



Studi Potensi Sumberdaya Air Untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di kabupaten Aceh Barat Daya

Razali Thaib^{a,*}, Teuku Azuar Rizal^b dan Hamdani Umar^a

^a Prodi Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh, 23111

^b Prodi Teknik Mesin Universitas Samudra, Meurandeh, Kota Langsa, 24416

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 November 2015

Direvisi dari 20 November 2015

Diterima 30 November 2015

Kata Kunci:

Potensi Energy;

PLTMH

ABSTRAK

Secara morfologi daerah Kabupaten Aceh Barat Daya terdiri dari berbagai satuan morfologi seperti pegunungan, perbukitan, dataran dan lain lain. Sebagai daerah tangkapan air (catchment Area), morfologi pegunungan merupakan daerah yang banyak terdapat sungai sungai yang mengalir pada suatu ketinggian / elevasi tertentu. Adanya perbedaan ketinggian dengan didukung oleh debit air yang besar, neraca air yang relative stabil dan didukung oleh data data lainnya pada suatu sungai, merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik. Tujuan kajian ini adalah mendapatkan karakteristik mendasar PLTMH yang meliputi: Investigasi lapangan dan kajian dasar: topografi, geologi, hidrologi dan kajian potensi daya dan analisis keuangan. Dua lokasi penelitian yaitu : Alur Batee Geulumbak Desa Mata Ie Kecamatan Blangpidie dengan posisi berada pada titik koordinat 03045° 45,7" LU, . 96053° 02,5' BT. Dusun Lhok Batee Intan Desa Padang Kecamatan Manggeng dengan posisi berada ada titik koordinat: 03040° 04,6" LU, 0960 59° 11,6" BT. Hasil studi potensi air untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) di Kabupaten Aceh Barat Daya diperoleh: Potensi energi air pada Lokasi Alue Batee Geulumbak dengan memanfaatkan aliran 0,4 m³/s, tinggi jatuh efektif 112 m, mampu menghasilkan daya 355 KW dan kapasitas energi dapat terjual 2,34 GWh/tahun. Potensi energi air pada Lokasi Desa Batee Intan dengan memanfaatkan aliran 0,5 m³/s, tinggi jatuh efektif 163 m, mampu menghasilkan daya 744 KW dan kapasitas dapat terjual 4,90 Gwh/tahun.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. PENDAHULUAN

Peran energi dalam memenuhi kebutuhan manusia semakin meningkat seiring dengan berkembangnya zaman. Salah satu bentuk energi yang tidak dapat terlepas dari kehidupan manusia adalah energi listrik. Kebutuhan energi listrik meningkat seiring dengan ditemukannya teknologi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, industri dan transportasi.

Pertumbuhan beban pada Sistem Kelistrikan Sumatera khususnya Sistem Kelistrikan di Kabupaten Aceh Selatan dan Sistem Aceh Barat Daya (Abdya) mengalami peningkatan dan telah melampaui daya mampu pembangkitan yang ada, sehingga menyebabkan kekurangan energi listrik. Disamping itu kondisi

pembangkit yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) untuk melayani kebutuhan listrik wilayah Aceh Barat Daya dan Aceh Selatan yakni PLTD Setia, PLTD Tapak Tuan dan PLTD Kota Fajar telah melampaui masa operasi mencapai diatas 20 tahun sehingga diperkirakan akan mengganggu suplai dan menyebabkan terjadi krisis energi listrik. Upaya untuk mengatasi krisis energi listrik tersebut adalah dengan menambah kemampuan pembangkitan melalui pembangunan pembangkit listrik baru secara bertahap.

Air merupakan sumber energi yang berpotensi besar sebagai pembangkit listrik. Pembangkit listrik tenaga air semakin strategis sebagai salah satu sumber daya energi terbarukan, mengingat potensi sumber daya energi dari fosil dan batubara akan semakin berkurang. Namun, kebutuhan listrik masyarakat dan penerangan jalan sangat dibatasi. Hal ini didasarkan pada

* Penulis Utama.

e-mail: razalithaib@unsyiah.ac.id

ketersediaan potensi sumber daya air, kemampuan memelihara dan membiayai penggunaan listrik, serta besarnya biaya pembangunan. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi dari perluasan jaringan listrik, membuat mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi dalam memenuhi kebutuhan listrik. Hal tersebut dikarenakan skema mikrohidro sederhana, mudah dalam perancangan, pengoperasian dan pemeliharaan dengan biaya yang murah.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat dibangun apabila terdapat aliran air dan tinggi jatuh yang cukup sehingga kelayakannya dapat tercapai. Kabupaten Aceh Barat Daya merupakan daerah yang sebagian daerahnya berbukit-bukit sehingga banyak terdapat sungai-sungai yang alirannya deras. Daerah ini pada umumnya juga memiliki curah hujan yang cukup, yaitu sekitar 3500-4500 mm per tahun. Kondisi konservasi alamnya pun pada umumnya masih cukup terjaga. Ketiga faktor tersebut menyebabkan kabupaten ini memiliki potensi PLTA yang cukup.

Secara morfologi daerah Kabupaten Aceh Barat Daya terdiri dari berbagai satuan morfologi seperti pegunungan, perbukitan, dataran dan lain lain. Sebagai daerah tangkapan air (catchment Area), morfologi pegunungan merupakan daerah yang banyak terdapat sungai-sungai yang mengalir pada suatu ketinggian / elevasi tertentu. Adanya perbedaan ketinggian dengan didukung oleh debit air yang besar, neraca air yang relative stabil dan didukung oleh data data lainnya pada suatu sungai, merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik.

Adapun yang menjadi sasaran penelitian ini adalah daerah pegunungan (perbukitan) yang memiliki sumber air terjun dengan memanfaatkan elevasi / kontour alam perbukitan untuk menghasilkan daya listrik sesuai dengan kapasitas dan debit air yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi Listrik tenaga mikro hidro: Berdasarkan hal tersebut terdapat 2 (dua) lokasi penelitian yaitu :

1. Alur Batee Geulumbak Desa Mata Ie Kecamatan Blangpidie dengan posisi berada pada titik koordinat $03^{\circ}45' .45,7''$ LU, . $96^{\circ}53'02,5''$ BT. Dengan jarak tempuh 2 Km dari titik terakhir tiang listrik yang sudah terpasang.
2. Dusun Lhok Batee Intan Desa Padang Kecamatan Manggeng dengan posisi berada ada titik koordinat : $03^{\circ}40'04,6''$ LU, $096^{\circ}59'11,6''$ BT dengan jarak dari lokasi ke tiang listrik yang sudah terpasang adalah 8 Km.

2. KONDISI UMUM KABUPATEN ACEH BARAT DAYA

2.1. Kondisi Geografis

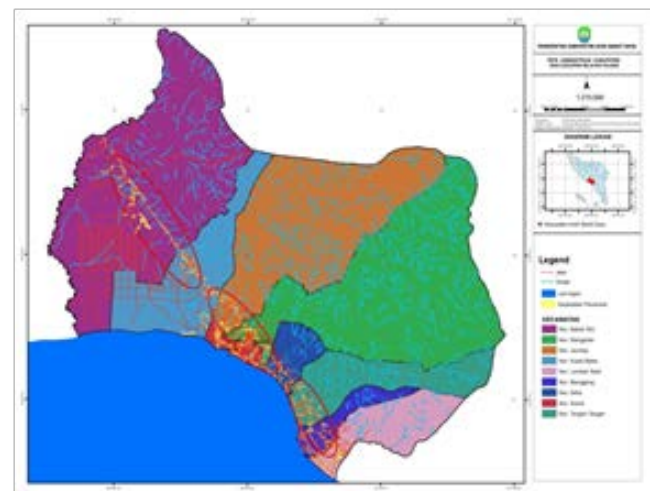
Kabupaten Aceh Barat Daya merupakan salah satu dari 23 Kabupaten/Kota yang berada di bawah wilayah administrasi Provinsi Aceh. Posisi geografis Aceh Barat Daya sangat strategis dibanding kabupaten lain, karena berada di bagian barat Provinsi Aceh yang menghubungkan lintasan koridor barat dengan berbatasan langsung laut lepas (Samudera Hindia), menjadi hilir dari sungai-sungai besar yang mengalir perairan lepas serta

mempunyai topografi yang sangat fluktuatif, mulai dari datar (pantai) sampai bergelombang (gunung dan perbukitan).

Wilayah Kabupaten Aceh Barat Daya mempunyai luas 188.205 Ha yang meliputi 9 (sembilan) Kecamatan yang tersebar di 152 (seratus lima puluh dua) Desa. Secara geografis Kabupaten Aceh Barat Daya terletak di bagian Timur Propinsi Aceh yaitu berada pada $96^{\circ}34'57'' - 97^{\circ}09'19''$ Bujur Timur dan $3^{\circ}34'24'' - 4^{\circ}05'37''$ Lintang Utara. Secara administrasi Kabupaten Aceh Barat Daya memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kabupaten Gayo Lues;
- Sebelah Selatan : Samudera Hindia;
- Sebelah Barat : Kabupaten Nagan Raya; dan
- Sebelah Timur : Kabupaten Aceh Selatan.

Kondisi wilayah Kabupaten Aceh Barat Daya yang merupakan daerah dataran rendah pada umumnya memiliki ketinggian 0-25 mdpl tersebar sepanjang jalan utama Kabupaten. Dimana sebagian besar terletak pada Kecamatan Susoh, bagian barat Kecamatan Babahrot, Kecamatan Kuala Batee, Kecamatan Blangpidie, Kecamatan Setia, Kecamatan Tangan-tangan, Kecamatan Manggeng. Untuk wilayah dengan ketinggian diatas 500 mdpl berada di Bagian Tengah Kabupaten Aceh Barat Daya tepatnya berada di sebagian besar Kecamatan Jeumpa, Kecamatan Kuala Batee, Kecamatan Setia, Kecamatan Tangan-tangan dan di Kecamatan Lembah Sabil. Sedangkan untuk wilayah dengan ketinggian diatas 1000 mdpl sebagian besar berada di sebelah Timur Kabupaten Aceh Barat Daya, tepatnya berada di Kecamatan Jeumpa, Kecamatan Tangan-tangan, Kecamatan Manggeng dan di bagian Utara Kecamatan Babahrot serta di bagian timur kecamatan Lembah sabil.



Gambar 2.1 Peta Administrasi Kabupaten Aceh Barat Daya

2.2. Iklim

Kabupaten Aceh Barat Daya beriklim tropis dengan curah hujan rata-rata 3.785,5 mm per tahun. Bulan januari sampai agustus merupakan bulan musim kemarau, sedangkan musim hujan biasanya terjadi pada bulan september sampai desember. Dengan curah hujan yang tinggi ini, sering terjadi penyimpangan dimana

2.6. Kependudukan

Kependudukan merupakan faktor penentu perekonomian karena penduduk tidak hanya sebagai pelaku tetapi juga sebagai sasaran pembangunan terutama dalam hal investasi pendidikan yang merupakan posisi sentral dalam pembangunan karena sasarannya adalah peningkatan kualitas sumberdaya manusia, oleh sebab itu pendidikan juga merupakan alur tengah dari seluruh sektor pembangunan, dimana salah satu tujuan dari pelaksanaan pembangunan adalah meningkatkan kesejahteraan dari penduduk itu sendiri. Oleh karenanya pengelolaan penduduk perlu diarahkan pada pengendalian kuantitas, peningkatan kualitas serta pengarahannya guna menunjang kegiatan pembangunan.

1. Perkembangan Penduduk Kabupaten Aceh Barat Daya dalam kurun waktu lima tahun terakhir memperlihatkan angka yang fluktuatif, hal ini dipengaruhi oleh faktor kelahiran, kematian dan migrasi penduduk. Sepanjang tahun 2009-2013, jumlah penduduk di Kabupaten Aceh Selatan mengalami pertumbuhan rata-rata 0,91 persen per tahun. Angka pertumbuhan ini tergolong sedikit lebih tinggi dibanding laju pertumbuhan rata-rata penduduk Provinsi Aceh yang tumbuh sebesar 0,47 persen per tahunnya.
2. Kependudukan merupakan faktor penentu perekonomian karena penduduk tidak hanya sebagai pelaku tetapi juga sebagai sasaran pembangunan terutama dalam hal investasi pendidikan yang merupakan posisi sentral dalam pembangunan karena sasarannya adalah peningkatan kualitas sumberdaya manusia, oleh sebab itu pendidikan juga merupakan alur tengah dari seluruh sektor pembangunan, dimana salah satu tujuan dari pelaksanaan pembangunan adalah meningkatkan kesejahteraan dari penduduk itu sendiri. Oleh karenanya pengelolaan penduduk perlu diarahkan pada pengendalian kuantitas, peningkatan kualitas serta pengarahannya guna menunjang kegiatan pembangunan.

Tabel 2.1 Hasil Jumlah Penduduk Kabupaten Aceh Barat Daya

Thn	Jumlah Rumah Tangga	Penduduk		
		Laki-laki	Perempuan	Total
2009	31.799	66.03	64.391	130.421
2010	35.128	69.661	68	137.661
2011	38.496	73.221	71.566	144.787
2012	39.567	74.874	73.05	147.924

Sumber : BPS (Sakernas) 2013

Seiring dengan terjadinya transformasi perekonomian daerah maka profesi penduduk yang berkeja sebagai petani juga sudah mulai menurun. Sementara penduduk yang bekerja pada sektor jasa dan manufaktur relatif meningkat jumlahnya dalam proporsi penduduk yang bekerja di Kabupaten Aceh Selatan. Kondisi ini menunjukkan sektor pertanian tidak lagi dominan dalam menyerap tenaga kerja di Kabupaten Aceh Barat Daya.

3. METODELOGI

Survey dalam rangka penjajagan teknis awal dilaksanakan pada musim kemarau dengan tujuan untuk mendapatkan pengukuran debit air yang mendekati kondisi minimum. Lokasi-lokasi potensial untuk pembangunan PLTMH ditentukan berdasarkan informasi-informasi berikut:

1. Informasi awal lokasi
2. Data tentang elektrifikasi lokasi desa yang belum terlistriki.
3. Informasi-informasi tambahan yang didapatkan selama kegiatan survei di lapangan.

Berdasarkan pengamatan di lapangan pada survey awal, studi potensi PLTMH diputuskan untuk dilanjutkan dengan memperhatikan kriteria-kriteria berikut.

1. Total panjang jaringan transmisi/distribusi dan jarak pembangkit terhadap penerima daya (titik beban) terjauh untuk sistem on-grid adalah 4 km.
2. Potensi daya listrik terbangkit
3. Kontinuitas air tersedia sepanjang tahun
4. Tidak ada kondisi ekstrim di lokasi PLTMH yang menyebabkan biaya pembangunan menjadi sangat mahal sehingga tidak sebanding dengan daya listrik terbangkit.
5. Site plant tidak berada di kawasan cagar alam atau budaya yang melarang pembangunan fisik permanen di lokasi tersebut.

Identifikasi lokasi dan pencarian data awal dilakukan secara terstruktur berdasarkan form studi yang telah disiapkan (Lampiran

1). Data yang diperoleh dari survey awal adalah

1. Gambaran Umum Wilayah
 - Identifikasi lokasi
 - Jarak lokasi pembangunan (pusat beban) terhadap jaringan PLN terdekat
 - Nama sungai, sumber air yang menjadi penyedia sumber daya air untuk PLTMH
2. Informasi Teknik
 - Estimasi debit aliran air yang menjadi penyedia sumber daya air untuk PLTMH
 - Debit air yang direncanakan dan diharapkan dapat tersedia sepanjang tahun
 - Pengukuran head dan estimasi head yang dapat diperoleh
 - Estimasi total daya terbangkit
 - Estimasi panjang jaringan transmisi dan distribusi yang diperlukan
 - Estimasi jarak dari power house ke pusat beban
 - Foto-foto yang menunjukkan gambaran rencana lokasi.
 - Gambaran umum untuk mencapai lokasi pusat beban dan lokasi Site Plant.
 - Informasi yang berkaitan dengan topografi dan kondisi sekitar site plant yang berkaitan dengan rencana pembangunan PLTMH.
3. Data sekunder yang diperlukan adalah
 - Data kependudukan dan kewilayahan
 - Data potensi desa atau kecamatan
 - Data yang berkaitan dengan aspek teknik dan non-teknik pendukung.

4. Data Pendukung Lainnya

- Peta-peta yang tersedia dan dipergunakan didalam analisis ini antara lain adalah sebagai berikut.
- Peta rupabumi dengan skala 1 : 50.000 didapatkan dari kantor Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) di Cibinong, Kabupaten Bogor, yaitu lembar 0521-11 Glumpangminyeok. Peta tersebut meliputi garis kontur ketinggian, tataguna lahan, jalan, sungai, nama tempat, bangunan dan fitur-fitur rupabumi yang ada.
- Peta yang diperoleh dari ASTER Global Digital Elevation Model Versi 2 (ASTER GDEM V2), sebuah produk yang dihasilkan oleh kerjasama antara Kementerian Ekonomi, Perdagangan dan Industri Jepang (METI) dengan Badan Administrasi Aeronautika dan Luar Angkasa Amerika Serikat (NASA). Produk ini diperoleh berdasarkan sebuah penelitian yang disebut Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) dengan keluaran terakhir pada 17 Oktober 2011. Peta tersebut memiliki resolusi spasial kurang lebih 15 m pada bidang horisontal.
- Peta citra satelit yang diperoleh dari Google Earth, Google Map dan BingMaps untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi tataguna lahan, vegetasi, keairan dan fitur-fitur lapangan yang terdapat didalam DAS.
- Atlas Curah Hujan Indonesia yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) bekerjasama dengan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), untuk memberikan gambaran mengenai curah hujan didalam DAS.
- Peta tataguna lahan dan fungsi hutan didalam DAS maupun di sekitarnya yang diperoleh dari Kementerian Kehutanan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada hasil surevei lokasi yang dipandang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi suatu PLTMH adalah:

5. Alur Batee Geulumbak yang berada di Desa Mata Ie Kecamatan Blangpidie. Lokasi pengamatan merupakan air terjun yang merupakan bagian anak sungai dari Krueng Beukah. Masyarakat setempat biasa menyebut anak sungai tersebut dengan nama Alue Batee Meugumbak. Lokasi pengamatan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat atau roda dua dari Kota Blang Pidie. Perjalanan menuju lokasi dimulai dari Kota Blang Pidie menuju Bendung Mata Ie. Selanjutnya perjalanan dilanjutkan melalui jalan di pinggir Krueng Beukah. Jalan tersebut merupakan jalan pengerasan yang digunakan untuk mencapai perkebunan milik warga. Jarak tempuh dari desa terdekat menuju lokasi lebih kurang 4 km.
6. Dusun Lhok Batee Intan Desa Padang Kecamatan Manggeng. Lokasi pengamatan merupakan bagian anak sungai dari Manggeng. Masyarakat setempat biasa menyebut anak sungai tersebut dengan nama Batee Intan. Lokasi pengamatan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat atau roda dua dari Kota Manggeng. Perjalanan menuju lokasi dimulai dari Kota Manggeng.

4.1. Letak Geografis

Letak PLTMH yang menjadi sasaran pelaksanaan studi ini secara geografis terletak masing-masing:

1. Alur Batee Geulumbak Desa Mata Ie Kecamatan Blangpidie dengan posisi berada pada titik koordinat $03^{\circ}45'.45,7''$ LU, $96^{\circ}53'02,5''$ BT. Dengan jarak tempuh 2 Km dari titik terakhir tiang listrik yang sudah terpasang.



Gambar 3.3 Peta Lokasi Potensi Air Terjun Alur Batee Geulumbak

2. Dusun Lhok Batee Intan Desa Padang Kecamatan Manggeng dengan posisi berada ada titik koordinat : $03^{\circ}40'04,6''$ LU, $096^{\circ}59'11,6''$ BT dengan jarak dari lokasi ke tiang listrik yang sudah terpasang adalah 8 Km.



Gambar 3.4 Peta Lokasi Potensi Air Desa Lhok Batee Intan

Seluruh wilayah studi merupakan hutan lindung dengan tataguna lahan terdiri dari hutan primer (130.8 km², 41.3%), hutan sekunder (162.1 km², 51.2%), belukar (0.8 km², 0.3%) dan tanah terbuka (23.2 km², 7.3%). Tidak terdapat daerah pemukiman.

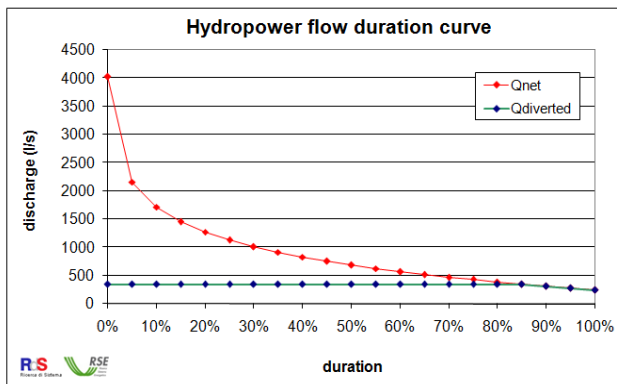
Berdasarkan pada Atlas Curah Hujan, curah hujan didalam wilayah studi ini pada umumnya lebih rendah pada sebelah hilir yaitu

sekitar 2000 mm/tahun dan lebih tinggi pada sebelah hulu yaitu sekitar 3500 mm/tahun. Besarnya evapotranspirasi aktual diperkirakan berdasarkan kurva Zhang (2001) dengan persamaan sebagai berikut:

$$ET = \left(f \frac{1+2 \times \frac{1410}{P}}{1+2 \times \frac{1410}{P} + \frac{1410}{P}} + (1-f) \frac{1+0.5 \times \frac{1100}{P}}{1+0.5 \times \frac{1100}{P} + \frac{1100}{P}} \right) P$$

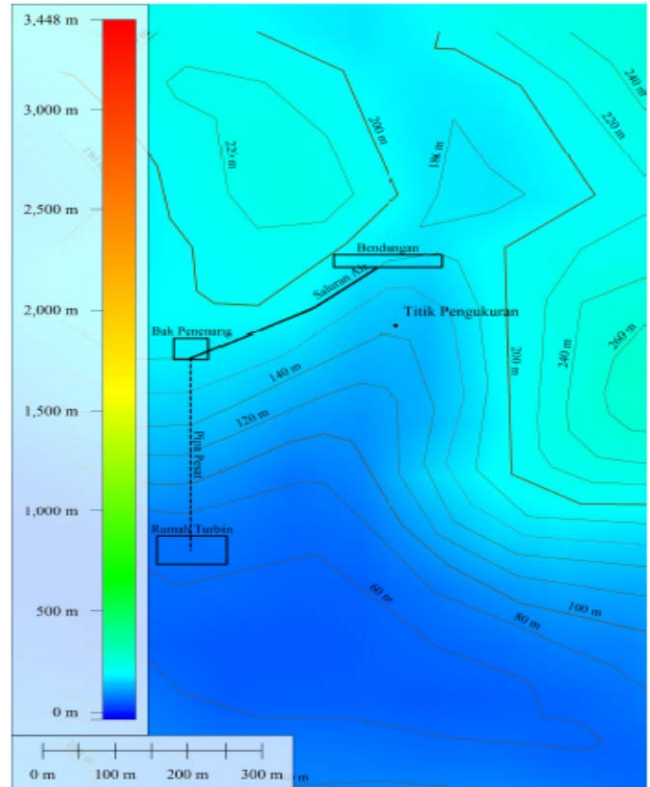
dengan ET adalah evapotranspirasi aktual rata-rata dalam mm, P adalah curah hujan tahunan rata-rata dalam mm dan f adalah rasio luas hutan dan DAS. Curah hujan rata-rata pada daerah kajian adalah P = 3400 mm dan f = 0,924 sehingga diperoleh ET = 1425,83 mm.

Dengan perkiraan curah hujan sebesar 3400 mm/tahun dan evapotranspirasi aktual sebesar 1425,83 mm/tahun maka curah hujan efektif rata-rata adalah 1974,17 mm/tahun. Dengan luas daerah aliran air terjun sebesar 28 km², hujan efektif tersebut akan menghasilkan aliran rata-rata sebesar 2,01 m³/s. Kurva durasi-aliran diperkirakan berdasarkan persamaan sebagai berikut

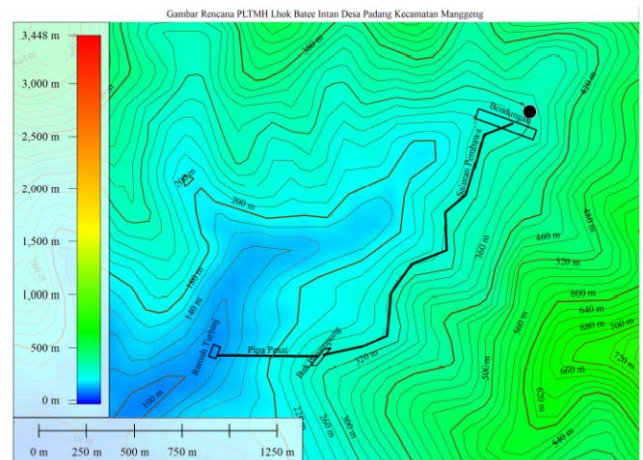


Gambar 3.5 Kurva durasi-aliran pada daerah aliran sungai Alur Batee Geulumbak

Tata letak pengembangan PLTMH terdiri dari bendung, kolam penenang, gedung sentral dan jalur saluran pembawa. Rencana tataletak PLTMH Alur Abtee Geulumbak adalah seperti ditunjukkan Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.6 Tata letak contour PLTMH Alur Batee Geulumbak



Gambar 3.7 Tata letak PLTMH Lhok Batee Intan

4.2. Perkiraan Daya dan Energi

Beberapa pertimbangan dalam memilih besarnya debit rancangan adalah sebagai berikut.

1. Jika investasi dilakukan dalam jangka pendek, pertimbangan indeks energi terkecil, biaya produksi terkecil dan IRR finansial proyek terbesar adalah yang paling menarik karena pelunasan pinjaman dan bunganya akan lebih rendah. Pertimbangan ini dibuat ketika investasi dilakukan hanya

dalam jangka pendek saja, misalnya, untuk memenuhi kebutuhan energi dalam jangka pendek dan akan digantikan dengan pembangkit yang lebih ekonomis. Pertimbangan ini biasanya diambil juga dalam hal IRR finansial proyek adalah marjinal sehingga tingkat pengembalian finansial mengedalikan investasi.

2. Jika investasi dilakukan dalam jangka panjang, pertimbangan NPV terbesar adalah yang paling menarik karena pendapatan yang lebih tinggi akan diperoleh dalam jangka panjang. Hal ini dapat dilakukan jika tarif penjualan listrik adalah tetap selama umur ekonomis proyek.
3. Jika selama umur ekonomis proyek tarif penjualan diperkirakan akan meningkat, mengambil debit yang lebih besar perlu dipertimbangkan. Dengan tarif penjualan meningkat, NPV terbesar akan berada pada debit yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa nilai air akan meningkat dengan kenaikan tarif penjualan sehingga peningkatan penggunaan air akan semakin memberikan manfaat. Berbeda halnya dengan IRR finansial, dimana kenaikan tarif penjualan tidak mengubah posisi IRR terbesar.
4. Pembeli energi listrik adalah PT PLN (Persero), biasanya membatasi faktor kapasitas dengan nilai minimum. Secara umum, PT PLN (Persero) akan membatasi faktor kapasitas terjual minimum di 60% dari kapasitas terjual untuk pembangkit beban dasar.

Dengan tujuan untuk memanfaatkan ketersediaan air semaksimal mungkin guna mendukung pemanfaatan energi terbarukan dan mengurangi ketergantungan terhadap energi tak terbarukan di masa mendatang, dan semakin langkanya sumber energi tak terbarukan membuat sumber energi terbarukan menjadi lebih berharga dan tarif penjualan cenderung meningkat terus. Dengan demikian, penentuan debit dengan pertimbangan ketiga diharapkan menjadi yang paling menguntungkan. Namun, penentuan ini dibatasi oleh pertimbangan keempat yaitu faktor kapasitas. Perkiraan daya dan energi dilakukan dengan parameter sebagai berikut.

Tabel 3.2 Hasil perhitungan daya PLTMH Alur Batee Geulumbak

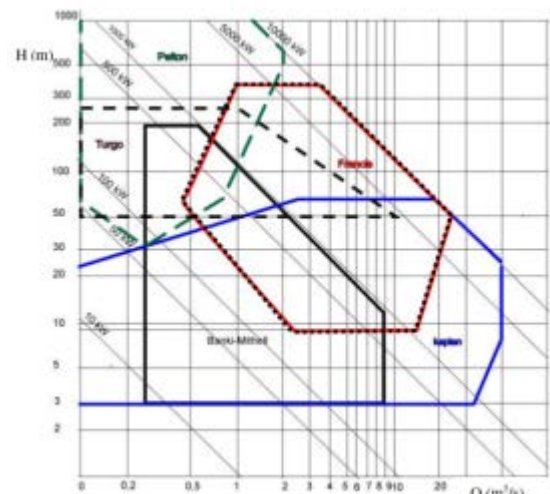
SOLUTION PERFORMANCE DATA					
At Rated Net Head of: 381.9 feet / 116.4 meters					
% of Rated Discharge	Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s	
** 107.2	377	87.9	13.3	0.4	
100	356	89.1	12.4	0.4	
* 89.3	320	89.7	11.0	0.3	
75	267	89.9	9.3	0.3	
50	167	83.4	6.2	0.2	
25	66	86.3	2.3	0.1	
+ 44.3	143	80.5	5.5	0.2	
** - Overcapacity					
* - Peak Efficiency Condition					
+ - Peak Draft Tube Surging Condition					
At Maximum Net Head of: 383.9 feet / 117.0 meters					
Sigma Allowable	Max. Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s	
0.043	379	87.9	13.3	0.4	
At Minimum Net Head of: 367.5 feet / 112.0 meters					
Sigma Allowable	Max. Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s	
0.044	359	87.9	13.0	0.4	

Tabel 3.3 Hasil perhitungan daya PLTMH Lhok Batee Intan

SOLUTION PERFORMANCE DATA					
At Rated Net Head of: 541.3 feet / 165.0 meters					
% of Rated Discharge	Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s	
** 107.1	761	87.8	18.9	0.5	
100	720	88.9	17.7	0.5	
* 89.3	647	89.6	15.8	0.4	
75	539	88.8	13.2	0.4	
50	338	83.5	8.8	0.3	
25	135	66.9	4.4	0.1	
+ 43.7	285	80.7	7.7	0.2	
** - Overcapacity					
* - Peak Efficiency Condition					
+ - Peak Draft Tube Surging Condition					
At Maximum Net Head of: 547.9 feet / 167.0 meters					
Sigma Allowable	Max. Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s	
0.040	771	87.8	18.9	0.5	
At Minimum Net Head of: 534.9 feet / 163.0 meters					
Sigma Allowable	Max. Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s	
0.040	744	87.8	18.7	0.5	

4.3. Pemilihan Jenis Turbin

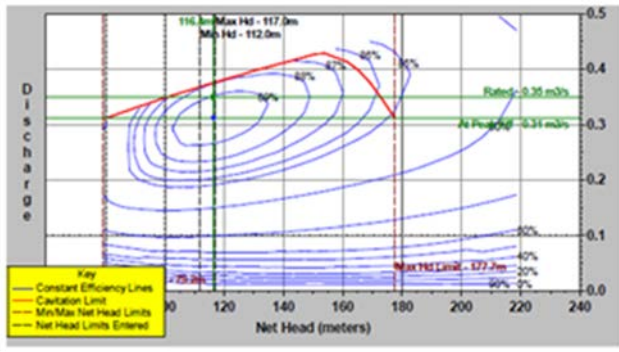
Pemilihan jenis turbin ditentukan oleh tiga hal, yaitu debit rancangan, tinggi jatuh dan harga peralatan mekanikal dan elektrikalnya. Pada tahap awal ini, pemilihan jenis turbin ditentukan berdasarkan gambar sebagai berikut.



Gambar 3.8 Diagram pemilihan jenis turbin

Jumlah unit pembangkit PLTMH Alur Batee Geulumbak adalah 2 sehingga debit rancangan turbin adalah sebesar 0,2 m3/s. Dengan tinggi jatuh efektif sebesar 116 m, dan berdasarkan gambar tersebut diatas maka tipe turbin yang dapat digunakan adalah Crossflow atau Turgo. Dengan pertimbangan bahwa turbin Crossflow lebih banyak tersedia di pasaran dan harga yang lebih murah maka tipe turbin yang dipilih adalah Crossflow.

Dengan debit rancangan turbin sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel..... maka pada tahap awal ini perkiraan efisiensi turbin, generator dan transformator adalah seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.9 Kurva efisiensi

Energi yang potensial dibangkitkan dengan tataletak, ukuran elemen proyek dan ketersediaan airnya diperkirakan dengan persamaan berikut.

$$E_{pot} = \int_{t=0}^{t=t_{max}} P_t dt$$

dengan

E_{pot} = energi yang potensial dibangkitkan (kWh)

t = waktu (jam)

P_t = daya pembangkit pada waktu t (kW)

Perkiraan energi yang potensial dibangkitkan dihitung menggunakan kurva durasi aliran dengan menganggap $t_{max} = 1$ tahun.

Energi yang dapat terjual diperkirakan dengan persama berikut.

$$E_{sale} = E_{pot} \times k_p \times k_t$$

dengan

E_{sale} = energi yang dapat terjual (kWh)

k_p = persentase penggunaan sendiri dan kehilangan pada pembangkit

k_t = persentase kehilangan pada jalur transmisi

Kehilangan pada pembangkit terdiri dari kehilangan akibat pemadaman untuk pemeliharaan, pemadaman karena gangguan dan kehilangan debit. Kehilangan pada transmisi terdiri dari kehilangan pada konduktor, akibat pemadaman untuk pemeliharaan dan akibat pemadaman karena gangguan.

Faktor kapasitas, didefinisikan sebagai rasio antara energi pada periode tertentu terhadap energi yang potensial dibangkitkan bila beroperasi penuh pada kapasitas pelat nama (*name plate*) selama periode tersebut, terdiri dari sebagai berikut.

1. Faktor kapasitas potensial, yaitu faktor kapasitas pada pembangkit dengan ketersediaan air yang ada tanpa adanya kehilangan
2. Faktor kapasitas dapat terjual, yaitu faktor kapasitas pada pembangkit yang telah dikurangi dengan pemakaian sendiri

dan kehilangan-kehilangan pada pembangkit dan jalur transmisi

Perkiraan produksi energi dilakukan dengan integrasi debit sepanjang tahun dan perkiraan energi tidak dapat terjual sebesar 6.0%, diperoleh hasil untuk masing masing sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 3.4 Hasil perhitungan Energi

No.	Uraian	Satuan	PLTM Alur Batee Geulumbak	PLTM Lhok Batee Intan
1.	Kapasitas dapat terjual	KW	355	744
2.	Energi dapat terjual	(GWh/tahun)	2,34	4,90
3.	Faktor kapasitas dapat terjual	%	80	80

4.4. Analisis Finansial

Perkiraan biaya proyek pada tahap pra kelayakan ini diperoleh dari data yang tersedia, tata letak awal dan statistik biaya proyek pembangunan PLTMH di Indonesia. Perkiraan biaya dinyatakan dalam kondisi optimistik, moderat dan pesimistik, yang mencerminkan tingkat risiko biaya tergantung kepada kondisi lapangan, metode pelaksanaan pekerjaan, kualitas peralatan, tingkat manajemen proyek dan hal-hal yang tidak terduga. Perkiraan biaya yang lebih rinci akan dilakukan pada tahap studi kelayakan setelah dilakukan studi dan penyelidikan yang lebih rinci.

Hasil analisis pra kelayakan finansial dinyatakan dalam IRR dan NPV untuk kondisi optimistik, median dan pesimistik. Perkiraan biaya proyek PLTMH dan hasil analisis kelayakan finansialnya terdapat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan Biaya Pembangunan PLTM Alur Batee Geulumbak

Biaya Awal	Amount (\$)	Biaya (Rp.)
Feasibility study	34,000	425,000,000.00
Development	21,500	268,750,000.00
Engineering	5,000	62,500,000.00
Power system		
Hydro turbine	309,000	3,862,500,000.00
Road construction	72,000	900,000,000.00
Transmission line	212,000	2,650,000,000.00
Substation	10,000	125,000,000.00
Balance of system & miscellaneous		
Penstock	197,000	2,462,500,000.00
Canal	43,000	537,500,000.00

Biaya Awal	Amount (\$)	Biaya (Rp.)
Other	215,000	2,687,500,000.00
Total initial costs	1,118,500	13,981,250,000.00

Tabel 4.6 Hasil analisa finansila PLTM Alur Batee Geulumbak

INVESTMENT ANALYSIS		
IRR Equity	%	15.43%
IRR Project	%	12.97%
WACC	%	8.50%
NPV	US\$	957,793
BCR		1.55
Payback Period		7 Tahun 1 Bulan

Tabel 4.7 Hasil perhitungan Biaya Pembangunan PLTM Lhok Batee Intan

Initial costs (credits)	Amount (\$)	Biaya (Rp.)
Feasibility study	76,500.00	956,250,000.00
Development	48,375.00	604,687,500.00
Engineering	11,250.00	140,625,000.00
Power system		
Hydro turbine	695,250.00	8,690,625,000.00
Road construction	162,000.00	2,025,000,000.00
Transmission line	477,000.00	5,962,500,000.00
Substation	22,500.00	281,250,000.00
Balance of system & miscellaneous		
Penstock	443,250.00	5,540,625,000.00
Canal	96,750.00	1,209,375,000.00
Other	483,750.00	6,046,875,000.00
Total initial costs	2,516,625.00	31,457,812,500.00

Tabel 4.8 Hasil analisa finansila PLTMH Lhok Batee Intan

INVESTMENT ANALYSIS		
IRR Equity	%	16.53%
IRR Project	%	13.24%
WACC	%	8.50%
NPV	US\$	1,815,676
BCR		1.58
Payback Period		6 Tahun 11 Bulan

5. KESIMPULAN

- Dengan adanya studi ini yang dilanjutkan dengan studi kelayakan dan DED, diharapkan pembangunan PLTMH di dua lokasi yang memiliki potensi air mengakibatkan defisit daya listrik tidak terjadi, bahkan cadangan daya meningkat, yang cukup **untuk mengantisipasi pertumbuhan kelistrikan kedepan**, dengan asumsi bahwa pertumbuhan beban diperkirakan 6% pertahun, kondisi pembangkit yang ada tetap beroperasi, serta cadangan dapat dipertahankan 30%.
- Kelayakan Ekonomi dan Finansial
 - Secara Finansial hasil studi awal ini, menunjukkan kondisi base case IRR project masih di atas nilai biaya bunga kapital (WACC)
 - Proyek ini lebih layak lagi apabila biaya EPC dapat ditekan hingga di bawah 10%, dan capacity factor bisa dipertahankan diatas 80% terlebih lagi.
 - Proyek ini dapat mencapai nilai kelayakan apabila energy sale dapat mencapai nilai yang direncanakan, sebaliknya apabila terjadi banyak gangguan yang menyebabkan energy sale jauh di bawah nilai yang direncanakan maka kelayakan PLTMH ini bisa tidak tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Basnyat, D. B. (2006). Fundamentals of Small Hydro Power Technologies. Nairobi.
- Dragu, C., Sels, T., & Belmans, R. (2001). Small Hydropower State of the Art and Applications. International Conference Power Generation and Sustainable Development, (pp. 265-270). Liege.
- ESHA. (2005). State of the Art of Small Hydropower in EU-25. Brussels: European Small Hydropower Association.
- ETH. (2009). Hydropower Potential in Europe and Switzerland. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology.
- Jiandong, T., Naibo, Z., Xianhuan, W., Jing, H., & Huishen, D. (1996). Mini Hydropower. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Laguna, M. (2006). Small Hydropower-Overview of the European Sector. European Renewable Energy Review.
- Leng, G. J., Monarque, A., Graham, S., Higgins, S., & Cleghorn, H. (2004). RETScreen International: Results and Impacts 1996-2010. Varennes: Minister of Natural Resources Canada.
- Natural Resources Canada. (2010, March 17). RETScreen International. Retrieved August 16, 2010, from Partners: http://www.etscreen.net/ang/g_contri.php
- Natural Resources Canada. (2010, March 8). RETScreen International. Retrieved August 17, 2010, from Download Free: <http://www.etscreen.net/ang/home.php>
- OECD. (2010). OECD Stat Extracts. Retrieved January 14, 2010, from Unit Labour Cost: <http://stats.oecd.org/Index.aspx>

Paish, O. (2002). Small hydropower: Technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , pp. 537-556. 110

TNSHP. (2004). *Guide on how to develop a small hydropower plant*. Brussels: European Small Hydropower Association.

Penche, C. (1998). *Layman's Guidebook on How to Develop a small hydro site*. Brussels: European Small Hydropower Association.

TAR