies and prospects. *Congressional Research Service*, 41089, 1 - 15.
- Curtean-Banaduc, A., Pauli, S., BĂNĂDUC, D., Didenko, A., Sender, J., Maric, S., . . . Zakeyyuddin, S. (2015). Environmental Aspects of Implementation of Micro Hydro Power Plants—A Short Review. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 17(2), 179 -182.
- Dana Mitra Lingkungan. (2015). *Masalah Listrik Pedesaan*. Jakarta: Dana Mitra Lingkungan .
- Erinofardi, Gokhale, P., Date, A., Akbarzadeh, A., Bismantolo, P., Suryono, A. F., . . . Nuramal, A. (2017). A review on micro hydropower in Indonesia. *Energy Procedia* 110, 316 - 321.
- Fauzi, A. (2004). *Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan: Teori dan aplikasi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- González, A., Aristizábal, A., & Díaz, R. (2009). Micro Hydro Power Plants in Andean Bolivian communities: impacts on development and environment. *International conference on renewable energies and power quality, Valencia.*, 326 - 334.
- Gorkhali, S. (2005). Energy and economic welfare (cost-benefit analysis of micro-hydro systems in Nepal) (No. 179). *IEE Working Papers*.
- IESR. (2019). *Laporan Status Energi Bersih Indonesia: Potensi, Kapasitas Terpasang, dan Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan 2019*. Jakarta: IESR.

- Kelian, H. S. (2017). Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Wae Bobot Kecamatan Werinama Kabupaten Seram Bagian Timur. *Jurnal Simetrik Vol. 7*, 8 - 12.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2019). *Statistika Ketenagalistrikan No. 32 - 2018*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan .
- Klugmann-Radziemska, E. (2014). Environmental Impacts of Renewable Energy Technologies. *2014 5th International Conference on Environmental Science and Technology*, 104 -109.
- Lang, C. (2016, April 29). *REDD and voluntary carbon markets: Prices falling as supply exceeds demand*. Retrieved from REDD-Monitor.org: <https://redd-monitor.org/2015/11/20/redd-and-voluntary-carbon-markets-prices-falling-as-supply-exceeds-demand/>
- M. Arnaiz, T.A. Cochrane, R. Hastie, & C. Ballen. (2018). Micro-hydropower impact on communities' livelihood analysed with the capability Approach. *Energy for Sustainable Development 45*, 206 - 210.
- Philipinanto, D. A. (2020, September 11). Potensi energi terbarukan di Jawa Barat serta Perkembangan Pembangunannya. (M. Faza, Interviewer)
- Purnama , A. (2011). Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Studi Kasus: PLTMH Minggir pada saluran irigasi Minggir di Padukuhan Klagaran Desa Sendangrejo Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman. *Jurnal UNSA Progress Jilid 10*, 93 - 111.
- Purwanto. (2011). Analisis Finansial dan Ekonomi Pembangkit Listrik Mikrohidro di beberapa lokasi, Propinsi Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kebutuhan Vol. 8 No. 4*, 251 - 264.
- Rosaria, I., & Hermawati, W. (2014). Dampak listrik PLTMH terhadap kehidupan sosial ekonomi masyarakat di Dusun Gunung Sawur, Desa Sumber Rejo, Candipuro, Lumajang. *Konferensi dan Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna*, (pp. 456 - 507).
- Sabdullah, M. (2017). Optimisasi Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Mirohidro (PLTMH) Berbasis Masyarakat di Bangka Belitung (Pilot Project KemenESDM 2014). *Jurnal Teknologi Informasi Vol. XII Nomor 35*, 1 - 8.
- Setiadi, R. D., & Aidar, N. (2016). Dampak Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) terhadap Perekonomian Masyarakat di Kecamatan Lhoong Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa (JIM) Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Unsyiah*, 188 - 198.
- Suarda , M., Puta Negara, D., & Gunawa Tista, S. (2009). Kajian Teknis dan Ekonomis Pemanfaatan Aliran Sungai Oot sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro. *Seminar Nasional Tabunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII*.
- Sugiyono, A. (2009). Pemberdayaan Masyarakat dalam Mengelola Potensi Sumber Daya Air melalui Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Mikro Hidro. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan, JESP, 1(3)*, 121 - 128.
- Sukamta, S., & Kusmantoro, A. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Talabas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro Vol. 5* , 58 - 63.
- Tarigan, R. (2005). *Ekonomi Regional: Teori Dan Aplikasi* . Medan: PT. Bumi Aksara.
- Tietenberg, T., & Lewis, L. (2016). *Environmental and natural resource economics*. Routledge.
- Umar, M., & Hussain, A. (2015). Micro Hydro Power: A Source of Sustainable Energy in Rural Communities: Economic and Environmental Perspectives. *The Pakistan Development Review*, 487 - 505.
- Veronica. (2020). Analisis SROI (Social Return on Investment) dalam Mengukur Keberhasilan Program CSR Mikrohydro oleh PT. PJB UP Paiton di Desa Andungbiru, Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Ilmiah Politik, Kebijakan, & Sosial*, 1 - 8.
- W. Apichonnabutr, & A. Tiwary. (2018). Trade-offs between economic and environmental performance of an autonomous hybrid energy system using micro hydro. *Applied Energy 226*, 891 - 904.

Estimasi Biaya Ekonomi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Provinsi Jawa Barat

- Wibowo, H., Daud, A., & Al Amin, M. (2015). Kajian Teknis Dan Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Sungai Lematang Kota Pagar Alam. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 4(1).
- Y. Andriani, T.Y.M. Zaqlael, & R.H. Koestoer. (2015). Analisis Dampak Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada Daerah Aliran Sungai Enim di Desa Tanjung Tiga Kabupaten Muara Enim. *Seminar Nasional Added Value of Energy Resources (AVoER) Ke-7*.
- Zhou, D., & Deng, Z. (2017). Ultra-low-head hydroelectric technology: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78, 23 - 30.