

## Life Cycle Analysis pada Pembangkit Tenaga Listrik Mini Hidro di Lhoksandeng, Meuruedu, Pidie Jaya

Teuku Azuar Rizal<sup>1, a\*</sup>, Nasruddin<sup>2, b</sup> dan Hamdani<sup>3, c</sup>

<sup>1</sup>Universitas Samudra, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Samudra, Indonesia

<sup>3</sup>Universitas Samudra, Indonesia

email: [azuarrizal@gmail.com](mailto:azuarrizal@gmail.com), [nasruddin.aaf@gmail.com](mailto:nasruddin.aaf@gmail.com), [hamdani\\_umar@yahoo.com](mailto:hamdani_umar@yahoo.com)

### Abstrak

Pengurangan ketergantungan pasokan listrik dari sumber-sumber di luar Provinsi Aceh menjadi isu yang semakin penting yang mendorong pemerintah daerah untuk terus mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya energi alternatif lokal yang dimilikinya. Salah satunya adalah melalui peningkatan produksi listrik independen (*Indepent Power Producer - IPP*) bertenaga hidro sebagaimana yang akan dibangun di wilayah Pidie Jaya. PLTMH ini memanfaatkan aliran Sungai Meureudu, yang berada di Desa Lhoksandeng untuk menghasilkan output daya 5,033 MW. Potensi ini diharapkan dapat menjadi sumber energi yang dapat diandalkan dan dapat digunakan terus menerus (*sustainable*). Tulisan ini bertujuan untuk melakukan LCA yang menggunakan teknik input-output ekonomis (EIO-LCA) guna mengkuantifikasi penggunaan energi, pelepasan gas rumah kaca, dan jangka pengembalian energi atau *Energy pay-back time* (EPBT) pada PLTM Lhoksandeng. EPBT yang diperoleh adalah 0.530 tahun, dengan emisi gas rumah kaca sebesar 0,292 gCO<sub>2eq</sub>/kWh<sub>e</sub>.

**Kata kunci** : *mini hidro, life cycle analysis, economic input-output, energi, emisi gas rumah kaca, energy pay-back time*

### Latar belakang

Secara umum, provinsi Aceh masih mengalami defisit pasokan listrik. Saat ini, kebutuhan listrik Aceh masih bergantung dari pasokan listrik dari pembangkit listrik di Sumatera Utara yang memasok sebesar 165 MW. Beban puncak total sistem Aceh saat ini mencapai 270 MW yang dipasok oleh dua sistem interkoneksi sebesar 195 MW (dipasok oleh pembangkit di Sumatera Bagian Utara sebesar 165 MW dan dari PLTD Lueng Bata, Sigli dan Lhokseumawe sebesar 30 MW) dan Sistem Isolated 75 MW (dipasok dari PLTD Blang Keujeren, Takengon, Meulaboh dan Sabang). Berdasarkan data tersebut, maka jumlah tenaga listrik yang dipasok pembangkit yang ada di wilayah Aceh hanya sebesar 105 MW dengan defisit sebesar 165 MW jika pasokan dari Sumatera Bagian Utara terhenti.[1]

Pemerintah Pusat dan Aceh terus berupaya melakukan peningkatan kapasitas listrik di Aceh dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap pasokan dari Sumatera Utara, antara lain dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif seperti hidro dan panas

bumi. Potensi panas bumi yang dimiliki Aceh mencapai 1.115 Mwe sedangkan potensi hidro mencapai 1.482,50 MW.[1]

Tabel 1. Sumber Energi di Provinsi Aceh

| No | Sumber Produksi Energi | Energi (MW) |
|----|------------------------|-------------|
| 1  | Provinsi Aceh          | 105         |
| 2  | Sumatra Barian Utara   | 165         |

Sumber: ESDM

Di sisi lain, peningkatan penggunaan energi dan proses pembangunan pembangkit energi juga menimbulkan problema tersendiri. Beberapa diantara problematika yang dihadapi adalah penggunaan energi pada saat proses pembangunan serta pelepasan emisi gas rumah kaca (GRK). Kedua hal ini menjadi sorotan karena kondisi kekinian yang dialami bumi saat ini berada pada tahap yang mengkhawatirkan dimana sumber daya energi *mainstream* yang semakin berkurang serta tingkat efek pemanasan global yang semakin nyata. Pemanfaatan energi alternatif semakin menjadi pilihan.

Meskipun demikian, opsi teknologi alternatif yang akan diimplementasikan tetap memiliki

potensi penggunaan sumber daya energi, pembentukan emisi karbon, dan beberapa dampak lingkungan lainnya. Oleh karena emisi karbon memiliki nilai harga dan ketentuan pembatasan emisi, hal ini mendorong pemanfaatan teknologi yang dapat mengurangi secara signifikan jumlah emisi yang timbul yang mungkin saja melampaui kebijakan mitigasi GRK. Untuk itulah, sangat dibutuhkan adanya kebijakan emisi GRK dalam lingkup nasional, regional dan internasional yang nantinya akan menghitung pelepasan dan pengurangan emisi suatu kegiatan selama siklus aktifnya (*life-cycle*)[2].

Secara umum, pembangkit tenaga air biasanya dikelompokkan dalam ukuran dan jenis (*run-of-river*, *reservoir* dan *pumped storage*). Meskipun tidak terdapat kesepakatan mengenai definisi pembangkit secara khusus, namun proyek pembangkit tenaga air (*hydropower*) umumnya didefinisikan sebagai berikut [3]:

1. Pembangkit Besar: 100 MW ke atas, biasanya tersambung ke jaringan listrik utama
2. Pembangkit Medium: berkisar antara 20 MW hingga 100 MW, selalu tersambung ke jaringan listrik utama
3. Pembangkit Kecil: berkisar dari 1 MW hingga 20 MW yang juga selalu tersambung ke jaringan listrik utama;
4. Pembangkit Micro: dari 5 kW hingga 100 kW biasanya untuk memasok energi kepada kelompok masyarakat ataupun industri pedesaan yang jauh dari jaringan listrik utama; dan
5. Pembangkit Pico: sekitar beberapa ratus watt hingga 5 kW

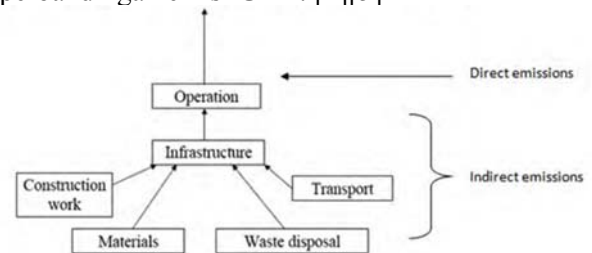
Tabel 2. Pendefinisian Pembangkit Listrik Tenaga Air ukuran Kecil, Small Hydropower

| Negara          | Small Hydropower (MW) |
|-----------------|-----------------------|
| Brazil          | ≤30                   |
| Kanada          | ≤50                   |
| Cina            | ≤50                   |
| Eropa Bersatu   | ≤20                   |
| India           | ≤25                   |
| Norwegia        | ≤10                   |
| Swedia          | ≤1.5                  |
| Amerika Serikat | 5-100                 |

Sumber: IPCC, 2011 dan IJHD, 2010

Siklus hidup emisi dari sebuah fasilitas pembangkit listrik mencakup emisi yang dikaitkan dengan proses konstruksi dan proses

pembongkaran pembangkit pada saat tidak digunakan atau emisi tak langsung (*indirect emissions*), demikian juga emisi yang dihasilkan dari selama masa operasional atau yang lebih sering dianggap sebagai emisi langsung (*direct emissions*). Secara ideal, siklus hidup emisi GRK pembangkit dihitung dalam interval waktu yang cukup panjang untuk menjawab semua efek yang muncul dari pembangkit dan siklus bahan bakarnya, dan, dalam hal pembangkit bertenaga air, meliputi keseluruhan *watershed*. Berkaitan dengan waktu tinggal, maka interval waktu 100-tahundirekomendasikan oleh IPCC (juga telah diadopsi oleh UNFCCC) sebagai standar waktu perbandingan emisi GRK. [4][5]



Gambar 1. Bagan rangkaian produksi listrik pada pembangkit listrik bertenaga air

### Gambaran Umum Proyek PLTMH Lhoksandeng

Menurut kategori sebagaimana yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka pembangkit listrik bertenaga air dengan kapasitas output daya  $\geq 5$  MW masuk dalam kategori ukuran kecil atau mini. Sehingga dengan demikian penamaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) Lhoksandeng sesuai dengan kategori yang umum digunakan. PLTMH Lhoksandeng ini berada di Desa Lhoksandeng, kecamatan Meurudue, Pidie Jaya, Provinsi Aceh. PLTMH ini ini memanfaatkan aliran Sungai Meureudu, yang dirancang mampu menghasilkan output daya 5,033 MW[6].

### Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode *Economic Input-Output Life Cycle Assessment* (EIO-LCA). Metode ini oleh beberapa kalangan dianggap sebagai metode yang mudah, murah serta cepat dalam melakukan LCA. Metode ini dipakai untuk memperkirakan atau mengestimasi sumber daya material dan energi yang dibutuhkan untuk sebuah kegiatan, sekaligus menghitung emisi yang dilepaskan ke lingkungan berdasarkan besaran nilai ekonomi kegiatan yang dilakukan. Metode EIO-LCA ini pada mulanya ditekankan oleh

*Wassily Leontief*, yang selanjutnya dikembangkan oleh Green Design Institute di Universitas Carnegie Melon menjadi metode EIO-LCA yang operasional menggunakan matrix kalkulasi berbasis web. Kalkulasi EIO-LCA ini dilakukan menggunakan basis data input-output ekonomi di negara Amerika Serikat[7][8].

Basis data yang digunakan dalam penelitian ini merujuk kepada data ekonomi Amerika Serikat tahun 1997. Penggunaan basis data ini dilakukan, semata-mata, karena hingga saat ini belum ditemukan basis data yang secara spesifik menggunakan parameter EIO-LCA yang relatif sesuai untuk negara Indonesia ataupun negara dengan karakteristik perekonomian yang mirip

sangat detail, akan tetapi untuk tujuan perbandingan dan transparansi, maka perhitungan biaya yang digunakan dalam penelitian ini diambil hasil perhitungan yang sederhana. Tujuan dari penyederhanaan ini adalah untuk memudahkan penggunaan data, asumsi-asumsi,peningkatkan transparansi dan kepastian dalam analisis, serta untuk dapat memudahkan perbandingan biaya berdasarkan negara atau wilayah dimana teknologi yang sama diterapkan. Upaya penyederhanaan ini juga diharapkan dapat membantu mengidentifikasi perbedaan-perbedaan yang mungkin ditemukan.[3]

### Analisis

Tabel 4. Inventori penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca untuk kegiatan pembangunan PLTM lhoksandeng.

| No | Deskripsi Kegiatan | Biaya* [Rp]<br>(10 <sup>6</sup> ) | Biaya**<br>[USD]<br>10 <sup>6</sup> | Energy [TJ] | Emisi GRK<br>[MgCO <sub>2eq</sub> ] |
|----|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| 1  | Konstruksi Sipil   | 1.7252,916                        | 6,288                               | 54.382,56   | 4.328,20                            |
| 2  | M & E Equipment    | 6.362,381                         | 2,272                               | 14.912,60   | 1.219,65                            |
| 3  | O&M                | 3.020,04                          | 8,305                               | 62,74       | 5.070,09                            |
|    | Total              | 26.635,337                        | 16,865                              | 69.358      | 10.618                              |

\* biaya dihitung ulang berdasarkan nilai mata uang rupiah pada tahun 1997

\*\* biaya pembangunan dihitung dalam kurs USD pada tahun 1997

dengan Indonesia. Hasil yang diperoleh dari penggunaan perangkat daring EIO-LCA memberikan panduan tentang dampak relatif dari berbagai jenis produk, material dan jasa atau industri yang berkaitan dengan sumber daya yang digunakan serta emisi yang dilepaskan didalam arus penyediaannya (*supply chain*). Sehingga, dampak dari produksi suatu produk akan mencakup seluruh kegiatan pada fasilitas perakitan ditambahkan dengan dampak dari kegiatan penambangan dan pemrosesan material, serta pembuatan komponen pendukung yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk. [7][8]

Karena analisis LCA dalam penelitian ini didasarkan kepada perhitungan biaya maka tolok ukur penentuan biaya harus diperjelas. Biaya dapat dihitung menggunakan beberapa cara, dimana masing-masing pendekatan dapat menyebabkan timbulnya perbedaan pada hasil analisis akhir LCA. Biaya yang dapat dihitung, pada umumnya mencakup biaya-biaya peralatan seperti turbin, modul PV, pemantul solar; biaya penggantian suku cadang, biaya finansial, total biaya pemasangan dan variabel biaya operasional dan maintainan (O&M), biaya bahan bakar, dan terakhir adalah *levelised cost of energy* (LCOE). Analisis biaya yang dilakukan bisa saja menjadi

Pada proses pembangunan fasilitas PLTMH ini, total biaya untuk masing-masing kegiatan adalah:

Tabel 3. Rekapitulasi Biaya Pembangunan dan Operasional PLTM, Lhoksandeng

| No | Deskripsi Kegiatan                                 | Total Biaya<br>[IDR]<br>(10 <sup>6</sup> ) |
|----|--|--|
| 1  | Konstruksi Sipil                                   | 73.946                                     |
| 2  | Peralatan M & E                                    | 26.722                                     |
| 3  | O & M tahunan<br>(diasumsikan 3% dari total biaya) | 3.020                                      |

Dengan menggunakan kalkulasi Varun et.all., 2008, diperoleh hasil sebagai mana ditampikan pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. EPBT &emisi GRK

| No | Karakteristik   | Nilai      |
|----|---|------------|
| 1  | Kapasitas [MW]  | 5,033      |
| 2  | Energi yang Dihasilkan<br>[kWh <sub>e</sub> /thn]           | 36.317.000 |
| 3  | EPBT [tahun]  | 0,530      |
| 4  | Emisi Rumah kaca<br>[gCO <sub>2eq</sub> /kWh <sub>e</sub> ] | 0,292      |

## Kesimpulan

Studi LCA terhadap PLTMH Lhoksandeng telah dilakukan. Hasilnya memperlihatkan bahwa *energy pay-back time* (EPBT) adalah 0.530 tahun, dengan emisi gas rumah kaca sebesar 0,292 gCO<sub>2eq</sub>/kWh<sub>e</sub>.

## Referensi

- [1] SF (ESDM), “Kurangi Ketergantungan Pasokan Listrik Sumatera Utara, Pemerintah Aceh Optimalkan Energi Alternatif,” 2012.
- [2] D. Weisser, “A guide to life-cycle greenhouse gas ( GHG ) emissions from electric supply technologies,” PESS / IAEA, Vienna, 2001.
- [3] IRENA, “Hydropower.” IRENA, Abu Dhabi, 2012.
- [4] IPCC, “Climate change: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC,” New York, USA, 2006.
- [5] W. Steinhurst, P. Knight, and M. Schultz, “Hydropower Greenhouse Gas Emissions,” Cambridge, MA, 2012.
- [6] Indonesia Hydro Consult, “Laporan Studi Awal PLTM Lhoksandeng, Pidie Jaya, Nanggroe Aceh Darussalam,” Meureudu, Pidie Jaya, 2013.
- [7] Carnegie Mellon Institute, “eiolca.net tutorial.” [Online]. Available: [http://www.eiolca.net/tutorial/EIOLCA\\_Tut\\_1.html](http://www.eiolca.net/tutorial/EIOLCA_Tut_1.html). [Accessed: 12-Jun-2014].
- [8] Varun, R. Prakash, and I. K. Bhat, “Life Cycle Energy and GHG Analysis of Hydroelectric Power Development in India,” *Int. J. Green Energy*, vol. 7, no. 4, pp. 361–375, Jul. 2010.