

Studi Pemanfaatan Potensi 20 MW untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Cruk Meuasap Hulu Sungai Babahrot Aceh Barat Daya

Muhibbuddin¹, Muhammad Zaki², Teungku Nazri Sulaiman^{3*}

email: muhib@unsyah.ac.id

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin dan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh 23374 Indonesia

³Fungsional Analisis Teknik Mineral dan Batubara, Ditjen Minerba ESDM, Jakarta Indonesia

ABSTRACT: Indonesia bagian barat khususnya Provinsi Aceh dan wilayah Barat Selatan pada dasarnya menurut data rasio elektrifikasi sudah bagus, tapi kenyataannya dalam keseharian tetap saja defisit energi terjadi. Maka sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (*renewable energy*) seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air, Tenaga Surya, dan Tenaga Angin perlu dikembangkan secara lebih luas. Hal ini mengingat besarnya potensi energi tersebut di Indonesia khususnya di Aceh. Salah satu potensi yang belum dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah potensi tenaga air pada hulu sungai babahrot kabupaten Aceh Barat Daya. Penelitian ini bertujuan mengumpulkan data potensi dan pemanfaatan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air di wilayah Barat Selatan Provinsi Aceh yang didapat dari berbagai titik potensi dan daerah untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk *software database* yang nanti dapat digunakan untuk pengembangan dan pembangunan proyek-proyek fasilitas ketenagalistrikan guna mendukung percepatan pembangunan. Hasil studi potensi di lapangan dan pengolahan data mampu menghasilkan daya sebesar 20,016 MW dengan debit (Q) rata-rata yang tersedia 19,714 m³/s dan tinggi jatuh air (Head) 115 m dengan efisiensi turbin 90 % dan efisiensi generator 94 %.

Keywords: Studi Potensi PLTA, Hulu Sungai Babahrot, Aceh Barat Daya

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) menggunakan sistem aliran sungai, dan hanya akan memproduksi listrik jika air tersedia, sehingga keberadaan debit sungai akan mempengaruhi terhadap keberlanjutan produksi listrik. Aktivitas di hulu sungai, seperti penebangan pohon akan berpengaruh langsung terhadap kontinuitas debit sungai, kualitas air sungai (*siltation*) dan pada akhirnya mempengaruhi keberlangsungan produksi listrik. Korelasi langsung antara penggundulan hutan dengan produksi listrik yang dibutuhkan masyarakat pedesaan sekitar hutan akan menumbuhkan kesadaran dan partisipasi aktif masyarakat untuk menjaga kelestarian hutan. Oleh karena itu penerapan teknologi PLTA dapat digunakan sebagai media untuk mengurangi penggundulan (*deforestation*) dan penurunan fungsi (*degradation*) hutan.

Berbicara mengenai tenaga air (*hydro power*), maka istilah ini yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi dari air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumberdaya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitasaliran dan ketinggian tertentu dan instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi, maka semakin besar energy yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya PLTA dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir disuatu daerah dengan debit (Q) dan tinggi jatuh air (*Head*) yang memadai. Istilah debit mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. *Hydro Power* juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan “energi putih”.

Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa

alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

Hydro Power memiliki tiga komponen utama yaitu komponen sipil, mekanikal dan elektrik. Air yang mengalir dengan debit dan ketinggian tertentu di alirkan menuju rumah rumah turbin (*power house*) melalui pipa pesat (*penstock*). Dirumah turbin, air tersebut akan menumbuk sudu turbin, dalam hal ini turbin dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin, kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan sistem transmisi. Generator akan menghasilkan energi listrik yang akan masuk kesistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan kerumah-rumah atau keperluan lainnya (beban).

Dari uraian latar belakang diatas, maka Pemerintah daerah kabupaten Aceh Barat Daya bermaksud untuk melaksanakan pekerjaan survey potensi PLTA Kabupaten Aceh Barat Daya.

B. Tinjauan Pustaka

1. Topografi

Sebagian besar wilayah Kabupaten Aceh Barat Daya memiliki topografi dataran rendah yang jumlahnya mencapai 65,94%, sisanya merupakan kawasan perbukitan sebesar 34,06%, sedangkan kota Blangpidie berada di ketinggian 10 m diatas permukaan laut.



Gambar 1.1 Topografi Aceh Barat Daya

2. Geologi Lokal

Geologi lokal daerah penelitian adalah suatu keadaan tatanan batu andi daerah telitian kecamatan Babahrot dan sekitarnya yang berkaitan langsung dengan studi potensi PLTA. Secara administratif kecamatan Babahrot termasuk kedalam wilayah Kabupaten Aceh Barat Daya. Secara geologi, daerah penelitian terletak pada daerah busur magmatik (*Magmatic Arc*) yang terbentuk akibat adanya tumbukan antara Lempeng samudera Hindia yang tersubduksi (menyusup) di bawah Lempeng Eurasia. Akibat tumbukan lempeng ini, maka di daerah penelitian terjadi kegiatan magmatik, yang ditandai oleh adanya batuan-batuan beku plutonik yang bersifat intrusif atau ekstrusif. Batuan-batuan beku yang bersifat intrusif biasanya membawa larutan hidrotermal yang jika bereaksi dengan batuan sekitarnya akan membawa larutan hidrotermal dan mineralisasi. Di daerah penelitian terdapat beberapa batuan beku intrusif.

Pengamatan batuan didasarkan pada sifat fisik dan mineralogy penyusun batuan. Geologi lokal daerah penelitian akan dilaporkan berdasarkan pemetaan litostratigrafinya adalah:

a. Batuan Sedimen dan Meta Sedimen

Alluvial (Qh)

Satuan ini merupakan batuan termuda yang terendapkan kurang dari 2 (dua) juta silam (jts). Batuannya tersusun oleh kerakal, kerikil, lempung yang tidak dapat dipilah dan bersifat urai. Material lepas endapan alluvial berukuran pasir halus-kerakal, fragmen kasarnya terdiri dari berbagai macam batuan beku, metamorf dan sedimen. Membentuk satuan morfologi dataran.

Formasi Meulaboh (Qpm)

Endapan Kuartar banyak terbentuk disepanjang sungai-sungai yang ada didaerah penelitian yang diwakili oleh formasi Meulaboh yang terdiri dari kerikil.

Formasi Merah Buya (Tmm)

Formasi ini diendapkan sejak Oligo Miosen yang membentuk satuan perbukitan sedang. Pada daerah penelitian formasi ini diwakili oleh satuan batuan konglomerat yang tersebar di daerah Gunung Samarinda Kecamatan Babahrot.

Formasi Babahrot (Muba)

Formasi babahrot merupakan bagian dari group Woyla yang terdiri dari batuan vulkanik intermedier sampai mafik, sekishijau dan batugamping malihan dengan penyebarannya cukup sempit dibagian barat Garis Babahrot dan merupakan jalur utama sesar anjak Tersier serta tersusun dengan kompleks dari hasil deformasi metavulkanik dan metabatugamping. Formasi ini diendapkan sejak Akhir Jura hingga Kapur Awal. Membentuk satuan Perbukitan sedang.

Batuan dari formasi Babahrot ini terdiri dari batupasir kwarsa yang penyebarannya tidak merata, massive Andesite yang tidak selaras hasil produk gunung api, Breccia Vulkanik dan Tuffan Vulkanic hasil letusan gunung api dan lava flow. Fasies metamorfisme didasarkan atas dominasi mineral penyusunnya yang ditentukan pada salah satu mineral penyusun yang tetap pada kondisi metamorfisme tertentu. Dengan kata lain terbentuk pada kondisi tekanan dan temperatur metamorfisme tertentu yang bekerja selama proses metamorfisme (Eskola, 1915 dalam Mason, 1990). Didaerah penelitian dijumpai juga beberapa singkapan batugamping.

singkapan marmer di daerah penelitian berwarna putih, masif, non foliasi, ukuran butir halus-sedang, tekstrur granobalastik, dominan terdiri dari mineral kalsit.



Gambar 1.2 Singkapan Gamping Hulu Babahrot

b. Batuan Gunung Api Tapak Tuan (Muvt)

Batuan beku ekstrusif adalah batuan beku yang proses pembekuannya berlangsung dipermukaan bumi. Batuan beku ekstrusif ini yaitu lava yang memiliki berbagai struktur yang memberi petunjuk mengenai proses yang terjadi pada saat pembekuan lava tersebut. Batuan ekstrusif atau endapan vulkanik di daerah penelitian terjadi pada Jura Akhir-Awal Kapur yang di dominasi oleh komposisi basalt dan andesit. Andesit dan Basalt ini biasanya berbentuk dike, sill atau aliran lava dengan dimensi kecil sampai besar. Satuan batuan ini tersebar dari Barat Laut sampai Tenggara daerah penelitian. Batu andesit di daerah penelitian bersifat terkekarkan dengan kuat, sehingga merupakan blok-blok batuan yang dipisahkan oleh bidang kekar (*joint*). Blok-blok batuan tersebut berukuran antara 0,5–2 meter dan pada zona kekar berukuran kerikil sampai kerakal.

c. Batuan Intrusi Susoh (Tmisu)

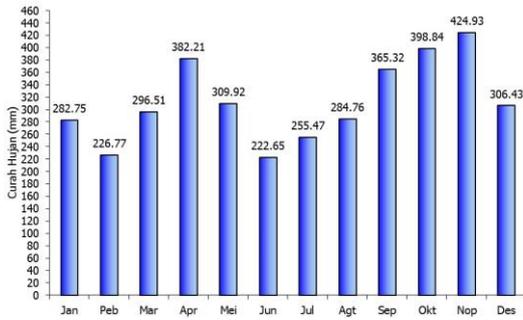
Batuan beku intrusif adalah batuan beku yang proses pembekuan magma yang bersifat asam dan berlangsung di dalam bumi. Batuan beku intrusif ini didaerah penelitian yang dijumpai adalah granit. Granit ini biasanya berbentuk batholit dengan dimensi yang besar, karena tubuh granit ini biasanya membentuk morfologi perbukitan atau pegunungan.

3. Curah Hujan

Kabupaten Aceh Barat Daya memiliki curah hujan rata-rata bulanan tertinggi sebesar 398.84 mm yang terjadi pada bulan November, sedangkan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 3756.55 mm.

Tabel 1.1 Curah Hujan Bulanan dan Tahunan

TAHU N	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nov	Des	JML
1993	213.89	338.60	220.10	455.10	493.30	303.30	366.30	228.10	318.10	258.80	531.40	399.80	4126.70
1994	141.10	339.00	650.60	425.00	163.10	113.00	168.00	359.40	312.20	508.40	282.90	281.60	3744.30
1995	326.00	438.20	321.30	285.80	815.80	250.40	226.60	302.20	356.90	311.40	441.20	153.50	4230.30
1996	124.40	342.70	276.70	380.90	175.90	211.30	217.80	332.70	169.60	382.40	352.90	150.60	3117.90
1997	120.60	214.20	199.50	403.40	319.90	107.90	235.40	130.10	623.30	689.90	528.90	850.40	4223.90
1998	467.80	175.50	165.90	334.50	458.30	142.50	450.10	759.50	671.00	210.70	547.20	377.20	4660.20
1999	325.60	116.70	412.40	211.70	363.80	42.70	234.89	218.10	368.80	322.70	343.90	192.40	3200.60
2000	288.20	278.10	175.20	422.00	257.60	454.10	228.70	135.40	367.10	476.40	322.10	316.30	3721.20
2001	176.80	169.30	306.60	407.50	144.50	186.90	378.40	332.90	219.60	524.20	291.30	350.60	3388.20
2002	465.20	161.60	200.80	516.60	492.10	151.20	458.60	247.10	426.70	467.70	704.50	410.30	4742.40
2003	146.00	380.50	185.80	336.40	147.10	232.90	103.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1531.70
2004	453.80	207.50	315.20	518.80	491.80	805.90	308.70	249.20	746.00	389.20	438.20	167.20	4592.50
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	240.50	286.90	250.60	247.20	365.40	398.80	486.10	265.70	2491.30
2006	255.70	135.70	351.20	386.80	171.60	181.00	84.10	125.50	466.40	473.70	412.10	348.90	3642.70
2007	289.70	154.30	241.00	561.50	218.50	377.40	229.70	173.70	337.20	606.70	452.35	366.60	4108.65
2008	429.80	184.30	612.70	369.00	116.50	285.50	139.50	371.00	126.00	431.00	448.00	407.90	3931.20
2009	203.70	99.00	218.00	248.00	312.00	106.70	229.00	398.20	327.60	97.60	544.50	332.00	3216.30
2010	529.80	291.50	322.30	581.00	370.00	271.90	285.80	125.80	711.50	694.00	334.90	126.80	4845.30
2011	374.30	171.30	457.90	417.90	136.10	169.20	187.80	774.30	210.70	324.30	311.30	324.30	3859.10
Rerata	282.75	226.77	296.51	382.21	309.52	222.65	255.47	294.76	365.32	396.84	424.93	306.43	3756.55



Gambar 1.3 Grafik Curah Hujan Rata-rata

4. Penggunaan Lahan

Tata guna lahan dari wilayah Kabupaten Aceh Barat Daya sebagian besar adalah perkebunan kelapa sawit. Dari sudut pandang pengelolaan lahan, tata guna lahan perkebunan adalah tata guna lahan yang terbaik karena aliran permukaan dan erosinya kecil. Pematangan hutan yang ilegal (Illegal Logging), jenis tanah yang mudah longsor, dan banyak lahan yang kelerengannya > 40 % serta bertumbuhnya lahan untuk pemukiman dan industri, menyebabkan terjadinya aliran permukaan. Kondisi saat ini dan mendatang tata guna lahannya akan berubah menjadi daerah pemukiman dan daerah industri. Karena berkurangnya tanaman pelindung, maka besarnya banjir dan sedimentasi terus meningkat. Untuk mengatasi hal ini perlu diterapkan teknologi “Low Impact Development”, jadi pengembangan berjalan terus dengan dampak negatif terhadap lingkungan sekecil mungkin.

5. Kondisi Eksisting

Pada saat pengukuran dan pengambilan data di lokasi penelitian, tim berkoordinasi dengan dinas terkait pemerintah Kabupaten Aceh Barat Daya.



Gambar 1.4 Persiapan Pengambilan Data

Kemudian Tim studi potensi PLTA langsung mengunjungi lokasi pekerjaan yang berada di Desa Pantee Cermin Kecamatan Babahrot.



Gambar 1.5 Kondisi Aliran Sungai Babahrot

C. Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari pekerjaan studi Potensi PLTA ini adalah:

1. Melakukan survey pendahuluan untuk memastikan kondisi fisik lokasi rencana potensi pembangkitan energi dari sumber daya air.
2. Melakukan survey dan analisis hidrologi dan hidraulika untuk mendapatkan gambaran ketersediaan air sebagai komponen terpenting dalam perencanaan PLTA.
3. Melakukan survey dan analisis topografi untuk mendapatkan gambaran secara umum ketinggian dan bentuk kondisi permukaan tanah.
4. Melakukan penyelidikan dan penelitian untuk mendapat gambaran awal tentang berapa besar daya potensi (Pa) yang dapat dibangkitkan oleh aliran air cruk meuasap hulu sungai Babahrot.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan (*preliminary research*) untuk mendapatkan gambar awal tentang berapa besar daya potensi (Pa) yang dapat dibangkitkan oleh aliran air cruk meuasap hulu sungai Babahrot dan hasil penelitian pendahuluan ini akan dijadikan dasar untuk penelitian lanjutan tentang pembangunan PLTA.

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian studi potensi PLTA Kabupaten Aceh Barat Daya Provinsi Aceh berada di hulu sungai Babahrot dan dapat ditempuh dengan kendaraan roda 4 (empat) berjarak tempuh ± 475 KM selama ±7-8 jam dari kota Banda Aceh.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi pekerjaan merupakan air terjun yang merupakan badan sungai dari Krueng Babahrot. Masyarakat setempat biasa menyebut lokasi tersebut dengan nama curug meuasap. Lokasi pekerjaan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat atau roda dua dari Kota Blang Pidie. Perjalanan menuju lokasi dimulai dari Kota Blang Pidie menuju Desa Pantee Cermin Kecamatan Babahrot. Selanjutnya perjalanan dilanjutkan melalui jalan disepanjang sungai Babahrot kearah hulunya.

Selanjutnya perjalanan dilanjutkan dengan berjalan kaki dan menyeberangi sungai Babahrot untuk sampai dilokasi yang berada pada koordinat 96° 53’ 27,51” BT; 03° 44’ 54.64” LU dengan jarak± 5,3 km dari jembatan sungai Babahrot.



Gambar 2.2 Kondisi Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Pengukuran Kecepatan Aliran

C. Instrumen Pengumpulan Data

1. Survey Topografi

Survey topografi bertujuan untuk membuat peta topografi yang berisi informasi terbaru dari keadaan permukaan lahan. Informasi tersebut meliputi keadaan fisik baik yang bersifat alamiah maupun buatan manusia serta keadaan tinggi rendahnya (relief) permukaan daerah pengukuran tersebut.

2. Tahapan Penelitian

Tahapan survey topografi atau pemetaan antara lain meliputi:

- a. Persiapan (administrasi dan teknis)
- b. Pemasangan patok dan pengukuran jarak.
- c. Pengukuran Kerangka horizontal (*polygon*)
- d. Pengukuran kerangka vertical (sifat datar)
- e. Pengukuran tachimetri
- f. Perhitungan dan penggambaran

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kegiatan Survey Lapangan

1. Perhitungan Hasil Pengukuran

Perhitungan koordinat meliputi data-data perhitungan sudut, perhitungan azimuth, perhitungan jarak dan akhirnya perhitungan koordinat X dan Y. Perhitungan sudut mencakup perhitungan polygon dibagi menjadi dua bagian yaitu polygon kerangka utama dan polygon cabang.

2. Penggambaran

Seluruh hasil pengukuran (situasi, potongan memanjang dan melintang) akan diplot menggunakan software dan program Autocad Map. Gambar potongan memanjang dan melintang akan menggunakan Plan Crosssection Longitudinal Profile Program (PCPL).

B. Pengukuran Debit Air Sungai

Debit aliran diukur dengan metode kecepatan luas penampang (*velocity area*). Pada pengukuran ini penampang melintang sungai dibagi atas sejumlah I segmen dan distribusi kecepatan pada tiap segmen didapatkan dengan mengukur kecepatan pada sejumlah titik sepanjang sumbu segmen dengan menggunakan current meter.

Data hasil pengukuran kecepatan aliran air dapat dilihat pada table 3,1 di bawah ini:

No.	Titik Ukur	N	V
			(m/s)
1	A	1	1,40
		2	3,98
		3	2,74
	V Rata-rata		
2.	B	1	2,25
		2	3,32
		3	2,32
	V Rata-rata		
3.	C	1	1,62
		2	4,42
		3	3,04
	V Rata-rata		
4.	D	1	1,77
		2	3,35
		3	3,04
	V Rata-rata		
5.	Total V Rata-rata		2,77

Data hasil pengukuran debit aliran air dapat dilihat pada table 3,1 di bawah ini:

No.	Titik Ukur	N	Q
			(m ³ /s)
1	A	1	20,505
		2	
		3	
	Q Rata-rata		
2.	B	1	19,339
		2	
		3	
	Q Rata-rata		
3.	C	1	19,594
		2	
		3	
	Q Rata-rata		
4.	D	1	19,419
		2	
		3	
	Q Rata-rata		
5.	Total Q Rata-rata		19,714

C. Hasil Penyelidikan

Setelah melakukan pengukuran debit air, pengukuran kedalaman air, pengukuran lebar dan panjang sungai serta

dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus, maka daya potensial yang dapat dihasilkan adalah sebesar 20,016 Mega Watt.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Kegiatan penelitian studi potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berada di cruk meuasap pada koordinat (N. 03 53' 27,49" dan E. 96 44' 54,97") hulu sungai Babahrot Desa Pantee Cermin Kecamatan Babahrot Kabupaten Aceh Barat Daya.
2. Pengukuran topografi pada lokasi penelitian menggunakan Total Station Laika Sei GTS 235 dan pengambilan koordinat menggunakan GPS Garmin Tipe 76 CSx dan Tipe 78 CSx.
3. Pengukuran kecepatan aliran air (V) dan debit air (Q) menggunakan current meter Global Water P101 Serial 91360.
4. Berdasarkan hasil pengukuran, perhitungan, dan pengolahan data maka diperoleh kecepatan aliran air rata-rata 2,77 m/s dan debit air rata-rata sebesar 19,714 m³/s.
5. Hasil analisis data dan perhitungan secara teoritis, maka daya potensi (Pa) yang dapat dibangkitkan dari titik lokasi cruk meuasap hulu sungai Babahrot sebesar 20,016 Mega Watt.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian-penelitian lanjutan terkait perencanaan turbin yang sesuai dengan potensi yang ada, kelayakan teknis, lingkungan, ekonomi, sosial dan budaya.

REFERENSI

- [1] A. Ratna, *Renewable Energy and Energy Efficiency Development*. Infrastructure Summite. 2016
- [2] Arter, Alex, dkk. *Harnessing Water Power on a Small Scale, volume 2*. Switzerland: SKAT St. Gallen. 1990
- [3] Bibiana R. W. *Laporan Studi Kelayakan dan Rancang Bangun Sistem Proteksi, PLTMH*. Yogyakarta. 2010
- [4] Borrows, H.K. *Water Power Engineering*, Third Edition. Mc Graw Hill Book Company, Inc. 1974
- [5] Dietzel, F. *Turbin, Pompa, dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta. 1996
- [6] Dirjen LPE-DESDM. *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi*. Jakarta: Dirjen LPE-DESDM.
- [7] Dirjen LPE-DESDM. *Kebijakan Pembangunan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau)*. Jakarta: Dirjen LPE-DESM. 2007
- [8] Hydro Turbine. *Pyco-Hydro, Micro Hydro and Mini Hydro Solution*.
- [9] IMIDAP-DJLPE. *Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi, Buku 2A*, DESDM. 2009
- [10] IMIDAP-DJLPE. *Pedoman Studi Kelayakan Sipil, Buku 2B*, DESDM. 2009
- [11] IMIDAP-DJLPE. *Baik & Buruk dari Mini/Mikro Hidro Volume 1*. DESDM. 2010
- [12] Inversin, Allen R. *Micro-Hydropower Sourcebook*. Washington DC: NRECA International Foundation. 1990
- [13] Kabupaten Aceh Barat Daya dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Barat Daya. 2016
- [14] Kadir, A. *Energi Sumber Daya Inovasi Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*. Edisi kedua. Universitas Indonesia. 1995
- [15] Kamal, S., *Pengembangan Potensi Energi Alternatif*, Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [16] Marsudi, D. *Pembangkit Energi Listrik*. Erlangga. 2005
- [17] Maryono, A., Muth, W., Einsenhauer, N., 2001, *Hidrolika Terapan*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [18] MHPP. *Introduction Of Renewable Energy Lesson Modules At The Technical Schools In Indonesia*.
- [19] Muhibbuddin. *Perencanaan dan Pembuatan Sistem Transmisi Turbin Air Propeller Portabel Kapasitas 4 kW untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Tugas Akhir Sarjana. FT-UNP Padang. 2006
- [20] Muhibbuddin. *Studi Pemanfaatan Turbin Pelton untuk Peningkatan Teknologi Energi Pedesaan Guna Mendukung Program Desa Mandiri Energi*. Thesis Master. FT- UGM Yogyakarta. 2012
- [21] Muhibbuddin. *Model Pembelajaran Vokasional Masyarakat Desa Mandiri Energi (DME) dengan Pemanfaatan Turbin Pelton*. *Prociding Vokasi Fakultas Teknik*, Universitas Negeri Padang. ISSN: 1907 – 3739. 2013
- [22] Muhibbuddin. *Modul Model Cooperative Project_Based Learning (CPBL) MKE Pada Pendidikan Vokasi Diploma III Teknik Mesin*. *Prociding Vokasi Fakultas Teknik*, Universitas Negeri Padang. 2016
- [23] Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H, *Mekanika Fluida Jilid 2*, Erlangga, Jakarta. 2005
- [24] Paish , O., *Small-Scale Hydro Feasibility Study. Final Report: Technology Review*. didownload tanggal: 7 maret 2011
- [25] Peraturan Menteri ESDM No. 04 Tahun 2012 tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik oleh PT. PLN (Persero) dari Pembangkit Listrik yang menggunakan Energi Baru dan Terbarukan Skala Kecil dan Menengah.
- [26] Sunarto, E.M., dkk. *Buku Pedoman untuk Pemanfaatan Tenaga Mikro Hidro oleh Swadaya Masyarakat*. Jakarta: UPT Hidro Elektris BPPT. 1987
- [27] Sutarno. *Sistem Listrik Mikro Hidro untuk Kelistrikan Desa*. Yogyakarta: UGM Press. 1973
- [28] Triatmodjo. *Hidrolika I*. Beta Ofset. Yogyakarta.199