

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH KETINGGIAN DAN DEBIT AIR TERHADAP *OUTPUT*
ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN PADA PEMBANGKIT
MIKROHIDRO (PLTMH) DESA GIRIKERTO**



Disusun oleh:

TAUPAN ALI AKBAR

11524066

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH KETINGGIAN DAN DEBIT AIR TERHADAP
OUTPUT ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN PADA PEMBANGKIT
MIKROHIDRO (PLTMH) DESA GIRIKERTO**



Yogyakarta, 4 Juli 2018
Menyetujui,
الجمهورية الإسلامية الإندونيسية

Pembimbing I

Husein Mubarak, S.T., M.Eng
155241305

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH KETINGGIAN DAN DEBIT AIR TERADAP OUTPUT ENERGI
LISTRIK YANG DIHASILKAN PADA PEMBANGKIT MIKROHIDRO (PLTMH) DESA
GIRIKERTO**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Taupan Ali Akbar

11 524 066

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: **20 Juli 2018**

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : **Husein Mubarak, S.T., M.Eng.**

Anggota Penguji 1: **Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng.**

Anggota Penguji 2: **Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: **20 Juli 2018**

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 025200526

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 4 Juli 2018



Taupan Ali Akbar

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alam, rasa syukur dan terima kasih penulis haturkan pada-Mu ya Rabb atas karunia nikmat yang telah diberikan sehingga skripsi yang berjudul “Analisa Pengaruh Ketinggian dan Debit Air Terhadap *Output* Energi Listrik Yang dihasilkan Oleh Pembangkit Mikrohidro (PLTMH) Desa Girikerto” telah selesai dengan baik dan lancar. Tidak lupa sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW. yang menjadi teladan hidup bagi kita.

Rasa syukur penulis haturkan atas selesainya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca kedepannya. Banyak kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih juga terhaturkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan skripsi ini. Atas bimbingan, dukungan, kerja sama, dan fasilitas diucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Husein Mubarak S.T., M.Eng. selaku pembimbing I skripsi yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas

Islam Indonesia yang telah membimbing dan memberikan ilmunya selama duduk dibangku kuliah.

4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing penulis selama perkuliahan sehingga penulis dapat berada pada tahap ini.
5. Bunda terhebat dan terbaik serta adik yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan inspirasi dalam bentuk apapun.
6. Teman–teman Teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya angkatan 2011 atas doa dan dukungannya.
7. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 4 Juli 2018

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Arti
BBM	Bahan Bakar Minyak
BPPT	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
ESDM	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
<i>HOMER</i>	<i>Hibrid Optimisazion Model for Electric Renewable</i>
kW	<i>Kilo Watt</i>
kWh	<i>Kilo Watt Hour</i>
L	Liter
M	Meter
m^2	Meter persegi
m^3	Meter kubik
NPC	<i>Net Present Cost</i>
O&M	<i>Opration and Maintanance</i>
P	<i>Power</i>
PBP	Pay Back Period
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PV	<i>Photovoltaic</i>
Rp	Rupiah
PT	Persero
US\$	Dolar Amerika Serikat
<i>Starting</i>	Memulai
V	<i>Volt</i>

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu meninjau kembali ketinggian dan debit air pada PLTMH Dusun Daleman yang saat ini sudah tidak beroperasi, kemudian dilakukan perhitungan ulang debit air menggunakan metode apung. Adapun pengukuran dilakukan sebanyak 3 titik dari perhitungan titik pertama dengan ketinggian 5,5 m, debit air sebesar 0,456 m³/dtk daya *output* yang didapatkan 14,624 kW, selanjutnya titik ke dua ketinggian 6 m, debit air sebesar 0,485 m³ /dtk, dan daya *output* 16,968 kW dan titik ke tiga pada ketinggian 6,25 m, debit air 0,630 m/dtk menghasilkan daya *output* sebesar 22,595 kW, sedangkan daya pengeluaran *HOMER* sebesar 10,987 kW. Didapatkan hasil dengan meninggikan *head* dan debit air terjadi peningkatan daya *output* PLTMH Dusun Daleman khususnya pada musim kemarau tapi ternyata masih mengalami kekurangan daya yang dibutuhkan masyarakat, solusi yang tepat untuk meningkatkan daya outputnya yaitu dengan mengganti atau memperbaiki turbin yang sudah tidak berfungsi lagi, didapatkan perhitungan dimana investasi yang ditanamkan sebesar Rp. 20.000.000 akan kembali selama 3,5 tahun untuk PLTMH berkapasitas 10 kVA yang dioperasikan dengan CF sebesar 50%.

Keywords- PLTMH, Debit air, *HOMER Energy*, Dusun Daleman Desa Girikerto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 11 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 <i>HOMER</i> Pro	6
2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	6
2.2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	7
2.2.4 Komponen–komponen PLTMH	7
2.2.5 Pemilihan Lokasi PLTMH	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	10
3.1 Alat penelitian	10
3.2 Alur penelitian	10
3.3 Simulasi menggunakan perangkat lunak <i>HOMER</i>	11
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Letak Gografis	14
4.2 Analisa Hasil	14

4.2.1 Hasil Pengukuran Debit air dan Potensi Daya.....	14
4.3 Hasil Optimasi Sistem Perangkat Lunak <i>HOMER</i>	18
4.3.1 Sumber Debit air.....	18
4.3.2 Simulasi Beban Listrik	18
4.4 Perancangan Sistem Mikrohidro.....	20
4.4.1 Koneksi Grid.....	20
4.5 Hasil Konfigurasi Sistem	21
4.6 Solusi Pengaktifan Kembali PLTMH	21
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Kesimpulan	25
5.2 Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA.....	27

DAFTAR GAMBAR

•	
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	11
Gambar 4.1 Pengaturan Debit Air.....	18
Gambar 4.2 Pengaturan Beban Listrik.....	19
Gambar 4.3 Pengaturan Hydro.....	20
Gambar 4.4 Pengaturan Grid PLN.....	21
Gambar 4.5 Rancangan sistem PLTMH pada <i>software HOMER</i>	21
Gambar 4.6 Hasil perhitungan konfigurasi sistem PLTMH pada <i>software HOMER</i>	21
Gambar 4.7 Hasil Perhitungan <i>Net Present Cost</i> Perangkat Lunak <i>HOMER</i>	21

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rata-rata debit air pertahun Sub. Dinas pengairan Kab.Sleman.....	14
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Luas Penampang.....	15
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Kecepatan Titik 1.....	15
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Kecepatan Titik 2.....	15
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kecepatan Titik 3.....	16
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit air.....	16
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Laba Tahunan.....	23
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Pay Back Period (PBP)	24

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan zaman saat ini, suatu masalah yang selalu diperdebatkan adalah tentang masalah energi. Semakin modern suatu komunitas, maka semakin kompleks kebutuhan komunitas tersebut dan kebutuhan energi nasional semakin tua semakin terbatas.

Tidak dapat dipungkiri hal tersebut disebabkan karena semakin tingginya angka jumlah kebutuhan energi di segala sektor kehidupan, namun disisi lain jumlah pasokan energi justru berbanding terbalik. Eksploitasi energi berupa fosil, seperti gas, batu bara dan minyak bumi yang saat diperbaharui juga telah menimbulkan perhatian atas kemungkinan sumber-sumber cadangan energi tersebut habis. Contohnya energi fosil tersebut digunakan untuk menopang hampir setiap sektor kebutuhan primer manusia. Tingkat pemakaian setiap tahun semakin membesar, saat ini peningkatan terjadi sebesar 800 kali dibandingkan tingkat energi fosil pada tahun 1750-an, dan 12-an kali dibanding abad ke-20 (Budiarto: 2011). Kebutuhan dan konsumsi energi di Indonesia masih didominasi oleh minyak bumi, batu bara dan gas yang merupakan energi fosil yang terbatas. Dengan rata-rata produksi saat ini, maka dapat diperkirakan minyak bumi hanya mampu bertahan sekitar 24 tahun, gas hanya cukup bertahan sampai 59 tahun, sementara batu bara berkisar 93 tahun (Soemarinda: 2012).

Budiarto (2011) memaparkan bahwa sekitar 1,6 miliar penduduk dunia (sekitar seperempat penduduk dunia) masih belum menikmati listrik. Bahkan kasus di Indonesia menunjukkan baru mencapai 67,2 % dengan variasi yang cukup tajam antara daerah satu dengan lainnya. Rasio elektrifikasi disuatu negara masih rendah maka dapat dipastikan bahwa tingkat kemiskinan di negara tersebut juga masih relatif tinggi.

Di Indonesia saat ini, sedang digalakkan secara besar-besaran mengenai persebaran teknologi penghasil energi alternatif atau energi baru terbarukan. Kebijakan mengenai energi terbarukan yang dibuat oleh pemerintah Indonesia sudah dirasa optimal. Di dalam UU Energi seperti yang dikutip Oleh Budiarto (2011) ditekankan bahwa:

- 1) penyediaan dan pemanfaatan energi baru dan energi baru terbarukan wajib ditingkatkan oleh pemerintah pusat dan daerah sesuai dengan kewenangannya, dan
- 2) penyediaan dan pemanfaatan energi dari sumber energi baru dan sumber energi baru terbarukan yang dilakukan oleh badan usaha, bentuk usaha tetap dan perseorangan dapat memperoleh kemudahan dan atau insentif untuk jangka waktu tertentu hingga tercapai nilai ekonominya.

Beberapa contoh regulasi diatas merupakan perwujudan komitmen dukungan terhadap pengembangan energi baru terbarukan. Terlebih dalam aplikasinya untuk membangun sistem energi nasional yang berkelanjutan. Salah satu contoh tindakan nyata pemerintah Indonesia yang diwujudkan oleh kementrian ESDM dan Kemenristek dengan membangun PLTMH diberbagai kawasan di Indonesia, salah satunya di Yogyakarta yang berada di Desa Girikerto. Proyek pembangunan PLTMH ini memanfaatkan aliran sungai yang mengalir melewati dusun tersebut. Proyek pembangunan dimulai dari tahun 2004 hingga 2005 dan mulai beroperasi mulai tahun 2006. Proyek tersebut dilakukan oleh BPPT yang berkerjasama dengan UGM di bawah naungan Kementrian ESDM.

Penggunaan PLTMH sebagai energi alternatif diharapkan manfaatnya lebih besar lagi dan bisa menjadi solusi atas minimnya pengetahuan masyarakat desa terhadap PLTMH dan dapat dikembangkan sebagai sumber energi listrik terbarukan bersumber dari air yang hasilnya dimanfaatkan untuk industri rumah tangga atau kebutuhan rumah tangga. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang merupakan satu implemntasi dari energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan.

Pembangunan PLTMH di Daleman tidak selamanya berjalan lurus dan dapat dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat setempat. Alasan yang sangat klasik yakni kurangnya debit air sehingga tidak mampu menghasilkan daya yang besar dari PLTMH tersebut sehingga menjadi salah satu alasan berhentinya pengoperasian PLTMH daleman. Kini kondisi PLTMH di Dusun Daleman memang benar-benar sudah tidak beroperasi. Alat-alat yang digunakan untuk pengoperasian PLTMH hingga kini masih lengkap namun kondisinya sudah rusak. Bahkan bangunan utama PLTMH yaitu *Power*

house PLTMH di Dusun Daleman kini beralih fungsi menjadi *base camp* pemuda dusun. Hal tersebut tentunya menimbulkan tanda tanya besar, mengapa hal tersebut bisa terjadi. Padahal dalam proyek pembangunannya, pemerintah tentunya mengeluarkan biaya yang tidak sedikit untuk pengoperasiannya.

Penyebab lain dari tidak beroperasinya PLTMH tersebut adalah masyarakat tidak merawat, karena masyarakat sudah bisa menikmati pasokan listrik dari PLN. Padahal dari awal PLTMH tersebut bisa menghasilkan listrik untuk kebutuhan penerangan dan kebutuhan lainnya pada masyarakat di Dusun Daleman tersebut. Dan bagaimana masyarakat bisa begitu tidak peduli terhadap keberadaan teknologi semacam itu di lingkungan mereka.

Kasus PLTMH di Dusun Daleman tentunya sangat bertolak belakang dengan asas energi baru terbarukan yang dicanangkan melalui kebijakan kebijakannya. Pembangunan PLTMH tersebut diharapkan mampu membantu mensejahterakan masyarakat namun kenyataannya tidak. Seperti yang dikatakan oleh Usman (2010) bahwa Konsep energi baru terbarukan adalah seharusnya bukan hanya mampu menjamin kebutuhan atau pasokan energi saja tetapi juga harus mampu meningkatkan pertumbuhan ekonomi, akses, aset dan kapabilitas segenap lapisan masyarakat, terutama masyarakat pedesaan dan mereka yang hidup di daerah tertinggal.

Mengingat tentang besarnya manfaat yang diberikan oleh PLTMH Dusun Daleman, perlu dilakukan penelitian ulang untuk mengaktifkan kembali PLTMH tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh ketinggian air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH Desa Girikerto ?
2. Bagaimana pengaruh debit air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH Desa Girikerto ?
3. Setelah ukuran optimal ketinggian dan debit air diketahui, bagaimana solusi untuk meningkatkan efisiensi PLTMH ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh ketinggian air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH Desa Girikerto.
2. Mengetahui pengaruh debit air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH Desa Girikerto.
3. Mengetahui solusi untuk meningkatkan efisiensi PLTMH setelah ukuran optimal ketinggian dan debit air diketahui.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh pemahaman tentang manfaat air sebagai sumber energi listrik.
2. Memperoleh gambaran pengaruh ketinggian dan debit air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan pada pembangkit listrik mikrohidro.
3. Memperoleh solusi untuk meningkatkan efisiensi PLTMH setelah ukuran optimal ketinggian dan debit air diketahui.

1.5 Batasan Masalah

1. Hanya meneleiti PLTMH di Dusun Daleman Desa Girikerto
2. Hanya mengukur debit air pada musim kemarau
3. Perhitungan menggunakan *Software HOMER* hanya untuk mengetahui *output* kW yang didapatkan dengan menggunakan data rata-rata debit air yang sudah ada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang dilakukan F.Eko Wismo Winarto (2006) tentang analisis dan perencanaan-pembangunan PLTMH di Desa Girikerto Kecamatan Turi Kabupaten Sleman menunjukkan hasil penelitian yaitu dari enam alternative lokasi survey PLTMH di Desa Girikerto yang terpilih adalah Dusun Daleman Desa Girikerto dengan daya listrik direncanakan dapat menghasilkan 10 kW dengan debit terukur 0,28 m³/dt, dan ketinggian 5,5 m namun ternyata setelah beroperasi hanya menghasilkan daya sebesar 5 kW. Hal tersebut disebabkan adanya penurunan debit air dari sumber air. Keadaan itu disebabkan oleh factor penebangan hutan di hulu sungai, dan curah hujan berkurang, dan banyaknya pemakaian air yang sangat boros oleh penduduk untuk irigasi kolam ikan.

Paino (2006) juga melakukan penelitian tentang Analisa efisiensi turbin *Propeler Open Flume* pada PLTMH di Desa Girikerto Kecamatan Turi Kabupaten Sleman D.I. Yogyakarta menunjukkan hasil penelitian berbagai variasi turbin, dan efisiensi tertinggi pada bukaan runner 18° dengan bukaan sudu pengarah $\frac{3}{4}$ bagian yaitu sebesar 44% dimana daya nyata yang dikeluarkan sebesar 1418,60 Watt, tegangan 205 Volt (memenuhi standar PLN) dengan beban 1350 Watt.

Permasalahan yang dialami oleh PLTMH Daleman adalah adanya debit air pada waktu tertentu menurun tajam sehingga membuat produksi listrik PLTMH Daleman menurun dan membuat PLTMH Daleman berhenti beroperasi. Mengingat besarnya manfaat yang terjadi dengan dibangunnya pembangkit Mikrohidro yang ada di Dusun Daleman Desa Girikerto tersebut dan saat ini masyarakat juga masih membutuhkan listrik untuk penerangan lampu jalan, dan keperluan lainnya walaupun saat ini listrik dari PLN sudah masuk di daerah tersebut, maka peneliti bermaksud untuk melakukan analisa kembali mengenai pengaruh dari debit air, ketinggian terhadap daya yang dihasilkan oleh PLTMH tersebut dan solusi untuk meningkatkan daya PLTMH di Dusun Daleman.

2.2 Dasar Teori

Berikut landasan teori yang digunakan dalam mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini.

2.2.1 HOMER Pro

HOMER adalah model perangkat lunak yang dikembangkan oleh The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Amerika Serikat dengan tujuan optimasi sistem pembangkit listrik, *HOMER* dilengkapi dengan *output* estimasi ukuran/kapasitas sistem, *lifecycle cost*, dan emisi gas rumah kaca. Perangkat lunak *HOMER* microgrid memberikan simulasi kronologis yang rinci dan optimasi dalam suatu model yang relatif sederhana dan mudah digunakan. Hal ini disesuaikan dengan berbagai macam proyek. Untuk sistem listrik desa atau skala *power system*, *HOMER* dapat digunakan untuk dua faktor, yaitu bagian teknis dan ekonomi dalam proyek yang sedang dikerjakan. Untuk sistem yang lebih besar, *HOMER* dapat memberikan gambaran penting yang membandingkan biaya dan kelayakan konfigurasi yang berbeda, sehingga desainer dapat menggunakan perangkat lunak yang lebih khusus untuk model kinerja teknis. Analisis sensitivitas *HOMER* membantu menentukan dampak potensial dari faktor yang tidak pasti seperti harga bahan bakar atau kecepatan angin pada sistem tertentu.

2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 10 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Bentuk pembangkit tenaga mikrohidro bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu: “Perubahan tenaga

potensial menjadi tenaga elektrik (listrik)". Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut:

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir/turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir/turbin.

2.2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga air skala mikro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) kedalam bentuk energi mekanik dan energi listrik.

2.2.4 Komponen–komponen PLTMH

Komponen PLTMH secara umum terdiri dari:

- a. kolam tando/Bak penenang

Adalah bangunan yang berfungsi untuk menampung kebutuhan air sehingga memenuhi debit rencana, bak penenang sekaligus berfungsi untuk menghilangkan turbulensi aliran agar air yang masuk ke penstock dalam (tenang), dan mengendapkan sedimen/lumpur.

- b. Pembilas lumpur

Adalah bangunan yang berfungsi untuk mengendapkan dan membuang lumpur agar tidak masuk penstock dan mengganggu turbin.

- c. Peluap

Adalah bangunan yang berfungsi untuk meluapkan kelebihan debit air, agar air yang ada pada bak penenang kostan sesuai kebutuhan.

d. *Pintu air*

Berfungsi untuk mengatur debit air sesuai kebutuhan yang dikehendaki. bahan yang digunakan plat besi.

e. *Trashrack*

adalah saringan yang berfungsi untuk mencegah kotoran baik sampah maupun sedimen padat agar tidak masuk ke kolam tando dan penstock. Bahan yang dipakai menggunakan besi beton yang dibentuk.

f. *Power house*

Adalah bangunan yang digunakan sebagai pelindung peralatan pembangkit yang ada, sekaligus dapat berfungsi untuk ruang pengelola dan ruang untuk kepentingan umum. Pada perencanaan di girikerto direncanakan sebagai berikut:

- 1) Lantai dasar (lantai 1), digunakan untuk penempatan turbin, generator, control dan peralatan pengoprasian/pemeliharaan.
- 2) Lantai 2, digunakan untuk ruang pengelola.
- 3) Lantai 3, digunakan untuk ruang keperluan umum.

g. *Tailrace*

Adalah saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air dari *power house* setelah digunakan untuk memutar turbin kesaluran asal.

Adapun peralatan-peralatan yang digunakan di PLTMH dusun daleman sebagai berikut:

- Turbin

Pesawat yang digunakan untuk menkonversi energy potensial menjadi energy mekanik berupa putaran pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) disebut turbin.

Turbin yang dipakai pada PLTMH adalah turbin *open flume*, dimana tenaga yang digunakan adalah tenaga hisap dari air yang melucur kebawah.

Turbin terdiri dari bagaian sudu (*blade*), guide vane (sudu pengarah) dan dilanjutkan penerusan gaya putar oleh poros keatas, dan dilengkapi dengan roda *pulley* untuk mentransmisikan daya ke generator melalui v belt.

- Sistem transmisi

Sistem transmisi yang digunakan adalah menggunakan sabuk dan puli. Sistem transmisi berfungsi untuk menaikkan putaran dari putaran turbin ke putaran generator. Perbandingan putaran satu dibanding tiga.

- Elektrikal

Komponen yang utama dari elektrikal adalah generator dan panel control.

- Generator

Generator adalah alat pengubah mekanik yang berupa putaran yang dihasilkan turbin menjadi tenaga listrik. Generator yang digunakan dari jenis motor induksi 1 phase yang digunakan sebagai generator dengan spesifikasi:

Motor induksi 1 phasa daya 10 kW, Voltase 220/380 Volt, $\text{Cos}\phi$ 0,8 putaran 1400 rpm, 50 Hertz, *Output* setelah dijadikan generator mampu membangkitkan daya *output* listrik 10 kW dengan sistem 1 fasa, 220/380 Volt, 50 Hertz $\text{Cos}\phi$ 0,8.

- Panel Kontrol

Panel control merupakan tempat peralatan untuk mengontrol dan memonitor listrik yang dibangkitkan untuk memenuhi standard kualitas listrik yang berlaku.

- Kapasitor bank

Kapasitor bank berfungsi sebagai pembangkit daya reaktif (VAR) agar motor induksi sebagai generator (MISG) mampu membangkitkan tegangan untuk menyalurkan daya nyata (Watt) yang mampu dibangkitkan.

- Sistem proteksi merupakan sekumpulan peralatan yang dikoordinasikan sedemikian rupa, sehingga mampu mengamankan peralatan yang ada baik di pembangkit maupun peralatan pada pengguna, serta keamanan bagi pengguna (manusia), sistem ini terdiri dari:
 - a. *No Fuse Breaker (NFB) 32A*
 - b. *Eath Leakage Circuit Breaker (ELCB) 3 fasa*
 - c. *Mini Circuit Breaker (MCB) 3 fasa 25 A*
 - d. *Over Voltage Relay (OVR) 3 fasa*
 - e. *Magnetic Contraktor (MC) type SN- 25*
 - f. *Load Emergency (LE) 3X4 kW terhubung delta*
 - g. *Thermis Overload Relay (TOR) 240-250 Volt*
- Control Stabilisasi
Control stabilisasi adalah sistem pengendalian kualitas output pembangkit (tegangan frekuensi) agar tetap stabil terhadap fluktuasi beban pada pengguna (konsumen).
- Monitor
Monitor merupakan sekumpulan alat yang mampu memantau *output* dari pembangkit yang digunakan pada konsumen, peralatan yang digunakan
 - a. kW Meter tiga fasa sebagai pembaca energi listrik
 - b. Cos ϕ meter tiga fasa pemantau faktor daya
 - c. Lampu pilot.

2.2.5 Pemilihan Lokasi PLTMH

Faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi PLTMH adalah:

a. Debit air

Langkah awal sebelum menentukan debit air, maka perlu mencari luas penampang dihitung dengan persamaan 2.1

$$A = L \times H \text{ rata-rata} \quad (2-1)$$

Dimana:

A = Luas penampang (m²)

L = lebar (meter)

H rata-rata = kedalaman rata-rata (meter)

Dan kecepatan aliran air dihitung dengan persamaan 2.1

$$V = \frac{p}{T \text{ rata-rata}} \quad (2-2)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran (m/s)

p = Jarak rata-rata (m)

t = waktu rata-rata (s)

Kapasitas debit air mempengaruhi kapasitas daya listrik yang mampu dihasilkan oleh PLTMH, untuk menghitung debit air sungai ditunjukkan dengan rumus persamaan 2.3

$$Q = A.V \quad (2-3)$$

Dimana:

Q = Debit (m³/s)

A = Luas bagian penampang basah (m²)

V = Kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah (m/s)

b. Ketinggian (*Head*)

Hasil pengukuran geodetic didapatkan ketinggian setinggi 6,0 m dan setelah diadakan perhitungan adanya kerugian/kehilangan *head* tenaga sebesar 5,5 m.

c. Daya yang Dibangkitkan

$$P = 9.81 \times Q \times H \times \text{eff} \quad (2-4)$$

Dimana

P = potensi daya (kW)

Q = debit air, m³/detik

H = efektif *head* (meter)

eff = efisiensi keseluruhan

BAB III METODE PENELITIAN

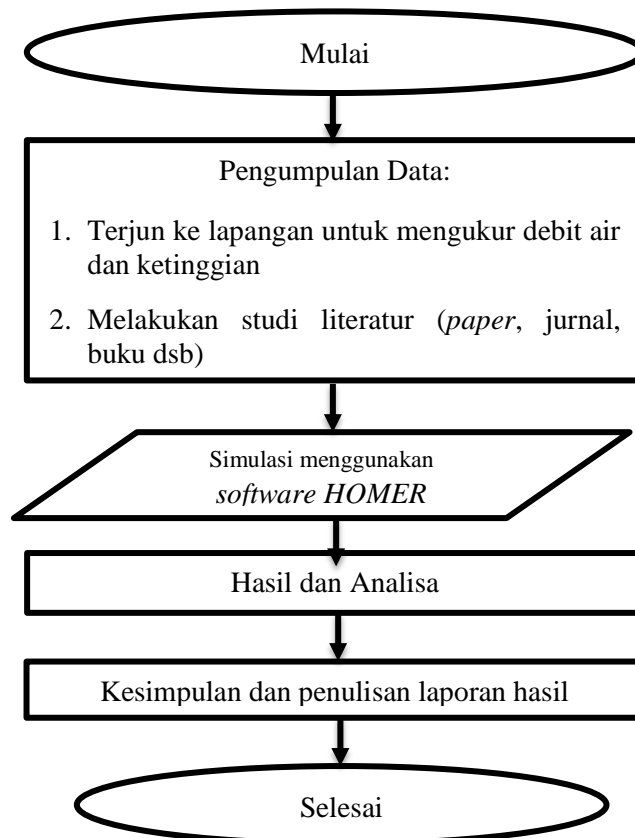
Lokasi penelitian terletak di PLTMH Desa Girikerto. Kecamatan Turi, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta. Sedangkan waktu penelitian direncanakan bulan Oktober 2017 pada saat musim kemarau.

3.1 Alat penelitian

Untuk memperoleh data-data dan melakukan pengolahan pada penelitian ini diperlukan beberapa peralatan diantaranya:

1. Alat pengukur debit sungai menggunakan metode apung berupa: Bola kasti sebagai pelampung, stopwatch dan meteran.
2. Alat pengolah data berupa perangkat komputer dan kalkulator.
3. Alat transportasi.

3.2 Alur penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.3 Simulasi menggunakan perangkat lunak *HOMER*

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak *HOMER* sebagai media untuk menganalisa data dan mendapatkan sistem yang paling optimal. Pada tahap ini dimasukkan parameter-parameter dan data-data yang sudah didapat pada saat observasi ke dalam perangkat lunak *HOMER*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Letak Gografis

Mikrohidro energi utamanya adalah air (sungai) yang tidak dapat dipisahkan dari potensi Hidrogeologi. Sungai Duren menjadi sumber utama Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Dusun Daleman Desa Girikerto karena merupakan sungai yang bersumber dari mata air di Desa Nyangkring dan merupakan mata air akuifer yang selalu ada sepanjang tahun.

4.2 Analisa Hasil

Lokasi PLTMH terletak di Dusun Daleman Desa Girikerto Kecamatan Turi Kabupaten Sleman. Sumber air yang digunakan PLTMH adalah dari saluran irigasi yang berasal dari sungai Duren melalui bendung kretek. Data debit terukur yang masuk ke *power house* berdasarkan data dari Sub. Dinas Pengairan Kabupaten Sleman Daleman akan terpenuhi sepanjang tahun.

Tabel 4.1 Rata-rata debit air pertahun Sub. Dinas pengairan Kab. Sleman

Bulan	Debit rata-rata pertahun (lt/dtk)
1	562,30
2	578,20
3	632,40
4	683,80
5	699,70
6	716,90
7	1077,2
8	1141,2
9	1184,10
10	1444,20
11	2293,00
12	2729,30

4.2.1 Hasil Pengukuran Debit air dan Potensi Daya

Perhitungan luas penampang dihitung dengan menggunakan persamaan 2-1, dan hasil perhitungan seperti pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Luas Penampang

Titik	Lebar (L) (Meter)	Kedalamn (H) / (Meter)			H Rata-rata	Luas Penampang (m ²)
		H1	H2	H3		
Titik 1	1,25	0,3	0,32	0,34	0,32	0,4
Titik 2	0,8	0,5	0,52	0,48	0,5	0,4
Titik 3	0,8	0,48	0,53	0,51	0,51	0,404

Kecepatan aliran air (V) adalah hasil pembagian antara panjang saluran/aliran rata-rata (p) dibagi dengan waktu rata-rata (T) dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2-2

✓ **Titik 1**

Diketahui Panjang saluran/lintasan pengukuran (P) = 14 meter

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Kecepatan Titik 1

No.	Pengulangan	Waktu Pengukuran (s)
1	Pengulangan 1	9,89
2	Pengulangan 2	12,93
3	Pengulangan 3	13,26
4	Pengulangan 4	12,38
5	Pengulangan 5	12,93
	Jumlah	61,39
	Rata-rata	12,278
	Kecepatan Aliran Air (meter/dtk)	1,140

✓ Titik 2

Diketahui Panjang saluran/lintasan pengukuran (P) = 13,7 meter

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Kecepatan Titik 2

No.	Pengulangan	Waktu Pengukuran (s)
1	Pengulangan 1	11,22
2	Pengulangan 2	10,92
3	Pengulangan 3	11,45
4	Pengulangan 4	11,22
5	Pengulangan 5	11,63
	Jumlah	56,44
	Rata-rata	11,288
	Kecepatan Aliran Air (meter/dtk)	1,213

✓ Titik 3

Diketahui Panjang saluran/lintasan pengukuran (P) = 19,2 meter

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kecepatan Titik 3

No.	Pengulangan	Waktu Pengukuran (s)
1	Pengulangan 1	12,09
2	Pengulangan 2	12,09
3	Pengulangan 3	12,32
4	Pengulangan 4	12,92
5	Pengulangan 5	12,14
	Jumlah	61,56
	Rata-rata	12,312
	Kecepatan Aliran Air (meter/dtk)	1,56

a. Perhitungan Debit air

✓ **Perhitungan Debit Air Titik 1,2 dan 3**

Debit air (Q) merupakan hasil perkalian antara luas penampang (A) saluran/aliran dengan kecepatan (v) aliran air dihitung menggunakan persamaan 2-3

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit air

Titik	Luas Penampang (A)	Kecepatan aliran air (V)	Debit Air (Q)
1	0,4	1,140	0,456
2	0,4	1,213	0,485
3	0,404	1,56	0,630

Dari table 4.6 diketahui bahwa debit air untuk titik pertama yaitu sebesar 0,456 m^3/dtk debit air titik ke dua sebesar 0,485 m^3/dtk , dan debit air titik ke tiga sebesar 0,630 m^3/dtk .

b. Pehitungan ketinggian (*Head*)

Untuk mengetahui ukuran optimal ketinggian yang dipakai, dilakukan percobaan dengan ketinggian 5,5 m, 6 m, dan 6,25 m disesuaikan dengan tiga titik pengukuran.

c. Perhitungan nilai efisiensi sistem mikrohidro

✓ **Nilai efisiensi turbin**

Dari data penelitian terdahulu (lihat lampiran) didapatkan bahwa efisiensi turbin yaitu 70% atau 0,70

✓ **Nilai efisiensi generator**

Untuk nilai efisiensi generator diketahui dari buku *Hydro Design Manual: A guid to small-scale Waterpower Schemes* karangan Adam Harvey (didapat dari tugas akhir Menik Windarti) dimana dijadikan sebagai acuan yaitu sebesar 85% atau 0,85.

Dari nilai efisiensi yang telah diketahui tersebut dilakukan perhitungan terhadap nilai efisiensi total sistem untuk mendapatkan besar nilai daya listrik total yang dapat dihasilkan. Perhitungan nilai efisiensi total sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= 0,70 \times 0,85 \\ &= 0,595 \text{ atau } 59,5 \% \end{aligned}$$

d. Perhitungan Potensi Daya

- ✓ Perhitungan potensi daya untuk debit sebesar 0,456 m³/dtk dengan ketinggian 5,5 m, dihitung dengan menggunakan persamaan 2-4

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \text{eff} \\ &= 9.8 \times 0,456 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 5,5 \text{ m} \times 0,595 \\ &= 14,624 \text{ kW} \end{aligned}$$

- ✓ Perhitungan potensi daya untuk debit sebesar 0,485 m³/dtk dengan ketinggian 6 m, dihitung dengan menggunakan persamaan 2-4

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \text{eff} \\ &= 9.8 \times 0,485 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 6 \text{ m} \times 0,595 \\ &= 16,968 \text{ kW} \end{aligned}$$

- ✓ Perhitungan potensi daya untuk debit sebesar 0,630 m³/dtk dengan ketinggian 6,25 m, dihitung dengan menggunakan persamaan 2-4

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \text{eff} \\ &= 9.8 \times 0,630 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 6,25 \text{ m} \times 0,595 \\ &= 22,959 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dari ketiga hasil perhitungan di atas, ukuran optimal debit air dan ketinggian yang diambil yaitu pada titik ke dua dengan debit air 0,485 m³/dtk, ketinggian (*head*) 6 m, dan daya *output* sebesar 16,968 kW. Alasan mendasar dari pilihan tersebut yaitu pada titik ke dua pengukuran, kemungkinan besar tidak terjadi penurunan debit air yang drastis karena akan tetap terjadi penyaluran air dari titik ke tiga yang mempunyai debit air dan luas irigasi yang lebih besar dari titik yang lain, dan masyarakat juga tidak

mengambil air dari titik tersebut untuk mengairi perkebunan maupun kolam ikan berbeda dengan titik pertama yang walaupun mempunyai dua aliran air yang datang ke titiknya tetapi air tersebut tetap berkurang karena masyarakat mengalihkan sebagian aliran air tersebut ke perkebunan dan kolam ikan.

4.3 Hasil Optimasi Sistem Perangkat Lunak *HOMER*

4.3.1 Sumber Debit air

Gambar 4.1 merupakan jendela yang berfungsi untuk mengatur debit air yang akan digunakan sebagai sumber daya alam pada saat perancangan menggunakan perangkat lunak *HOMER*. Data debit yang diperoleh dalam penelitian ini bersumber dari Sub. Dinas Pengairan Kecamatan Sleman.



Gambar 4.1 Pengaturan Debit Air

4.3.2 Simulasi Beban Listrik

Simulasi beban listrik berfungsi sebagai sebuah simulasi yang dilakukan terhadap beban listrik, dimana beban listrik tersebut akan dipakai menjadi beban pada sistem pembangkit. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa beban listrik yang bisa ditanggung oleh sistem PLTMH serta pola beban listrik yang ada. Data beban listrik yang digunakan pada simulasi ini adalah data beban listrik lampu jalan sejumlah 10 lampu di Dusun Daleman selanjutnya dimasukkan ke dalam *software HOMER* melalui bagian Load.

Data beban didapatkan dengan perhitungan di bawah ini:

Pemakaian listrik selama satu jam dapat dihitung menggunakan persamaan

$$W = P \times t / 1000$$

Dimana:

W = Energi Listrik yang terpakai (kWh)

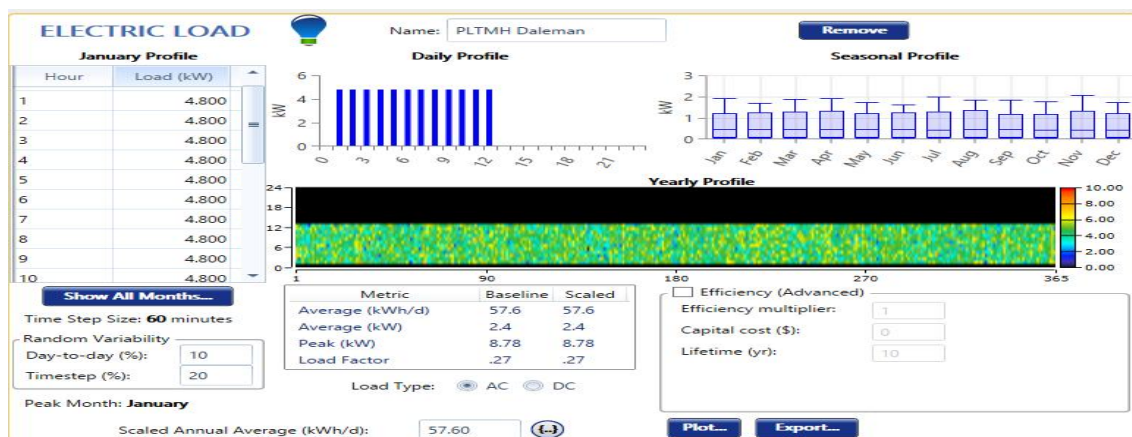
P = Daya listrik yang digunakan (Watt)

T = Lama waktu pemakaian (H)

Pukul 17.00 lampu menyala dan mati pada pukul 05.00, sehingga lampu beroperasi selama 12 jam untuk 10 Lampu Jalan dengan daya listrik 40 Watt/lampu energi yang terpakai jadi:

$$\begin{aligned} W &= 400 \text{ Watt} \times 12 / 1000 \\ &= 4,8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Setelah data beban dimiliki lalu diinput ke perangkat lunak *HOMER* untuk dianalisis dan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.2 Pengaturan Beban Listrik

Gambar 4.2 menunjukkan tampilan tempat untuk memasukkan nilai beban listrik yang akan digunakan pada simulasi beban listrik pada *software HOMER*. Data beban listrik yang dimasukkan yaitu data beban dari jam ke 01 sampai jam ke 12. Pada simulasi beban listrik dengan *software HOMER* ini diasumsikan memiliki random variability harian sebesar 10% dengan time tostep sebesar 20% dimana hal tersebut sesuai dengan petunjuk penggunaan *software HOMER Energy*.

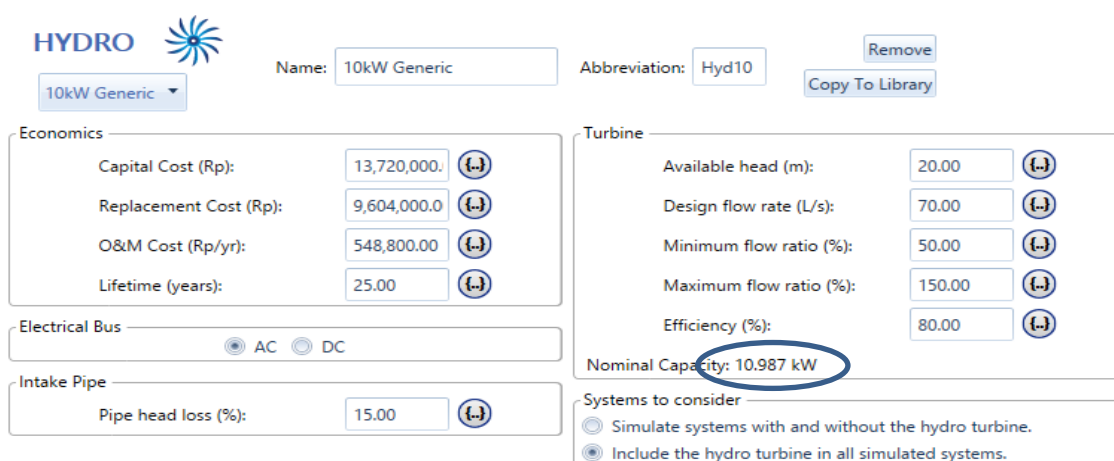
Setelah data tersebut dimasukkan maka didapatkan hasil perhitungan yang dilakukan *HOMER*, yaitu:

- Nilai rata-rata energi listrik selama satu hari: 57,6 kWh/d

- Nilai daya rata-rata: 2,4 kW/d
- Nilai daya tertinggi: 8,78 kW
- Faktor beban 0.27
- Profil beban listrik per jam setiap bulan dalam satu tahun

Nilai rata-rata energi listrik yang di gunakan selama satu hari untuk 10 lampu sebsar 57,6 kWh/d, didapatkan dari 4,8 kWh dikalikan 12 jam. Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan oleh *software HOMER* tersebut akan berpengaruh terhadap nilai konsumsi daya listrik yang dipengaruhi oleh lama waktu penggunaan.

4.4 Perancangan Sistem Mikrohidro



HYDRO

Name: 10kW Generic Abbreviation: Hyd10 Remove
 Copy To Library

10kW Generic

Economics

Capital Cost (Rp): 13,720,000. (-)

Replacement Cost (Rp): 9,604,000.0 (-)

O&M Cost (Rp/yr): 548,800.00 (-)

Lifetime (years): 25.00 (-)

Electrical Bus

AC DC

Intake Pipe

Pipe head loss (%): 15.00 (-)

Turbine

Available head (m): 20.00 (-)

Design flow rate (L/s): 70.00 (-)

Minimum flow ratio (%): 50.00 (-)

Maximum flow ratio (%): 150.00 (-)

Efficiency (%): 80.00 (-)

Nominal Capacity: 10.987 kW

Systems to consider

Simulate systems with and without the hydro turbine.

Include the hydro turbine in all simulated systems.

Gambar 4.3 Pengaturan Hydro

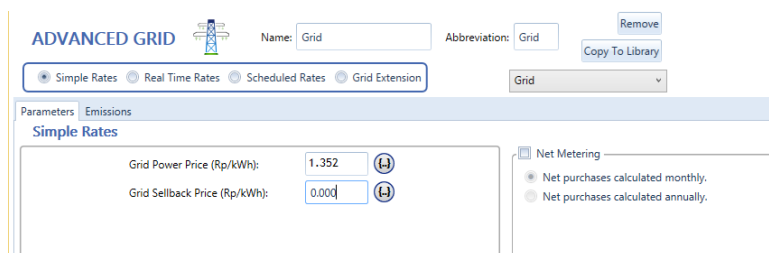
Gambar 4.3 memperlihatkan tampilan pada *software HOMER* untuk memasukan nilai pada variabel yang dibutuhkan untuk sistem PLTMH. Hasil perhitungan daya yang dihasilkan oleh *software HOMER* sebesar 10,987 kW.

Turbin yang dipakai berupa Turbin *Propeller Open flume* 10 kW Generic, acuan yang dipakai yaitu penelitian Paion tentang turbin yang ada di PLTMH Dusun Daleman dan pemilihan jenis turbin *propeller* dipakai apabila memiliki *head* $2 < H < 20$ m.

4.4.1 Koneksi Grid

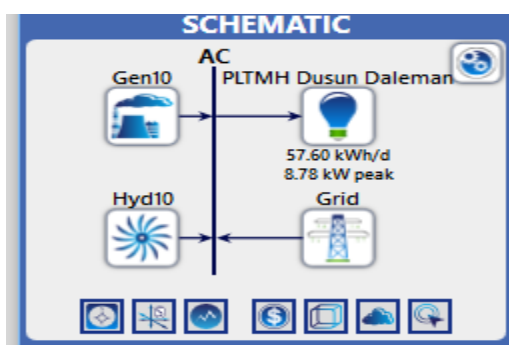
Gambar 4.4 merupakan jendela yang berfungsi untuk mengatur sistem jaringan yang akan digunakan pada saat perancangan menggunakan perangkat lunak

HOMER. Grid merupakan sumber energi listrik yang berasal dari PT.PLN sebagai badan usaha milik negara yang mengurus semua aspek kelistrikan di Indonesia. Ketetapan harga per kWh untuk perindustrian senilai Rp 1.352/kWh.



Gambar 4.4 Pengaturan Grid PLN

4.5 Hasil Konfigurasi Sistem



Gambar 4.5: Rancangan sistem PLTMH pada *software HOMER*

Architecture							Cost				System
	Gen10 (kW)	Grid (kW)	Hyd10 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)		
		999,999	11.0	LF	Rp13.08	Rp20.7M	Rp543,715	Rp13.7M	100		
	10.0	999,999	11.0	LF	Rp13.08	Rp20.8M	Rp543,625	Rp13.7M	100		

Gambar 4.6 : Hasil perhitungan konfigurasi sistem PLTMH pada *software HOMER*

4.6 Solusi Pengaktifan Kembali PLTMH

Setelah melakukan perhitungan, solusi yang dilakukan untuk menaikkan daya *output* PLTMH Dusun Daleman yaitu dengan cara mengganti turbin karena kemungkinan saat ini alat turbin di PLTMH Dusun Daleman sudah tidak bisa berfungsi lagi. Oleh karena itu perlu melakukan rincian biaya penggantian dan perbaikan selama operasional PLTMH berjalan serta rincian pay back period.

✓ **Biaya operasional dan pemeliharaan**

- **Pendapatan kotor**

Apabila PLTMH direncanakan dengan kapasitas 10 kVA, $\cos\phi$ 0,91, harga jual listrik sebesar US\$ 0,104/kWh atau Rp. 1.495 per kWh dan mesin dioperasikan dengan Capacity Factor sebesar 50%, maka besarnya pendapatan kotor selama 1 tahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jual} &= 0,5 \times 0,91 \times 10 \text{ kVA} \times 8760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp}1495/\text{kWh} \\ &= 59.587.710 \end{aligned}$$

- **Biaya operasional**

Apabila untuk pengoperasian PLTMH untuk kapasitas 10 kVA tersebut diasumsikan diperlukan 1 (satu) orang supervisor dan 2 (dua) orang operator untuk kegiatan operasional dan maintenance, maka besarnya upah untuk 1 tahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{Upah} &= 12 \times ((1 \times \text{Rp. } 1.500.000,00) + (2 \times \text{Rp. } 1.000.000,00)) \\ &= \text{Rp. } 42.000.000,00 \text{ per tahun} \end{aligned}$$

- **Biaya pemeliharaan**

Apabila besarnya ongkos pemeliharaan/maintenance sebesar 20% dari pendapatan, maka: Mntc = $0.20 \times \text{Rp } 59.587.710,00$

$$= \text{Rp. } 11.917.542,00 \text{ per tahun}$$

Sehingga total biaya operasional dan pemeliharaan selama 1 tahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Rp. } 42.000.000,00 + \text{Rp. } 11.917.542,00 \\ &= \text{Rp. } 53.917.542,00 \text{ per tahun} \end{aligned}$$

✓ **Pay Back Period (Periode Pengembalian)**

Periode pengembalian suatu investasi adalah periode dimana jumlah keuntungan yang didapat dari suatu proyek sama dengan investasi total yang ditanamkan. Investasi mempunyai prestasi baik bila periode pengembaliannya pendek.

Kekurangan metode ini adalah tidak mempertimbangkannya pemasukan pada waktu periode pengembalian yang telah terlampaui, dan nilai waktu dari uang.

Pay Back Period dirumuskan dengan:

$$PB = I/Laba \text{ Tahunan}$$

Dimana:

PB = Pay Back Period

I = Biaya Investasi

Besarnya investasi pembangunan PLTMH ditentukan oleh kapasitas daya yang akan dibangkitkan, desain sistem, dan jenis turbin yang akan dipasang. Harga standar untuk pembangkit listrik tenaga air mikrohidro adalah berkisar antara Rp.1.500.000 – Rp.5.000.000 per kVA terpasang.

Apabila kapasitas daya rencana adalah 10 kVA, maka perkiraan biaya investasi adalah sebesar (asumsi dengan biaya investasi Rp. 2.000.000,00 per kVA):

$$I = 10 \text{ kVA} \times \text{Rp. } 2.000.000,00 / \text{kVA}$$

$$= \text{Rp. } 20.000.000,00$$

✓ Perhitungan Laba Tahunan

Berikut ini diajukan 3 (tiga) skema operasi PLTMH Dusun Daleman yang berkapasitas 10 kVA dengan berbagai pola operasi: dengan harga Capacity Factor 50%, 60% dan 70%.

Hasil simulasi untuk perhitungan laba tahunan yang diperoleh tiap tahunnya disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Laba Tahunan

skema	Capacity Factor	Produksi Energi	Penjualan Energi		Biaya		Laba Tahunan
No	%	kWh	Rp.	Operasi (Rp)	Her (Rp)	Total (Rp)	Rp
1	50	39.858	59587710	42000000	11.917.542	53.917.542	5.670.168
2	60	47.830	71505252	42000000	14.301.050	56.301.050	15.204.202
3	70	55.801	83422794	42000000	16.684.559	58.684.559	24.738.235

Sehinga harga Pay Back Period (PBP) didapat sebesar:

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Pay Back Period (PBP)

Skema	Biaya Investasi	Capacity Factor	Produksi Energi	Laba Tahunan	PBP
No	Rp	%	kWh	Rp	Tahun
1	20000000	50	39.858	5.670.168	3,52723235
2	20000000	60	47.830	15.204.202	1,31542583
3	20000000	70	55.801	24.738.235	0,80846511

Artinya sebagai contoh, investai yang ditanamkan sebesar Rp. 20.000.000 akan kembali selama 3,5 tahun untuk PLTMH berkapasitas 10 kVA yang dioperasikan dengan CF sebesar 50%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan:

- a. Hasil perhitungan daya listrik secara manual, didapatkan kenaikan daya sebagai berikut:
 - Pada debit terukur sebesar 0,456 m³/dtk, dengan ketinggian 5,5 m menghasilkan daya sebesar 14,624 kW.
 - Pada debit terukur sebesar 0,485 m³/dtk, dengan ketinggian 6 m menghasilkan daya sebesar 16,968 kW.
 - Kemudian pada debit terukur sebesar 0,630 m³/dtk dengan ketinggian 6,25 m menghasilkan daya sebesar 22,959 kW.
 - Sedangkan daya pengeluaran *HOMER* sebesar 10,987 kW
- b. Perencanaan ulang PLTMH Dusun Daleman dengan meninggikan *head* dan debit air menyimpulkan terjadinya peningkatan daya listrik pada musim kemarau.
- c. Solusi peningkatan yang disarankan yaitu dengan mengganti dan memperbaiki alat PLTMH yang rusak. Dimana investasi yang ditanamkan sebesar Rp. 20.000.000 akan kembali selama 3,5 tahun untuk PLTMH berkapasitas 10 kVA yang dioperasikan dengan CF sebesar 50%.

5.2 Saran

- a. Berdasarkan hasil penelitian ini, maka perlu dibuat Baterai/AKI untuk penyimpanan daya listrik karena pada PLMTH tersebut tidak ada tempat penyimpanan daya listrik yang tidak terpakai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Haidi, Hafiz. *Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Bendung Katulampa Kota Bogor*. Skripsi, tidak diterbitkan, Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2016.
- [2] Budiarto, Rachmawan. *Kebijakan Energi : Menuju Sistem energi yang Berkelanjutan*. Yogyakarta, 2011.
- [3] Winarto, Wismo F, “Pembangunan PLTMH di Desa Girikerto Kecamatan Turi Kabupaten Sleman”, *ISSN*, Vol. 4, No. 3, hlm. 175-184, 2006.
- [4] Paino. *Analisa Efisiensi Turbin Propeller Open Flume pada PLTMH di Desa Girikerto Kecamatan Turi Kabupaten Sleman*. Tesis, tidak diterbitkan, Fakultas Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2006.
- [5] *HOMER Energy LLC, HOMER Pro*, (On-line) Available at <http://www.HOMERenergy.com/software.html>, 2017
- [6] Master, Gilbert M. *Renewable and Effect Electric Power Systems*. Hoboken, New Jersey: A John Wiley & Sons, INC., Publication Hoboken New Jersey. United States of America, 2004
- [7] Windarti, Menik, “Potensi Debit Air Bendung Tegal Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Dan Irigasi Di Desa Kebonagung Dan Sriharjo Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul. Skripsi tidak diterbitkan Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yoyakarta, 2014.
- [8] Kasam, Areef, *HOMER Software Training Guide for Renewable Energy Base Design*. 2011 at <http://gsma.com>
- [9] Ketetapan Suku Bunga Bank Indonesia (On-line) Available at <http://www.bi.go.id/id/moneter/bi-7day-RR/data/Contents/Default.aspx>
- [10] P. B. Asia, “Peraturan menteri keuangan republik indonesia nomor,” no. 3, pp. 2017–2019, 2012.
- [11] Penche, Celso, Dr. Ingeniero Minas, *Layman’s Handbook To Develop A Small Hydro Site (Second Edition)*. U.Politecnica de Madrid, 1998

- [12] Prayogo, E, *Teknologi Mikrohidro dalam Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Menunjang Pembangunan Pedesaan*. Semiloka Produk-produk Penelitian Departement Kimpraswill. Makassar, 2013. .
- [13] Sinagra, Marco: Vincenzo Sammartono, dkk. *Croff-Flow Turbine Design for Variable Operationg Condition*. 2013
- [14] Sukusen Soemarinda, “Energi dalam Krisis: Antara Kebijakan, Kebutuhan dan Ilmu Pengetahuan”, *Seminar Ketua Umum Keluarga Alumni Teknik Universitas Gadjah Mada (KATGAMA)*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta 2013.

LAMPIRAN

A. DATA PENELITIAN

1. Data teknis

Nama sungai : irigasi dari Sungai Dusun di Daleman Desa Girikerto

Kec. Turi

Debit air : 280 l/dt atau 0,28 m³/dt

Tinggi jatuh efektif : 5,5 m

Kapasitas terbangkit : 10 kW

2. Spesifikasi Teknis

a. Konstruksi sipil

1. **Bendung** : type konvensional material stoplog
2. **Bak pengendap** : type konvensional ukuran 230 x 250 cm, dalam 125 cm material pasangan bt.kali finishing plesteran
3. **Bak penenang** : type konvensional ukuran 460 x 460 cm, dalam 10 cm material pasangan bt.kali finishing plesteran
4. **Penstock** : diameter 40,64 cm panjang 2280 cm material welded rolledplat tebal 3mm sambunga sistme baut dan las

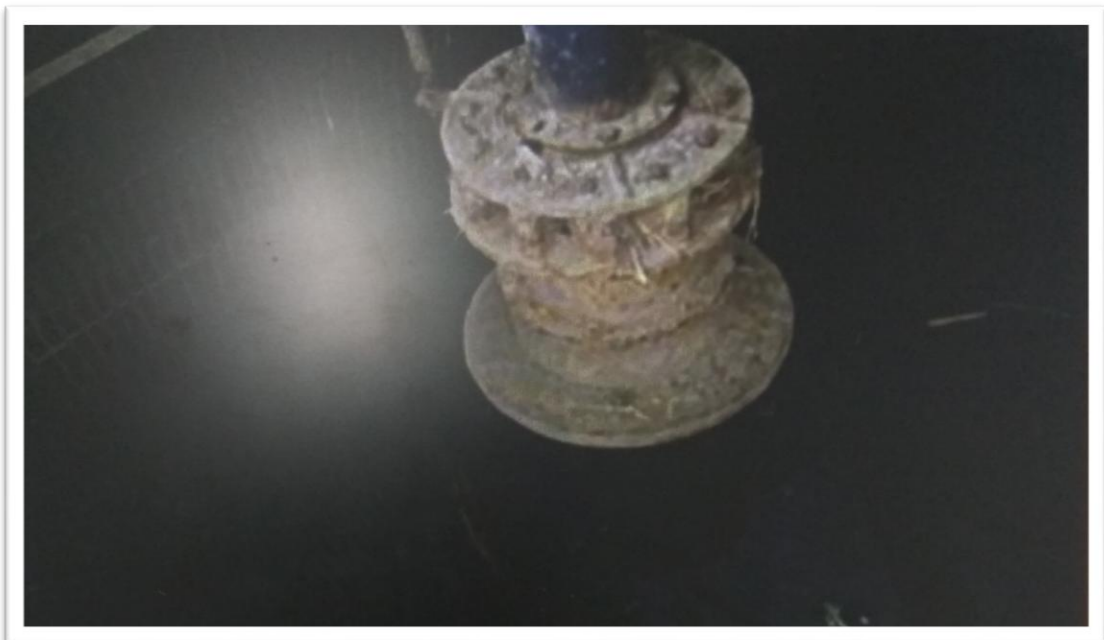
b. Mekanikal

1. Spesifikasi turbin

- Tipe : *open flume 30*
- Tinggi jatuh air : 5,5 m
- Debit air : 0,28 m³/dt
- Putaran turbin : 175 rpm
- Efisiensi total : 70 %



Lampiran 1. Generator



Lampiran 2. Pipa Hisap atau yang disebut dengan *Draft Tube*



Lampiran 3. Kabel Penyalur Tegangan Listrik PLTMH



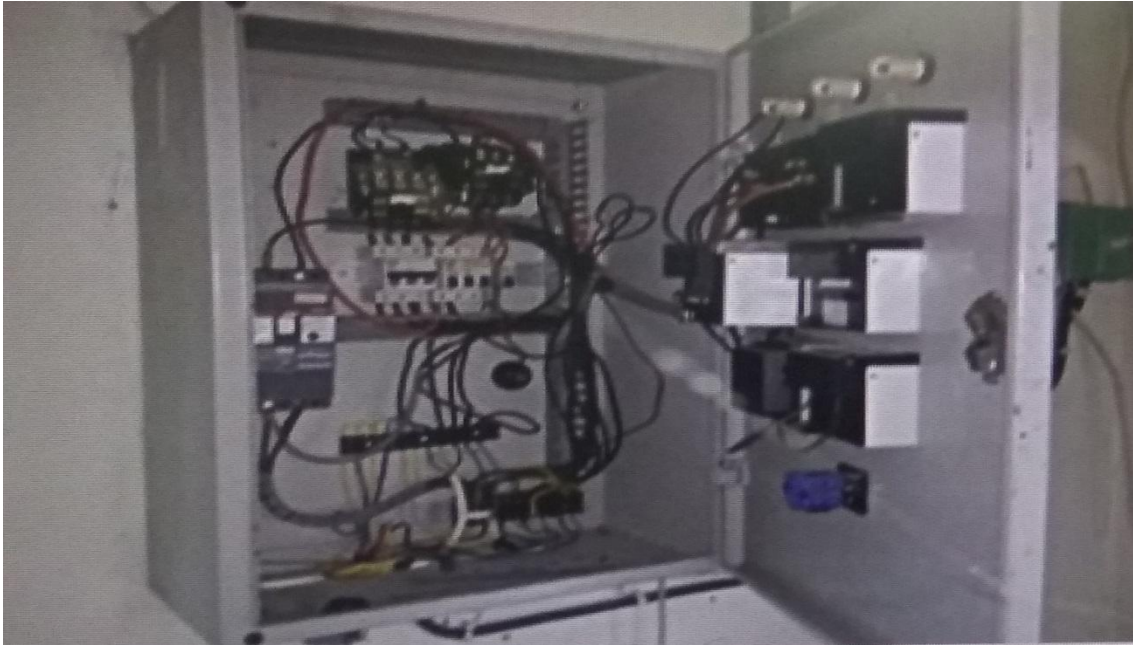
Lampiran 4. Panel Kontrol



Lampiran 5. Posisi Turbin



Lampiran 6. Bak Penenang



Lampiran 7. Instalasi Panel Control



Lampiran 8. Power House