

ANALISIS KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) TINJAUAN TEKNIS

Ady Purnama*

Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia

Email: adypurnama@universitassamawa.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi (*depletion*: kehabisan, menipis). Proses alam memerlukan waktu yang sangat lama untuk dapat kembali menyediakan energi fosil ini. Maka dari itu, perlu suatu energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan kurangnya ketersediaan energi listrik terutama untuk daerah-daerah 3T (Tertinggal, Terdepan dan Terluar atau wilayah perbatasan) di Indonesia. Dari beberapa alternatif energi terbarukan yang ada, yang cukup berpotensi untuk diangkat dan dikembangkan terutama untuk daerah-daerah 3T adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Analisis kelayakan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Minggir Pada Saluran Irigasi Minggir Di Padukuhan Klagaran, Desa Sendangrejo, Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman ini bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya secara teknis PLTMH dibangun. Metode dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis struktur bangunan air untuk PLTMH. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil langsung dari dinas terkait dan pengukuran langsung di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan debit minimum saluran irigasi Minggir sebesar 1,65 liter/detik, akan mampu menghasilkan potensi daya listrik untuk PLTMH Minggir sebesar 23,54 kilowatt. Hal ini menjelaskan bahwa pembangunan PLTMH ini memenuhi kriteria kelayakan secara teknis dengan besar daya yang dihasilkannya.

Kata Kunci – PLT Mikro Hidro, Kelayakan, Teknis, Metode Run off River

Diterima: Oktober 2018

Dipublikasikan: November 2018

I. PENDAHULUAN

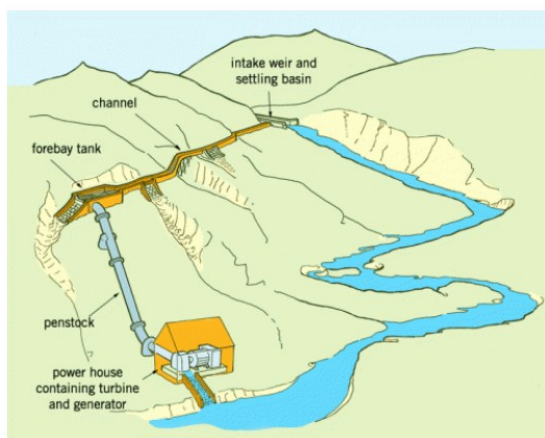
Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi (*depletion*: kehabisan, menipis). Proses alam memerlukan waktu yang sangat lama untuk dapat kembali menyediakan energi fosil ini. Maka dari itu, perlu suatu energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan kurangnya ketersediaan energi listrik terutama untuk daerah-daerah 3T (Tertinggal, Terdepan dan Terluar atau wilayah perbatasan) di Indonesia. Dari beberapa alternatif energi terbarukan yang ada, yang cukup berpotensi untuk diangkat dan dikembangkan terutama untuk

daerah-daerah 3T adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah salah satu pembangkit listrik *low head* dengan kapasitas kurang dari 1 Mega Watt (MW). PLTMH dipilih sebagai salah satu energi alternatif dikarenakan memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan pembangkit listrik jenis lainnya, seperti bersih lingkungan, *renewable energy*, tidak konsumtif terhadap pemakaian air, lebih awet (tahan lama), biaya operasinya lebih kecil dan sesuai untuk daerah terpencil. Disamping itu perawatan mekanik dan elektrik PLTMH lebih mudah. (Purnama, 2011)

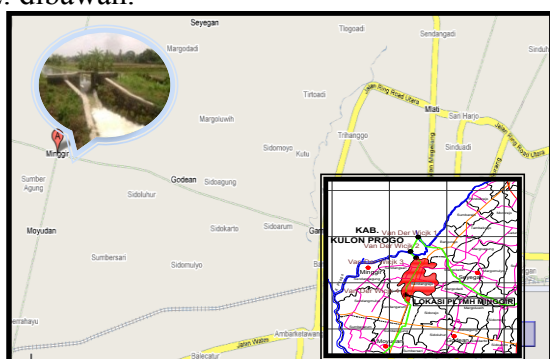
Perencanaan PLTMH model Run Off River memerlukan analisis hidrologi, yaitu untuk menentukan debit andalan dan debit pembangkit yang diperlukan untuk mendapatkan kapasitas dan energi yang dihasilkan oleh PLTMH. Adapun sketsa

PLTMH secara menyeluruh dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Kunwor, 2012)

PLTMH Minggir merupakan salah satu pemanfaatan mikrohidro yang terletak di Dusun Klagaran Sendangrejo Minggir Sleman Yogyakarta yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Sleman. Lokasi PLTMH Minggir dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah.



Gambar 2. Lokasi rencana PLTMH Minggir

Perencanaan PLTMH Minggir telah dilakukan pada tahun 2008 oleh Dinas Pengairan Pertambangan dan Penanggulangan Bencana Alam (P3BA) Kabupaten Sleman dengan menugaskan konsultan CV. Bangun Cipta Persada. Namun dari perencanaan tersebut, belum pernah dilakukan studi kelayakan. Karena itu, penelitian ini mengkaji rencana pembangunan PLTMH Minggir dalam hal kelayakannya secara teknis. Semua data teknis perencanaan mengacu pada perencanaan konsultan CV. Bangun Cipta Persada. Kelayakan PLTMH Minggir ditinjau pada aspek teknis.

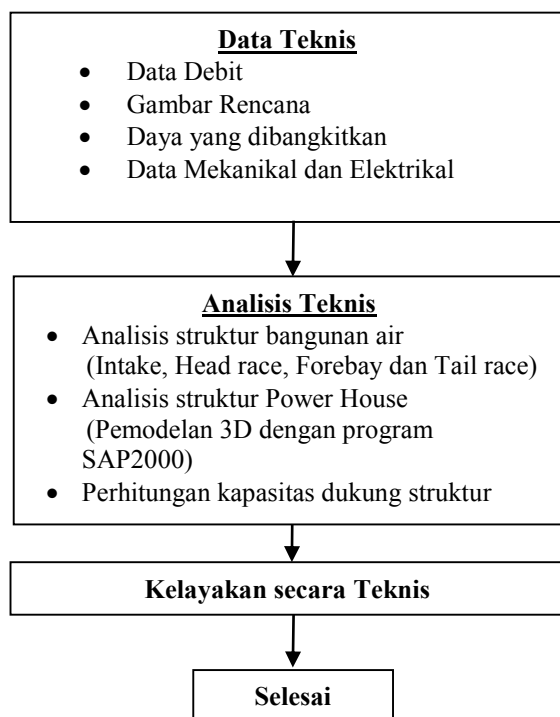
Studi kelayakan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Dusun Klagaran Desa Sendangrejo Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman ini dimaksudkan untuk menganalisis kelayakannya dari sisi teknis. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah agar dapat diketahui kelayakan dari rencana pembangunan PLTMH ini.

Kegiatan yang dilakukan dalam studi kelayakan PLTMH Minggir mencakup: (1) Pengumpulan data, terdiri dari: Data debit, gambar rencana, daya yang dibangkitkan, RAB diperoleh dari CV. Bangun Cipta Persada, dan Data mekanikal dan elektrik diperoleh dari CV. Cihanjuang Inti Teknik Bandung; (2) Analisis Teknis, terdiri dari: Analisis struktur bangunan air, Analisis struktur menggunakan program SAP2000 version 11.0.0, dan Perhitungan kapasitas struktur.

Di Asia, RRC mempunyai mikrohidro yang paling banyak yaitu ± 85.000 unit dengan 5%-nya berkapasitas kurang dari 500 kW. Di negara-negara yang sedang berkembang, pembangunan PLTMH merupakan cara yang tepat untuk memenuhi kebutuhan energi pada daerah terpencil. Untuk desa terpencil di daerah pegunungan, pembangunan PLTMH merupakan salah satu solusi atas program pemerintah tersebut, karena dengan letak daerah yang dataran tinggi, instalasi tegangan tinggi dinilai tidak ekonomis (Patty, 1995).

II. METODE

Studi kelayakan PLTMH secara teknis dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

A. Pengukuran Debit

Salah satu metode pengukuran debit pada saluran terbuka adalah dengan ambang lebar. Ambang lebar yang digunakan pada saluran irigasi Minggir Dusun Klagaran dilengkapi dengan bagian pengendali berbentuk segi empat. Pengukuran debit dilakukan dengan membaca kedalaman air pada hulu saluran dengan bantuan papan duga muka air.

Hasil pembacaan tinggi muka air pada saluran digunakan untuk menghitung debit air dengan persamaan (1).

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot C_v \left(\frac{2}{3} g \right)^{1/2} \cdot b \cdot h^{3/2}$$

Dengan :

Q : debit saluran (m³/s), C_d: koefisien debit, C_v : koefisien kecepatan, g: percepatan gravitasi (m²/s), b: lebar mercu (m), h: kedalaman air di hulu terhadap ambang bangunan ukur (m)

B. Perhitungan Head

Data *head* diperoleh dari hasil perhitungan hasil pengukuran topografi. Dari data tersebut didapat elevasi titik saluran atas dan titik elevasi saluran paling bawah sehingga diperoleh nilai beda tinggi (*head*) saluran yang akan digunakan untuk perhitungan daya yang dapat dibangkitkan.

C. Rumah Pembangkit

Rumah pembangkit merupakan bangunan yang berfungsi untuk menempatkan alat-alat mekanikal dan alat-alat elektrikal. Bangunan ini digunakan juga sebagai tempat untuk mengontrol operasional PLTMH. Pintu rumah pembangkit dibuat sedemikian rupa sehingga mudah untuk memasukkan alat-alat mekanikal yang ukurannya cukup besar. Perancangan rumah pembangkit harus sesuai dengan standar perencanaan untuk struktur bangunan gedung agar bangunan kuat dalam memikul beban dan gaya yang berada di atasnya. Contoh rumah pembangkit dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Contoh Rumah Pembangkit PLTMH

D. Saluran Pengambilan dan Pembuangan

Untuk membangun PLTMH diperlukan saluran pengambilan untuk mengambil air dari saluran irigasi ataupun saluran lainnya

menuju rumah pembangkit. Saluran dirancang sesuai dengan debit rencana yang telah ditetapkan. Setelah masuk ke rumah pembangkit dan memutar turbin, air akan

ditangkap oleh saluran pembuang untuk dialirkan kembali menuju saluran irigasi ataupun saluran lainnya. Saluran pembuang juga dirancang berdasarkan debit rencana. Rumus yang digunakan pada rancangan ini adalah referensi dari Hidraulika Sungai (Yulistiyanto, 2001).

Apabila saluran berbentuk segi empat, untuk menghitung dimensi dapat digunakan persamaan:

$$A = B \cdot y \quad (2)$$

Dimana, A: Luas tampang basah, B: Lebar saluran, y: Tinggi air dalam saluran.

Keliling basah, yaitu:

$$P = B + 2y \quad (3)$$

Dari persamaan (2) dan (3) dapat dicari jari-jari hidraulisnya, yaitu:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{By}{B+2y} \quad (4)$$

Dari persamaan (4) dicari nilai koefisien berdasarkan rumus manning, yaitu:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad (5)$$

Dari persamaan (5) dapat dicari kemiringan dasar saluran, yaitu:

$$I = \frac{Q^2}{A^2 \cdot C^2 \cdot R} \quad (6)$$

Dari persamaan (6) diperoleh nilai I. Dengan diketahui kemiringan saluran, maka dapat dicari tinggi air dalam saluran dengan substitusi persamaan Manning ke dalam persamaan debit:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (7)$$

$$Q = B \cdot y \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{By}{B+2y} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (8)$$

Dari persamaan (8) akan diperoleh nilai y (tinggi air dalam saluran).

E. Daya Yang Dibangkitkan

Apabila pada suatu daerah terdapat potensi air dengan debit $Q \text{ m}^3/\text{s}$ dan jatuh dari ketinggian H meter, maka energi yang dapat dibangkitkan adalah sebesar:

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta \quad (9)$$

Dimana, P : daya (kW), ρ : massa jenis air (kg/m^3), Q : debit (m^3/s), H : tinggi/head (m), g : percepatan gravitasi sebesar $9,81$

(m^2/s), η : efisiensi turbin sebesar 80 - 90% (Patty, 1995)

F. Kelayakan Teknis PLTMH

Dalam studi kelayakan pembangunan PLTMH Minggir ini ada beberapa parameter kelayakan secara teknis antara lain:

1. Ketersedian air pada saluran irigasi atau saluran lainnya.
2. Kemampuan struktur menahan beban yang terjadi.
3. Ketersediaan peralatan mekanikal dan elektrik di pasaran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data debit saluran irigasi Minggir di Dusun Klagaran diperoleh dari kantor Cabang Dinas Pekerjaan Umum Wilayah Kabupaten Sleman. Data yang diperoleh merupakan data dari bulan januari tahun 2000 hingga bulan januari tahun 2008 dikarenakan keterbatasan data yang tersedia. Dari data tersebut diperoleh debit minimum sebesar 1.650 liter/detik.

Untuk perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di saluran ini ditetapkan debit rancangan sebesar 1.500 liter/detik. Debit ini ditetapkan dalam perencanaan oleh *CV.Bangun Cipta Persada* atau dalam studi kelayakan PLTMH Minggir. Dengan debit rancangan ini, diharapkan tidak terjadi kekurangan suplai air sehingga daya yang dihasilkan dapat mencapai nilai maksimum.

Dari hasil perhitungan daya yang direncanakan oleh *CV.Bangun Cipta Persada* didapat nilai daya listrik sebesar 20,638 kW. Dalam studi kelayakan ini, dilakukan analisis ulang. Dari analisis rumah pembangkit yang dilakukan, maka diperoleh nilai beda tinggi muka air dibagian atas (pada bak penenang) dengan bagian bawah (pada tailrace/saluran pembuang) untuk mengetahui potensi daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH Minggir.

Daya listrik yang dihasilkan PLTMH Minggir :

$$P = Q.H.p.g. \eta = 1,5 \times 2 \times 1000 \times 9,81 \times 80\% \\ = 23544 \text{ watt} = 23,54 \text{ kW}$$

Perancangan mekanikal dan elektrikal dilakukan oleh CV Cihanjuang Inti Teknik Bandung. Hasil perancangan mekanikal dan elektrikal sebagai berikut:

a. Spesifikasi mekanikal

- 1) Turbin : *Open Flume* diameter 300 mm (2 buah)
- 2) Transmisi : Pulley dan *v-belt* (Puley type C)

b. Spesifikasi elektrikal

- 1) Generator : MISG Motor Induksi 12 kW.
- 2) Sistem control : Kontrol IGC (Chip IGC 10 kW), control *synchronizer* dan *ballast* load 12 kW DC.

A. Analisis Struktur Bangunan Air

Hasil dari analisis ulang terhadap struktur bangunan air dapat dilihat pada tabel perbandingan dibawah ini.

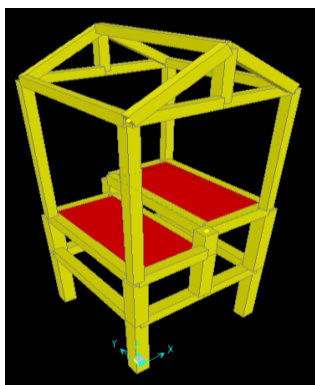
TABEL I
PERBANDINGAN HASIL ANALISIS KONSULTAN DENGAN HASIL STUDI KELAYAKAN PLTMH MINGGIR

No.	Jenis Bangunan Air	Analisis Konsultan				Analisis Studi Kelayakan			
		L (m)	B (m)	H (m)	So	L (m)	B (m)	H (m)	So
1	Bangunan penyadap	-	0,9	1,2	-	-	0,9	1,2	-
2	air	-	2,2	1,4	0,0016	-	2,2	1,40	0,0016
3	Saluran pembawa	5	2,7	-	-	5	3	-	-
4	Bak penenang	-	2,5	0,66	0,00204	-	3	0,66	0,0002

Sumber: Analisis

B. Analisis Struktur Power House (Pemodelan struktur 3D dengan program SAP2000 version 11.0.0)

Pada PLTMH Minggir, pihak konsultan belum pernah melakukan analisis terhadap struktur Power House. Maka dari itu, dalam studi kelayakan ini dilakukan analisis struktur terhadap bangunan Power House dengan pemodelan 3D menggunakan software *SAP2000 version 11.0.0*. Permodelan ini adalah untuk mengetahui apakah struktur mampu menahan beban-beban yang bekerja diatasnya. Hasil analisis struktur Power house menggunakan program *SAP2000* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Permodelan rumah pembangkit (Power House)

Momen yang terjadi pada balok dan kolom struktur pada Power House dilihat pada Tabel dibawah ini.

TABEL II
MOMEN PADA KOMPONEN BALOK STRUKTUR

No.	Kode Struktur	Momen Maksimum (kNm)	Keterangan
1	B34 (25/30)	30,786	maksimum 6P16
2	B35 (25/30)	36,460	
3	B38 (25/30)	2,953	
4	B39 (25/30)	2,953	maksimum 6P12
5	B40 (20/30)	3,106	
6	B41 (20/30)	3,675	
7	B44 (20/30)	33,800	maksimum 4P12
8	B45 (20/30)	27,844	
9	B47 (20/30)	11,616	
10	B48 (15/20)	-0,497	maksimum 4P12
11	B49 (15/20)	-0,497	
12	B52 (15/20)	2,961	
13	B58 (15/20)	0,779	maksimum 4P12
14	B59 (15/20)	0,779	
15	B60 (15/20)	2,560	

Sumber: Analisis

TABEL III
GAYA NOMINAL PADA KOLOM STRUKTUR

No.	Kode Struktur	Gaya Aksial (kNm)	Momen Nominal (kNm)
1	K20 (30/30)	120,851	0,073
2	K21 (30/30)	86,217	4,926
3	K18 (30/30)	147,828	2,936
4	K19 (30/30)	156,977	1,917
5	K32 (30/30)	41,455	5,674
6	K33 (30/30)	13,878	13,292
7	K26 (20/20)	16,759	-2,657
8	K27 (20/20)	16,52	2,177

9 K54 (20/20) 6,648 -4,352E-16
Sumber: Analisis

C. Perhitungan Kapasitas Dukung Struktur

Dari hasil analisis diperoleh nilai kapasitas dukung struktur balok seperti pada Tabel berikut.

TABEL IV
NILAI KAPASITAS DUKUNG STRUKTUR

No.	Struktur	Ukuran	Tulangan	Struktur
1	Balok	25 × 30	6P16	59,756
2	Balok	20 × 30	6P12	43,627
3	Balok	15 × 20	4P12	14,343

Sumber: Analisis

D. Kriteria Kelayakan Teknis

Setelah dilakukan analisis data, diperoleh hasil kriteria kelayakan pembangunan PLTMH Minggir secara teknis sebagai berikut:

1. Ketersedian air

Dari data debit pada saluran irigasi Minggir Dusun Klagaran dari bulan Januari 2000 hingga bulan Januari 2008 menunjukkan bahwa debit minimum sebesar 1.650 liter/detik. Untuk debit rancangan ditetapkan

sebesar 1.500 liter/detik, dengan debit rancangan yang lebih kecil dari debit minimum, maka kebutuhan air dapat terpenuhi secara kontinyu. Pada saat intake saluran Minggir ditutup untuk perbaikan saluran, PLTMH Minggir tidak mendapatkan suplai air sehingga tidak dapat berproduksi. Setiap tahun perbaikan saluran dilakukan selama satu bulan, berarti PLTMH Minggir tidak dapat berproduksi selama satu bulan. Waktu satu bulan dapat dimanfaatkan untuk perbaikan peralatan mekanikal dan elektrikal pada PLTMH.

2. Kemampuan struktur menahan beban

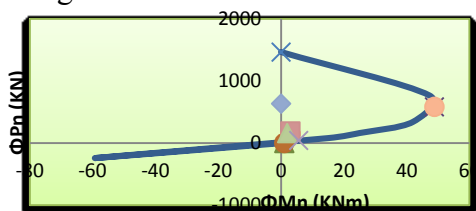
Berdasarkan hasil analisis struktur Power House dengan program SAP2000 dan perhitungan kapasitas dukung struktur, diketahui bahwa rancangan Power House mampu mendukung beban yang terjadi. Hal ini, bisa dibuktikan pada perbandingan nilai kapasitas dukung struktur dengan nilai gaya nominal yang terjadi pada struktur. Perbandingan ini dapat dilihat pada Tabel berikut.

TABEL V
PERBANDINGAN KAPASITAS DUKUNG STRUKTUR DENGAN GAYA NOMINAL YANG TERJADI PADA STRUKTUR

No.	Struktur	Ukuran (cm)	Tulangan	Mu (kNm)	0,8 Mu (kNm)	Mu max (kNm)
1	Balok	25 × 30	6P16	59,756	47,805	36,46
2	Balok	20 × 30	6P12	43,627	34,902	33,80
3	Balok	15 × 20	4P12	14,343	11,474	2,961

Sumber: Analisis

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai (0,8.Mu) lebih besar dari Mu max yang bekerja pada struktur balok Power House, sehingga dimensi struktur balok mampu mendukung gaya yang terjadi. Gambar 6 dibawah ini, menunjukkan gaya pada struktur di diagram interaksi kolom.



Gambar 6. Gaya yang Terjadi pada Kolom Struktur

Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa gaya yang terjadi pada kolom struktur masih berada di dalam diagram interaksi kolom, hal

ini menunjukkan bahwa kolom struktur mampu mendukung gaya - gaya yang terjadi.

3. Ketersediaan peralatan mekanikal dan elektrikal di pasaran

Daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH Minggir sebesar 23,54 kW. CV.Cihanjuang Inti Teknik Bandung adalah merupakan produsen turbin lokal, sehingga semua peralatan mekanikal dan elektrikal pada PLTMH Minggir dapat diperoleh di pasaran.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Dusun Klagaran, Desa Sendangrejo, Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman secara teknis layak untuk dibangun.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis kelayakan PLTMH Minggir diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi daya yang dibangkitkan dari PLTMH Minggir adalah sebesar 23,54 kW.
2. Pembangunan PLTMH Minggir memenuhi criteria kelayakan secara teknis.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Antono, A. 2007. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro studi kasus: PLTMH Kalibawang di Dusun Sorotanan Desa Banjararum Kecamatan Kalibawang Kabupaten Kulonprogo. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Anonim. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Yayasan Penerbit PU.
- Anonim. 2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002. Jakarta: Departemen Kimpraswil.
- Anonim. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI 03-2847-2002. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Chow, V.T. 1989. Hidraulika Saluran Terbuka. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Patty, 1995. Tenaga Air. Surabaya: Erlangga.
- Purnama, A. 2011. Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Studi Kasus: Saluran Irigasi Minggir Di Padukuhan Klagaran, Desa Sendangrejo, Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman). Jurnal UNSA Progress, Universitas Samawa Sumbawa Besar.
- Yulistiyanto, B. 2001. Hidraulika Sungai: Suatu Pengantar Praktis. Yogyakarta: JTS-FT UGM.