

**STUDI KELAYAKAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
(PLTMH) BENDUNG TRANI KALI SAMIN/GEMBONG DI KABUPATEN SUKOHARJO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ALBASTOMIROJI

D400140101

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI KELAYAKAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
(PLTMH) BENDUNG TRANI KALI SAMIN/GEMBONG DI KABUPATEN SUKOHARJO**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ALBASTOMIROJI

D 400 140 101

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

 18/1-2018

Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.

NIK.981

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI KELAYAKAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
(PLTMH) BENDUNG TRANI KALI SAMIN/GEMBONG DI KABUPATEN SUKOHARJO**

OLEH

ALBASTOMIROJI

D 400 140 101

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Senin, 22 Januari 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- | | |
|--|--|
| 1. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji) | (..... ) |
| 2. Aris Budiman, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji) | (..... ) |
| 3. Umar, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji) | (..... ) |

Dekan,



Ir. Sri Soenarjono, S.T.PhD.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 22 Januari 2018

Penulis



ALBASTOMIROJI

D 400 140 101

STUDI KELAYAKAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BENDUNG TRANI KALI SAMIN/GEMBONG DI KABUPATEN SUKOHARJO

Abstrak

Kebijakan Energi Nasional (KEN) diharapkan pada tahun 2020 sejumlah 5% kebutuhan listrik nasional disuplai dari sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) yang di antaranya air, angin, sinar matahari, gelombang laut, bioenergi dll. Energi listrik bisa dihasilkan melalui air salah satunya berupa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Potensi PLTMH di Jawa Tengah adalah sebesar 75.926 kW dan yang sudah dimanfaatkan adalah sebesar 69.832 kW atau 92% dari potensi. Sedangkan potensi yang belum dimanfaatkan sebesar 6.094 kW (sebesar 8% dari potensi yang ada). Rasio Elektrifikasi (RE) di Jawa Tengah saat ini telah mencapai 85.29% sehingga masih diperlukan upaya untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, melalui perluasan jaringan/ distribusi PLN dan pembangunan PLTMH. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya potensi daya terbangkit dari potensi air di Jawa Tengah untuk PLTMH khususnya Bendung Trani Kali Samin/Gembong di Kabupaten Sukoharjo. Oleh karena itu dilaksanakanlah studi kelayakan dengan beberapa metode yang digunakan untuk mencari *headnett* menggunakan *google maps* koordinat dan data debit air didapat menggunakan metode apung dengan mengalirkan botol plastik 600 mL berisi air setengah penuh pada jarak tertentu pada aliran sungai yang sudah diketahui kedalamannya dan diukur lebar sungainya. Hasil penelitian didapat potensi daya listrik Bendung Trani Kali Samin/Gembong dengan *headnett* 3 meter rata-rata potensi daya listrik yang dihasilkan sebesar 32,012 kW dan potensi daya listrik ini cenderung stabil sepanjang tahun.

Kata Kunci: bendung trani, debit air, *headnett*, PLTMH

Abstract

The National Energy Policy is expected that in 2020, about 5% of national electricity demand is supplied from Renewable Energy sources including water, wind, sunshine, ocean waves, bioenergy etc. Electrical energy can be generated through water one of them in the form of Micro Hydro Power Plant (MHPP). The potential of Micro Hydro Power Plant in Central Java is 75,926 kW and that has been utilized is 69,832 kW or 92% of 75,926 kW. While the untapped potential is 6,094 kW (equal to 8% of existing potential). Electrification ratios (RE) in Central Java have reached 85.29% so it is still needed to meet the needs of the society, through the expansion of State Electricity Company's network or distribution and development of Micro Hydro Power Plant. This study aims to calculate the potential power generated from the potential water in Central Java for Micro Hydro Power Plant especially for Trani Dam in Samin/Gembong River in Sukoharjo District. Therefore conducted feasibility studies with several methods used to search *headnett* using *google maps* coordinates and water debit data obtained using the floating method by draining a 600 mL plastic bottle filled with half-filled water at a certain distance in the river flow that is known to the depth and measured the width of the river. The result of research got potential of electricity of Trani Dam in Samin/Gembong River with *headnett* 3 meter is average 32,012 kW and the potency of electric power tends to be stable all year.

Keywords: tank weir, water discharge, *headnett*, MHPP

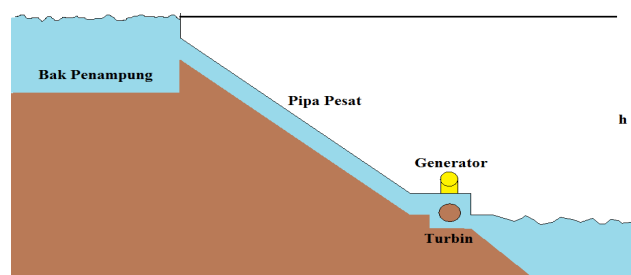
1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik saat ini secara umum masih menggunakan generator berbahan bakar fosil. Seperti yang sudah diketahui bahwa bahan bakar fosil lama kelamaan akan habis karena tidak dapat diperbaharui. Sementara itu polusi, pemanasan global, perubahan iklim merupakan dampak negatif yang dapat dihasilkan oleh penggunaan generator listrik dengan bahan bakar fosil (Snorre Kverndokk, 1996), (Knut Einar Rosendahl, 1998). Selain bahan bakar fosil, terdapat juga sumber energi yang dapat diperbaharui (energi air, surya, panas bumi, angin, bioenergy, arus laut, dsb). Suplai energi yang dihasilkan dari energi terbarukan cenderung lebih sedikit polusi gas efek rumah kaca yang dihasilkan selama beroperasi (Mattmann et al., 2016).

Indonesia sebagai negara tropis yang terletak di sepanjang garis khatulistiwa diberkahi setidaknya enam sumber daya Energi Baru Terbarukan (EBT) yakni energi air, surya, panas bumi, angin, bioenergi dan arus laut. Keenam sumber daya tersebut memiliki total potensi mencapai 441,7 GW dan yang baru terealisasi saat ini hanya sebesar 8,89 GW. Potensi energi air mencapai 75 GW (16,98 % dari total potensi EBT) dan yang sudah terealisasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) mencapai 5,124 GW.

Sebagai upaya untuk mempercepat pemanfaatan air sebagai sumber energi, pemerintah mempermudah perizinan serta mendorong kebijakan dan regulasi. Target pemerintah dalam waktu 5 sampai 7 tahun akan terealisasikan Pembangkit Listrik Minihipdro (PLTM) sebesar 1,2 GW (240 unit PLTMH @ 5 MW) sehingga akan terdapat potensi penghematan solar impor = 2,21 juta kL/tahun = 1,92 milyar US\$/tahun dengan perkiraan produksi 7.358.400 MWh/tahun (Puskom KESDM, 2014). Potensi PLTMH di Jawa Tengah adalah sebesar 75.926 kW dan yang sudah dimanfaatkan adalah sebesar 69.832 kW atau 92% dari potensi. Sedangkan potensi yang belum dimanfaatkan sebesar 6.094 kW (sebesar 8% dari potensi yang ada). Rasio Elektrifikasi (RE) di Jawa Tengah saat ini telah mencapai 85.29% sehingga masih diperlukan upaya untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, melalui perluasan jaringan/ distribusi PLN dan pembangunan PLTMH. Salah satu potensi PLTMH yaitu Bendung Trani Kali Samin/Gembong di Kabupaten Sukoharjo.

PLTMH memiliki prinsip memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik pada sungai ataupun saluran irigasi, kemudian aliran air tersebut memutar turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik turbin akan memutar generator sehingga dari generator tersebut akan dihasilkan listrik. PLTMH adalah sebuah sistem pembangkit dengan mengonversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran air menjadi energi mekanik dan energi listrik (Donald, 1994). Skema prinsip kerja PLTMH dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Skema sederhana PLTMH

Ada beberapa pertimbangan suatu proyek PLTMH dianggap layak dan menarik. Adapun hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam penilaian suatu proyek PLTMH antara lain sebagai berikut:

1.1 Faktor Utama/ Primer:

a. Adanya tinggi jatuh (*Head*)

Untuk PLTMH idealnya memiliki *head* 10 – 50 meter, pasalnya untuk daya yang sama konstruksi sipil dan peralatan elektromekanik akan lebih kecil dan sederhana dibandingkan dengan lokasi *head* rendah. Bukan berarti *head* rendah tidak memungkinkan, tetapi dari sisi teknis dan biaya, *head* medium lebih menarik.

b. Debit/ aliran air yang cukup

Ketersediaan aliran air sepanjang tahun sangat penting untuk menjaga kelangsungan penyediaan listrik, untuk itu sebaiknya dipilih lokasi dengan aliran air yang relatif stabil sepanjang tahun dan cukup untuk melayani kebutuhan beban konsumen.

c. Jarak beban dengan pembangkit

Semakin jauh jarak pembangkit dengan konsumen maka semakin besar tegangan jatuh di jalan, semakin besar rugi daya, semakin panjang kabel yang dibutuhkan dan semakin banyak tiang yang digunakan sehingga secara ekonomis semakin mahal. Sebaiknya dipilih lokasi pembangkit yang dekat dengan konsumen.

d. Daya terbangkit dan kebutuhan beban

Idealnya daya terbangkit adalah 30% lebih besar dari kebutuhan konsumen untuk kemungkinan pertumbuhan beban, musim kemarau, pemanfaatan produktif dan juga faktor keamanan peralatan.

1.2 Faktor Sekunder

a. Kondisi geografis dan risiko teknis

Untuk meminimalisir risiko teknis dari suatu PLTMH, sebaiknya dipilih lokasi minim dari kondisi bencana seperti tanah longsor dan banjir atau dengan tindakan pencegahan (preventif) dari kondisi alam yang ekstrem.

b. Kondisi sosial ekonomi masyarakat

Hendaknya dalam pembangunan suatu proyek PLTMH perlu adanya pendekatan yang disesuaikan dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat, misalnya dalam hal keterlibatan masyarakat selama pembangunan, tahap pengoperasian, pengelolaan dan besaran tarif listrik.

c. Jenis konsumen/ kepadatan

Tipe konsumen dan peralatan yang digunakan juga perlu dipertimbangkan dalam perencanaan awal suatu PLTMH, misalnya jika PLTMH akan digunakan untuk penerangan saja atau untuk mesin – mesin produksi akan memerlukan spesifikasi generator dan sistem generator yang

berbeda. Selain itu kepadatan konsumen mempengaruhi dalam hal faktor beban pembangkit dan biaya untuk jaringan dan sambungan rumah.

d. Status kepemilikan lahan

Dalam tahap studi kelayakan seharusnya dilakukan penelitian mengenai kepemilikan lahan dan bagaimana mengatasinya. Tentunya hal ini akan mempengaruhi komponen biaya proyek jika lahan harus mendapatkan ganti rugi atau dihibahkan.

e. Pemanfaatan air

Perlu diperhatikan apakah air yang dipakai untuk PLTMH mengganggu kepentingan pemakaian air yang lain atau tidak. Misalnya untuk pertanian, perikanan, air bersih dll. Pertimbangan semacam ini mempengaruhi pola operasi dan pemanfaatan PLTMH.

f. Lingkungan

Keberadaan PLTMH sebaiknya tidak mengganggu habitat ekologi sungai dan lingkungan, oleh karenanya perlu adanya penelitian sebelum proyek dilaksanakan.

2. METODE

2.1 Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan untuk memperoleh tempat yang memungkinkan untuk perancangan dan pembangunan PLTMH yaitu ketersediaan Daerah Aliran Sungai (DAS), saluran irigasi, atau air terjun.

2.2 Penentuan Lokasi PLTMH

Survei lokasi yang terfokus pada potensi air yang berada di Jawa Tengah. Setelah survei dan menganalisa data dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang (DINAS PUSDATARU) Provinsi Jawa Tengah, akhirnya ditemukan lokasi yang cukup potensial yaitu Bendung Trani Kali Samin/Gembong, Genengsari, Kecamatan Polokarto, Kabupaten Sukoharjo. Kecamatan Polokarto merupakan kecamatan terluas di Kabupaten Sukoharjo, yaitu 6.218 ha (13%). Berdasarkan garis bujur dan garis lintang Kecamatan Polokarto terletak antara 110° 49' 48,63"-110° 57' 33,70" Bujur Timur dan 7° 36' 34,86"-7° 41' 4,86" Lintang Selatan. Ketinggian 103-118 meter di atas permukaan laut serta beriklim tropis dengan temperatur 22° - 31°. Banyaknya hari hujan selama tahun 2016 adalah 83 hari dengan rata-rata curah hujan 23 mm, dimana curah hujan tertinggi terjadi pada Bulan Februari dan November. Sedangkan yang terendah pada Bulan April dan Agustus.



Gambar 2. Bendung Trani Kali Samin/Gembong dan saluran induk (*intake*)

2.3 Pengukuran Besar Tinggi Jatuh Air

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui besaran tinggi jatuh air ada dua cara yaitu memanfaatkan GPS dan *google maps* koordinat.

2.4 Pengukuran Debit/Aliran Air

Debit air dapat diukur dengan beberapa cara, yang paling umum dan mudah dilakukan yaitu pengukuran debit dengan metode pelampung.

Debit dapat dihitung dengan terlebih dahulu mencari luas penampang air (A) dan kecepatan air (V) melalui persamaan :

$$A = l \times h \dots \dots \dots (1)$$

$$V = \frac{s}{t} \dots \dots \dots (2)$$

Kemudian untuk menghitung debit menggunakan persamaan :

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan : s = panjang / jarak botol dialirkan (m)

l = lebar aliran air (m)

h = tinggi / kedalaman air (m)

t = waktu (s)

A = luas penampang air (m^2)

V = kecepatan air (m/s)

Q = debit air (m^3/s)

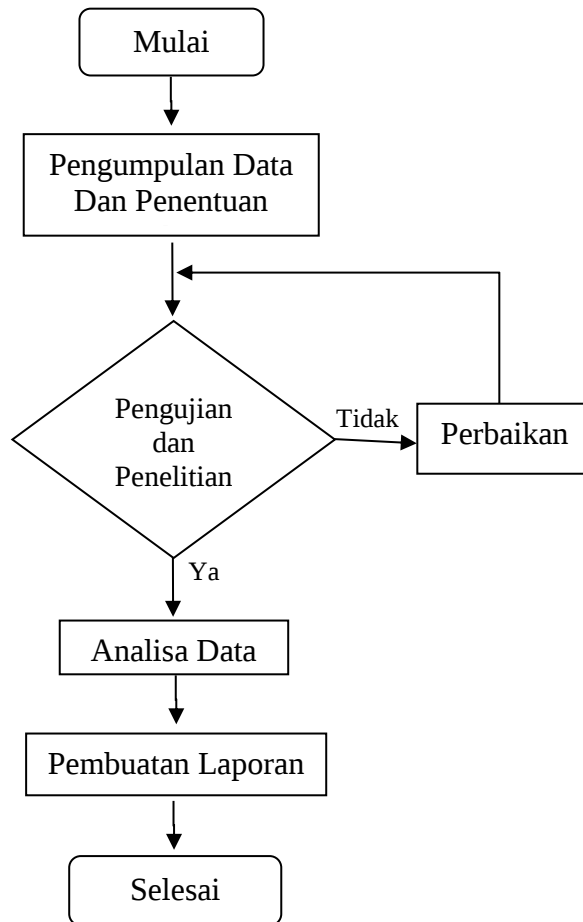
2.5 Perhitungan Potensi Daya yang Dibangkitkan

Data yang sudah didapatkan kemudian bisa dihitung potensi daya listrik yang dihasilkan dengan persamaan ;

Potensi daya PLTMH dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = g \times Q \times H_n \times \text{eff} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan : P = Daya (Kw)
g = Gravitasi (9.81)
Q = Debit aliran (m^3/s)
Hn = *Head nett* (m)
Eff = Efisiensi turbin

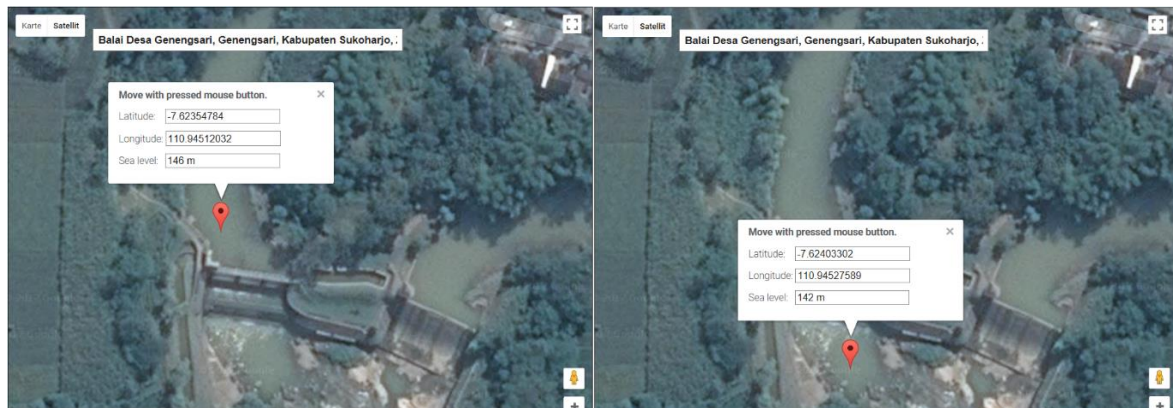


Gambar 3. Diagram penelitian

3. HASIL DAN ANALISA

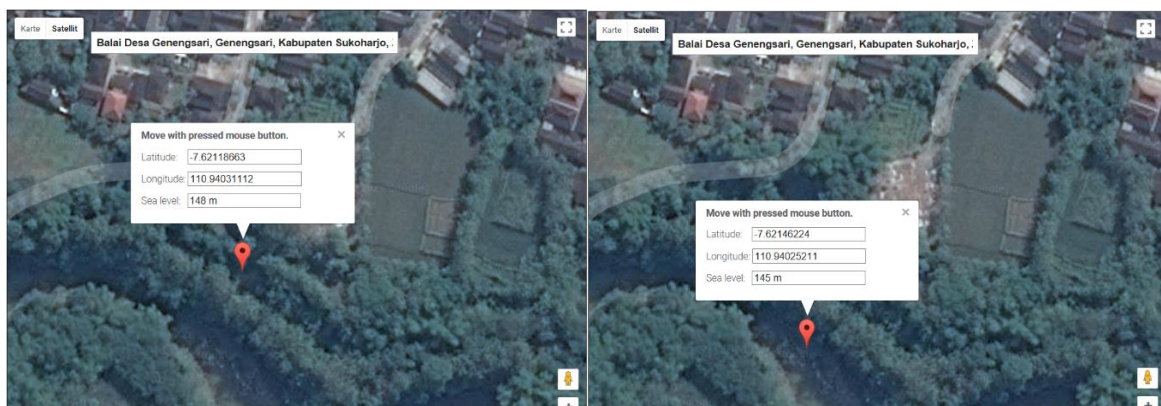
3.1 Analisa Head

Pengukuran *head nett* atau beda ketinggian pada Bendung Trani Kali Samin/Gembong terukur 4 m. Data ini didapatkan dengan memanfaatkan google koordinat yang menunjukkan angka 146 m pada *head top* dan ketinggian 142 m pada *head bottom*.



Gambar 4. Titik *top* dan *bottom* pada *google maps* koordinat

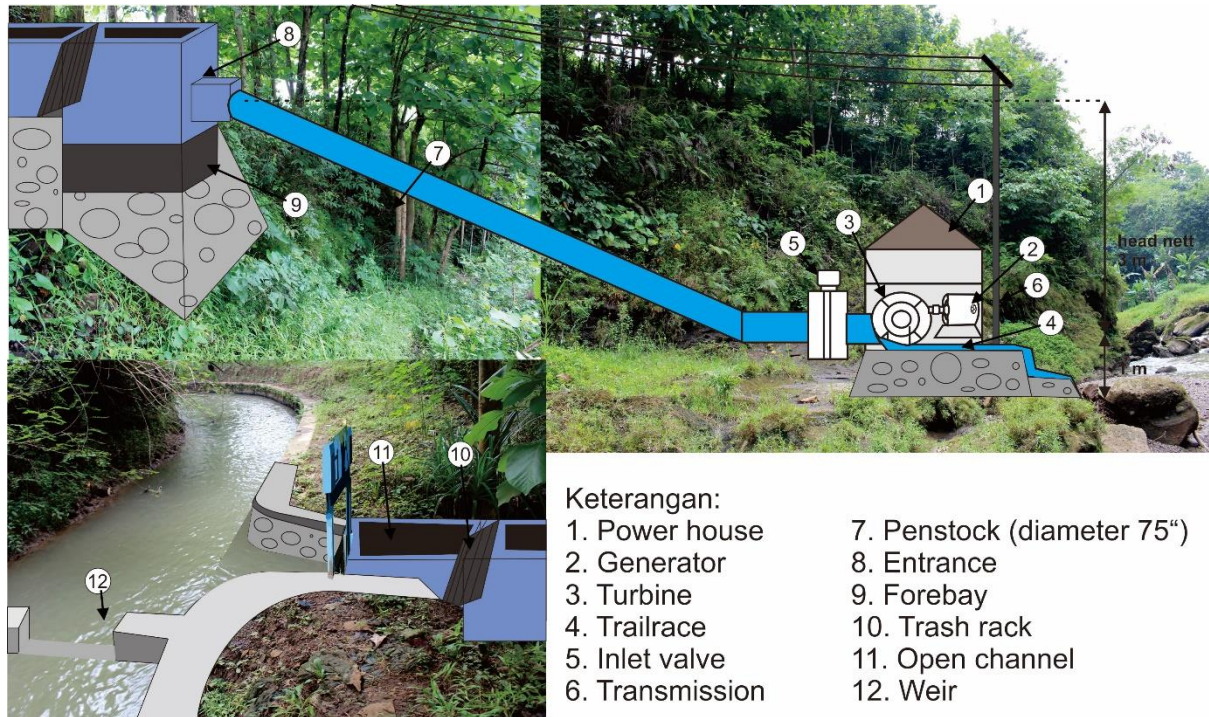
Pengukuran *head nett* pada lokasi *power house* terukur 3 m. Lokasi *power house* berada pada saluran induk (*intake*) yang posisinya memungkinkan untuk dibangun *power house* dan dekat dengan pemukiman. Pengukuran ini merupakan *head* efektif untuk mengantisipasi meluapnya air pada musim penghujan.



Gambar 5. Titik *top* dan *bottom* pada *google maps* koordinat

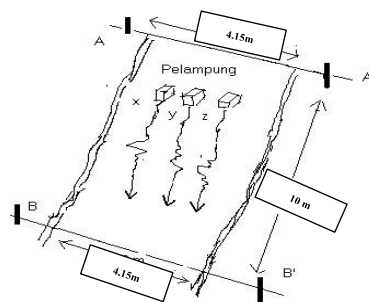
3.2 Analisa Rencana Bangunan PLTMH

Bangunan *power house* terletak sekitar 80 m dari rumah penduduk dan sekitar 1 km dari Bendung Trani Kali Samin/Gembong. Berikut gambar rancang bangun PLTMH:



Gambar 6. Rencana bangunan PLTMH

3.3 Analisa Debit Air



Gambar 7. Pengukuran debit air metode apung

Menggunakan metode apung, diketahui lebar aliran sungai 4,15 m, kedalaman sungai 0,5 m, panjang aliran yang akan diukur 8,30 m, maka:

$$\begin{aligned}
 A &= l \times h \\
 &= 4,15 \times 0,5 \\
 &= 2,075 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Didapatkan luas penampang air (A) = 2,075 m².

Tabel 1. Pengukuran debit air aliran induk (*intake*) Bendung Trani Kali Samin/Gembong

Percobaan	Luas Penampang	Waktu	Kecepatan	Debit Air
	$A = l \times h$	t	$V = s/t$	$Q = A \times V$
	m ²	s	m/s	m ³ /s
1.	2,075	28,47	0,35	0,73
2.	2,075	25,45	0,39	0,82
3.	2,075	26,58	0,38	0,78
4.	2,075	28,69	0,34	0,72
5.	2,075	26,22	0,38	0,80
6.	2,075	26,28	0,38	0,79
7.	2,075	29,70	0,34	0,69
8.	2,075	27,99	0,36	0,74
9.	2,075	27,65	0,36	0,75
10.	2,075	28,20	0,36	0,74
Rata-rata	2,075	27,52	0,36	0,76

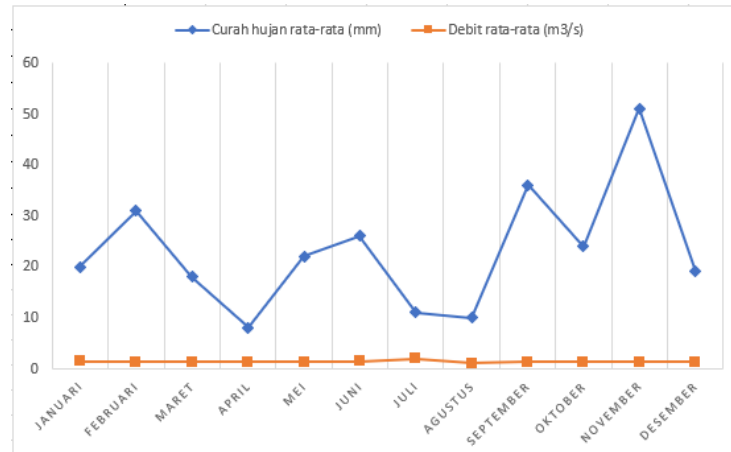
Berikut data debit air yang didapatkan dari data hidrologi oleh Balai PUSDATARU Bengawan Solo :

Tabel 2. Data curah hujan dan debit air aliran induk (*intake*) Bendung Trani Kali Samin/Gembong

Bulan	Curah Hujan Rata-rata (mm)	Debit Rata-rata (m ³ /s)
Januari	20	1,44
Februari	31	1,30
Maret	18	1,30
April	8	1,30
Mei	22	1,36
Juni	26	1,42
Juli	11	2,02
Agustus	10	0,99
September	36	1,30
Oktober	24	1,30
November	51	1,30

Bulan	Curah Hujan Rata-rata (mm)	Debit Rata-rata (m ³ /s)
Desember	19	1,30

Pada tabel 2 berisikan data curah hujan (mm) dan debit andalan (m³/s) Bendung Trani Kali Samin/Gembong pada tahun 2017.



Gambar 8. Grafik curah hujan rata-rata terhadap debit air.

Terlihat bahwa grafik data curah hujan yang cenderung fluktuatif tiap bulannya tidak terlalu berpengaruh pada kestabilan debit air sepanjang tahun.

3.4 Analisa Daya Listrik

Berdasarkan data yang didapatkan dari pengukuran debit dengan metode apung, dengan debit rata-rata hasil pengukuran yaitu 0,76 m³/s maka diketahui besarnya potensi daya (P) yang dihasilkan adalah ;

$$\begin{aligned}
 P &= g \times Q \times H_n \times \text{eff} \\
 &= 9,81 \times 0,76 \times 3 \times 0,80 \\
 &= 17,894 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

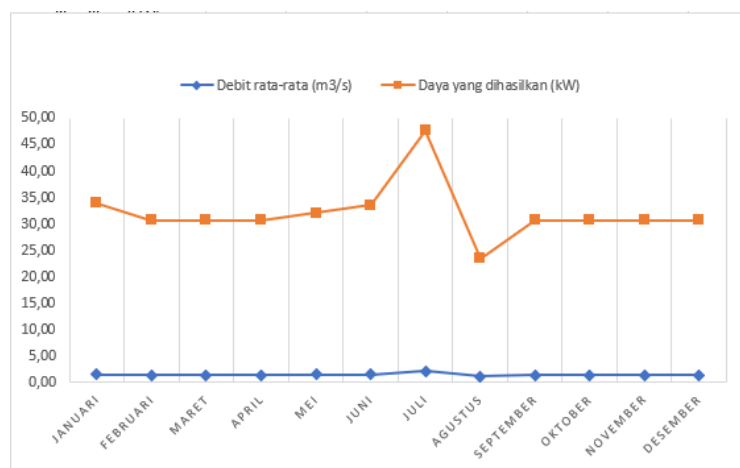
Berdasarkan data debit air yang didapatkan dari Balai PUSDATARU Bengawan Solo, maka diketahui besarnya potensi daya (P) yang dihasilkan adalah ;

Tabel 3. Analisa potensi daya listrik aliran induk Bendung Trani Kali Samin/Gembong

Bulan	Debit	Head	Efisiensi Turbin	Gravitasi	Daya
	Q	H		g	$P = g \times Q \times H_n \times \text{Eff}$
	m ³ /s	m		m/s ²	kW
Januari	1,44	3	0,80	9,81	33,903
Februari	1,30	3	0,80	9,81	30,560
Maret	1,30	3	0,80	9,81	30,560

Bulan	Debit	Head	Efisiensi Turbin	Gravitasi	Daya
	Q	H		g	$P = g \times Q \times H_n \times \text{Eff}$
	m ³ /s	m		m/s ²	kW
April	1,30	3	0,80	9,81	30,560
Mei	1,36	3	0,80	9,81	32,020
Juni	1,42	3	0,80	9,81	33,432
Juli	2,02	3	0,80	9,81	47,559
Agustus	0,99	3	0,80	9,81	23,309
September	1,30	3	0,80	9,81	30,560
Oktober	1,30	3	0,80	9,81	30,560
November	1,30	3	0,80	9,81	30,560
Desember	1,30	3	0,80	9,81	30,560
Rata-rata	1,36	3	0,80	9,81	32,012

Pada tabel 2 tersebut terdapat hasil potensi daya listrik sepanjang tahun 2017 terlihat bahwa debit dan daya yang dihasilkan cenderung stabil dalam periode satu tahun.



Gambar 9. Grafik debit rata-rata terhadap daya yang dihasilkan

Debit air rerata terbesar terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 2,02 m³/s menghasilkan daya listrik sebesar 47,559 kW dan debit air rerata terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 0,99 m³/s menghasilkan daya listrik sebesar 23,309 kW.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan ;

- Beda ketinggian (*head*) efektif dari saluran induk (*intake*) Bendung Trani Kali Samin/Gembong yang akan dipasang *penstock* menuju turbin pada *power house* adalah

- 3 m. Ketinggian ini ditentukan dengan pertimbangan kemungkinan meluapnya air ketika musim penghujan.
- b. Rata-rata potensi daya listrik yang dihasilkan sebesar 32,012 kW oleh karenanya turbin yang digunakan adalah *Cross Flow Propeller PAT* dan jenis generator yaitu Generator Sinkron Tiga Fasa dengan efisiensi minimal 80%. Sehingga efisiensi skema PLTMH yang bisa didapatkan yaitu lebih dari 45%.
 - c. Jarak *power house* dengan rumah penduduk cukup dekat yaitu sekitar 80 m. Letak *power house* pun cukup strategis dan aman dari adanya potensi longsor dan bencana lain.
 - d. Data curah yang cenderung fluktuatif tiap bulannya tidak terlalu berpengaruh pada kestabilan debit air sepanjang tahun, sehingga daya yang dihasilkan tiap bulannya cenderung stabil dalam periode satu tahun. Hanya pada bulan Juli sempat terjadi kenaikan daya yang signifikan dan dilanjutkan penurunan pada bulan Agustus.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah penelitian tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat dukungan dari berbagai pihak yang ikut andil dan berperan serta, meskipun masih banyak kekurangan diharapkan laporan penelitian ini bisa bermanfaat dan menjadi pembelajaran bagi pembaca. Dalam kesempatan yang penuh syukur ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada ;

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas limpahan karunia, rahmat, nikmat dan izinNya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian tugas akhir ini dengan baik. Alhamdulillah.
2. Rasulullah Muhammad Sallallahu 'Alaihi Wasallam, yang syafaatnya senantiasa dinantikan dan risalahnya yang menjadikan penulis mengenal Islam sebagai satu-satunya agama yang diridhoi di sisi Allah Ta'ala. Allahumma shalli wa sallim 'ala nabiyyina Muhammad.
3. Ibu dan bapak tersayang. Yang senantiasa mendoakan, mendukung dan menyemangati penulis. Semoga Allah menyayangimu dan menjagamu seperti halnya engkau menyayangi dan menjagaku semasa kecil.
4. Kakak-kakak ku tersayang yang selalu mendoakan dan mendukung penulis.
5. Bapak Umar, ST. MT sebagai kepala jurusan Teknik Elektro
6. Bapak Hasyim Asy'Ari, ST.MT sebagai dosen pembimbing yang telah memberi masukan dan semangat dalam proses pembuatan tugas akhir.
7. Para staff dan dosen Teknik Elektro yang telah mengajarkan ilmu-ilmunya. Semoga bermanfaat.
8. Balai PUSDATARU Bengawan Solo yang telah memberikan kesempatan untuk memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian.
9. Mas Amri, Mba Medina, Mba Istiqomah, M. Panji Panuntun, M. Fahmi, Galih, Ardan, Anggi, Firda, Dini, dan Dinda yang telah membantu jalannya penelitian dan penulisan laporan tugas akhir.
10. Mas Adiet dan Mba Lavy yang telah membimbing selama di asrama.
11. Ustadz Sodikin dan rekan-rekan santri karya DT Peduli Solo. Semoga berkah dan lurus niatnya dalam menjalankan amanah umat Islam.

12. Rekan-rekan asisten Laboratorium Teknik Elektro.
13. Teman-teman LPM Campus terkhusus nya *Newsletter Crew*.
14. Teman-teman mahasiswa jurusan Teknik Elektro.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagaskara, Hammam Nur. 2017. “Analisa Potensi Daya Listrik Pada Bendung Colo, Kec Nguter, Sukoharjo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)”. *Publikasi Ilmiah*. Surakarta: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- BPS KABUPATEN SUKOHARJO. 2017. Kabupaten Sukoharjo Dalam Angka 2017.
- Cedric, Bindzi Zogo Emmanuel and Pr. Wei Long. 2017. “Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach”. *Energy Procedia*, 115 (2017): 230-231
- Damastuti, A.P. (1997). “Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro”. *WACANA No. 8*, hal.11-12
- DJLPE ESDM. 2010. Modul Pelatihan Studi Kelayakan Pembangunan Mikrohidro. IMIDAP-M-012-2010.
- Ferial. 2014. “Kebijakan Pengembangan Tenaga Air” (online), (<http://ebtke.esdm.go.id/post/2014/07/02/628/kebijakan.pengembangan.tenaga.air>, diakses tanggal 14 Desember 2017).
- Lampiran Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 08 Tahun 2011 tentang Spesifikasi Teknis Kegiatan DAK Bidang Listrik Pedesaan*. Jakarta: Menteri ESDM.
- Michael, Prawin Angle and C. P. Jawahar. 2017. “Design of 15 kW Micro Hydro Power Plant for Rural Electrification at Valara”. *Energy Procedia*, 117 (2017): 168-171
- Signe, Elie Bertrand Kengne, dkk. 2017. “Methodology of Feasibility Studies of Micro-Hydro power plants in Cameroon: Case of the Micro-hydro of KEMKEN”. *Energy Procedia*, 119 (2017): 17-28
- Wardani, Rahma. 2017. “Energi Baru Terbarukan Dukung Pencapaian Kemandirian Energi Nasional” (online), (<http://ebtke.esdm.go.id/post/2017/10/03/1760/energi.baru.terbarukan.dukung.pencapaian.kemandirian.energi.nasional>, diakses tanggal 27 Desember 2017).
- Wardani, Rahma. 2017. “Pertumbuhan Pembangkit Listrik EBT Terus Digenjot” (online), (<http://ebtke.esdm.go.id/post/2017/10/03/1762/pertumbuhan.pembangkit.listrik.ebt.terus.digenjot?lang=en>, diakses tanggal 14 Desember 2017).