



**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO DENGAN PEMANFATAN POTENSI AIR DI
WONOSALAM**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Muhammad Fahmi Hasyim
NIM 101910201004**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah akhirnya penelitian ini dapat terselesaikan. Karya ini merupakan sebuah awal, langkah kecil menuju lompatan besar guna menggapai kesuksesan yang lebih baik lagi. Penulis mempersembahkan karya ini kepada:

1. Dr. Bambang Sri Kaloko., S. T., M. T.. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Widjonarko., S. T., M. T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan laporan tugas akhir ini.
2. Ayahanda Musyafa' Hasyim dan Ibunda Purwanti Sri Lestari tercinta, serta pihak keluarga lainnya yang telah membantu baik moril dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini.
3. Saudara kembar Muhammad Fachri Hasyim tercinta, yang selama ini telah memberikan motivasi moril, dan Aprilia Putri W. yang telah memberikan support dan meluangkan sedikit waktunya untuk membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Yusqi, Zheni, Riki, Andes, Ryan, Galih, Toni, Singgih dan teman-teman seperjuangan di teknik elektro yang telah membantu meluangkan pikiran dan tenaga demi terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
5. Keluarga Besar Teknik Elektro angkatan 2010, terima kasih atas semangat dukungan dan motivasi yang kalian berikan.
6. Teman-teman atau dulur-dulur AC21, terima kasih atas hiburannya ketika jenuh dengan tugas akhir dapat menjadi wadah untuk bertukar pikiran, terima kasih yang sebesar besarnya.
7. Guru-guruku TK Bedahan, MI Islamiyah Babat, MTsN Model Babat, SMAN 1 Babat dan seluruh dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
8. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Tidak Ada Pelindungan Dan Pertolongan Bagimu Selain Allah.
(QS. At-Taubah ayat 116)

Janganlah kemiskinanmu menjadikan kekufuran dan janganlah kekayaanmu
menyebabkan kesombongan

Saya datang, saya bimbimngan, saya ujian, saya revisi, dan saya menang

Kegagalan awal mula dari kesuksesan

Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah

- Lessing

Orang – orang yang sukses telah membuat diri mereka melakukan hal yang harus
dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukai atau
tidak

- Aldus Huxley

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Fahmi Hasyim

NIM : 101910201004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Pemanfatan Potensi Air Di Wonosalam” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah ada disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Maret 2015

Yang menyatakan,

Muhammad Fahmi Hasyim

NIM. 101910201004

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO DENGAN PEMANFATAN POTENSI AIR DI
WONOSALAM**

Oleh

Muhammad Fahmi Hasyim

NIM 101910201004

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Bambang Sri Kaloko ,S.T.,MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Widjanarko . S.T.,M.T

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Pemanfaatan Potensi Air Di Wonosalam” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 20 Februari 2015

tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Menyetujui:

Pembimbing Utama,



Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T

NIP. 19710402 200312 1 001

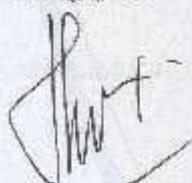
Pembimbing Anggota,



Widjonarko, S.T., M.T

NIP. 19710908 199903 1 001

Penguji I,



Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

Penguji II,



Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.

NIP. 19710614 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember



Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO DENGAN PEMANFATAN POTENSI AIR DI
WONOSALAM**

Muhammad Fahmi Hasyim

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Sungai Gogor di desa sumber kecamatan Wonosalam kabupaten Jombang memiliki debit arus yang cukup deras, sehingga sangat berpotensi apabila dibangun sebuah PLTMH. Oleh karena itu dilakukan penelitian studi kelayakan dengan meninjau aspek elektris pada sungai gogor ini. Berdasarkan perhitungan pada aspek elektris dengan masukan data yang telah diambil sesuai kondisi pada sungai gogor ini untuk studi kelayakan perencanaan PLTMH dapat diperoleh spesifikasi elektrikal turbin jenis propeller dengan asumsi efisiensi 48.4% dengan dimensi ruang *runner*, untuk besar diameter luar *runner* yaitu sebesar 0.36 m, untuk tinggi *guide vine* yaitu sebesar 0.15 m, untuk jarak vertikal *runner* terhadap sisi dalam *guide vine* yaitu sepanjang 0.09 m, untuk diameter *hub* yaitu sebesar 0.108 m. dan generator sinkron dengan asumsi efisiensi 90% yang mampu menghasilkan daya listrik sebesar 40.634kW.

Kata Kunci: Mikrohidro, Turbin, Generator, Daya Terbangkit

**STUDY DESIGN MICRO HYDRO POWER PLANT WITH UTILIZATION
OF WATER POTENTIAL IN WONOSALAM**

Muhammad Fahmi Hasyim

Electrical Engineering, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

Gogor river in the Sumber village, subdistrict Wonosalam, district Jombang have a discharge currents that quite heavy, so it has the potential to built an MHP. Therefore, the research conducted by reviewing the feasibility study on the electrical aspects of this gogor river. Based on the calculation of the electrical aspects of the input data that has been taken according to the conditions in this gogor river to study the feasibility of planning MHP can be obtained propeller type turbine with electrical specifications assuming 48.4% efficiency, with runner spatial dimensions, for large outer diameter of the runner is equal to 0.36 m, for guide vine height is 0.15 m, for the vertical distance runner on guide vine is 0.09m, for the hub diameter is equal to 0.108 m. and synchronous generator assuming an efficiency of 90% which is able to generate electrical power for 40.634kW.

Keywords: *Micro Hydro, Turbine, Generator, Power Generated*

RINGKASAN

STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DENGAN PEMANFATAN POTENSI AIR DI WONOSALAM ; Muhammad Fahmi Hasyim; 101910201004; 2015; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Sungai Gogor di desa Sumber kecamatan Wonosalam merupakan salah satu sungai yang memiliki debit yang cukup besar di daerah Wonosalam. Akan sangat disayangkan apabila potensi sungai yang besar ini dibiarkan tanpa ada inovasi untuk memanfaatkan potensi sungai ini agar bermanfaat bagi warga sekitar yang kebanyakan terdiri dari warga golongan ekonomi kelas menengah kebawah, mengingat juga tarif dasar listrik saat ini semakin naik.

Perencanaan pembangunan tahap awal mungkin adalah dilakukannya studi penelitian berapa besar potensi yang mampu dihasilkan oleh sungai Gogor ini agar perencanaan lebih lanjut bisa tepat sasaran dan dimanfaatkan secara optimal. Bagian terpenting dari perencanaan pembangunan PLTMH ini adalah perencanaan dari segi elektris dengan melihat seberapa besar daya yang mampu dihasilkan oleh sungai gogor dalam satuan debit tertentu.

Berdasarkan hasil perhitungan dan peninjauan lokasi untuk studi perencanaan PLTMH dari segi elektris maka didapat spesifikasi turbin propeller dengan efisiensi sebesar 48.4%, bagian dimensi ruang *runner*, untuk besar diameter luar *runner* yaitu sebesar 0.36 m, untuk tinggi *guide vine* yaitu sebesar 0.15 m, untuk jarak vertikal *runner* terhadap sisi dalam *guide vine* yaitu sepanjang 0.09 m, untuk diameter *hub* yaitu sebesar 0.108 m. dan generator sinkron dengan asumsi efisiensi 90% yang mampu menghasilkan daya listrik sebesar 40.634kW.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan, kesempatan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Pemanfaatan Potensi Air Di Wonosalam” tanpa ada halangan yang berarti. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Tri Wahyu Hardianto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Widjanarko, ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, kritik dan saran tetap diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, 1 Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	ii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	4
2.2 Perencanaan PLTMH.....	5
2.2.1 Proses Pengukuran Ketinggian	6
2.2.2 Pipa Penstock	7
2.2.3 Pemilihan Turbin.....	8
2.2.4 Perancangan Turbin	9

2.3 Klasifikasi Turbin Air	11
2.3.1 Berdasarkan Model Aliran Air Masuk <i>Runner</i>	11
2.3.2 Berdasarkan Perubahan Momentum Fluida Kerjanya	13
2.3.3 Berdasarkan Kecepatan Spesifik	13
2.3.4 Berdasarkan Head Dan Debit	14
2.4 Pemilihan Generator	18
2.5 Cara Kerja PLTMH	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Tahap Perencanaan	20
3.2 Diagram Alir Penelitian	21
3.3 Peta Lokasi Penelitian	22
3.4 Perancangan PLTMH	24
3.5 Perancangan Pipa Penstock	26
3.6 Perencanaan Dimensi Ruang <i>Runner</i>	27
3.7 Perancangan <i>Runner</i>	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Analisis Mekanis	33
4.1.1 Pipa Penstock	33
4.1.2 Turbin	35
4.2 Analisa Elektris	38
4.2.1 Generator	38
4.2.2 Potensi Daya Terbangkitkan	39
4.2.3 Daya yang Dibutuhkan	40
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kecepatan Spesifik Turbin Konvensional.....	14
Tabel 2.2 Turbin Ditinjau Dari Head Efektif.....	17
Tabel 3.1 Debit Air Sungai Gogor	25
Tabel 3.2 Jenis Saluran	25
Tabel 3.3 Tabel Hubungan N_s , d/D.....	29
Tabel 4.1 Jenis Turbin.....	36
Tabel 4.2 Dimensi Ruang <i>Runner</i>	37
Tabel 4.3 Spesifikasi Generator	39
Tabel 4.4 Daya yang Terbangkit.....	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Cara Pengukuran Head.....	7
Gambar 2.2 Pipa Penstock	7
Gambar 2.3 Grafik Pemilihan Turbin	8
Gambar 2.4 Turbin Aliran Tangensial	11
Gambar 2.5 Turbin Aliran Aksial	12
Gambar 2.6 Model Turbin Aliran Aksial Radial	12
Gambar 2.7 Turbin Propeller.	15
Gambar 2.8 Turbin Francis	16
Gambar 2.9 Turbin Pleton.....	17
Gambar 2.10 Cara Kerja PLTMH.....	19
Gambar 2.11 Skema Diagram PLTMH	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Peta Wonosalam.....	23
Gambar 3.3 Pengambilan Data Sungai	24
Gambar 3.4 Contoh Desain Mikrohidro	26
Gambar 3.5 Dimensi Ruang Turbin	28
Gambar 4.1 Desain Pipa Penstock	34
Gambar 4.2 Grafik Pemilihan Turbin	36
Gambar 4.3 Desain Dimensi Ruang <i>Runner</i>	38

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah perbukitan yang memiliki banyak sungai dengan aliran yang cukup deras dan potensi yang cukup tinggi untuk di bangun sebuah pembangkit untuk mensuplai kebutuhan listrik di desa, mengingat tarif dasar listrik saat ini selalu mengalami kenaikan yang cukup besar. Oleh karena itu pembangunan PLTMH dengan menggunakan tenaga air di daerah Wonosalam memiliki potensi yang sangatlah tinggi, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pemanfaatan energi alam ini. (<http://www.alpensteel.com>, 2013)

Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro di daerah Wonosalam ini bisa di bilang cukup tinggi dikarenakan daerah ini terletak di daerah perbukitan yang aliran sungainya mengalir deras dari atas bukit menuju ke bawah dengan cukup deras. Dengan potensi yang ada, sangat disayangkan apabila dibiarkan tanpa adanya karya inovatif untuk memanfaatkan potensi yang ada dengan membangun PLTMH sebagai sumber energi listrik di daerah tersebut. Mengingat banyak masyarakat desa di sana yang termasuk golongan ekonominya menengah ke bawah, dan tidak terdapatnya penerangan jalan menjadikan akses ke desa sangat sulit untuk orang luar desa. Mengingat juga tarif dasar listrik di Indonesia yang tergolong tinggi, pembangunan pembangkit di daerah ini mungkin akan membantu kehidupan masyarakat sekitar Wonosalam. (www.energi.lipi.go.id, 2007)

Maraknya isu tentang krisis energi yang terjadi pada saat ini, untuk itu perlu diadakan penelitian tentang studi kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di daerah ini sebagai referensi acuan untuk pembangunan di masa mendatang. Agar perkembangan energi terbarukan semakin pesat dan tidak lagi terjadi krisis energi yang melanda masyarakat, dan

berguna bagi rakyat desa dengan ekonomi kelas menengah ke bawah. (Lukman Prayudi, 2013)

Dibuatnya tugas akhir ini diharapkan mampu memberikan inovasi yang berguna untuk membantu daerah-daerah yang memiliki masalah dengan energi listrik, baik itu dalam hal kurangnya energi listrik yang tersedia atau dalam hal ekonomi. (Lukman Prayudi, 2013)

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang mendasari penelitian ini ada beberapa hal yang diantaranya:

1. Bagaimana analisa besar potensi yang mampu dihasilkan dengan debit air yang memutar turbin untuk menghasilkan daya yang dibutuhkan
2. Bagaimana mendesain pipa penstock dan dimensi turbin yang akan digunakan

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan untuk lebih memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan bahan mekanis tidak dibahas dalam tugas akhir ini.
2. Tidak memperhitungkan faktor bencana alam sehingga turbin bekerja dengan ideal.
3. Sungai yang digunakan sebagai studi kasus adalah sungai di daerah Wonosalam.
4. Kondisi curah hujan tidak diperhitungkan.
5. Analisa ekonomis tidak dibahas dalam tugas akhir ini.

1.4 Tujuan

Tujuan umum dibuatnya tugas akhir ini adalah untuk sarana literatur dan memberikan inovasi baru untuk pembangunan PLTMH yang memanfaatkan sungai sungai yang ada di Wonosalam

1.5 Manfaat

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa manfaat diantaranya:

1. Memberikan literatur baru untuk energi terbarukan.
2. Lebih memanfaatkan alam untuk menjadi sumber energi.
3. Sebagai sarana penyuplai energi listrik.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini disusun dengan urutan di mana bab satu tentang pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, manfaat pembahasan dan sistematika pembahasan.

Bab dua tentang tinjauan pustaka yang berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

Bab tiga tentang metodologi penelitian yang menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

Bab empat yaitu tentang hasil dan pembahasan di mana pada bab ini berisi hasil penelitian dan analisa hasil penelitian yang telah dilakukan.

Bab lima yaitu penutup dari laporan tugas akhir ini di mana pada bab lima ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator.

Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (head). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat kedalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Mikrohidro bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2.5 meter dapat dihasilkan listrik 400 watt. Relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikrohidro dibandingkan dengan PLTA skala besar, berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta kecilnya areal yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikrohidro, yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Perbedaan antara Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan mikrohidro terutama pada besarnya tenaga listrik yang dihasilkan, PLTA dibawah ukuran 200 KW digolongkan sebagai mikrohidro. Dengan demikian, sistem pembangkit mikrohidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan. Beberapa keuntungan yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga listrik mikrohidro adalah sebagai berikut :

1. Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
2. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan.
3. Tidak menimbulkan pencemaran.
4. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
5. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

2.2 Perencanaan PLTMH

Perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan tahapan paling terdepan dari perancangan pembangunan PLTMH. Parameter perhitungan dan analisis harga satuan pekerjaan pada perencanaan PLTMH di antaranya yaitu perhitungan lokasi sumber material pada jarak terdekat dengan lokasi pekerjaan konstruksi. Secara umum komponen harga satuan yang diperhitungkan meliputi komponen tenaga, komponen bahan dan material yang akan digunakan mengacu pada analisis satuan pekerjaan yang berlaku, dan komponen peralatan sebagaimana yang berlaku secara umum dalam pekerjaan sipil. Komponen perencanaan pembangunan PLTMH yaitu:

- a. Engineering

Komponen engineering meliputi kegiatan detail desain, supervisi pembangunan dan penyiapan dokumen teknis akhir pembangunan PLTMH

- b. Peralatan elektrikal-mekanik

Peralatan elektrikal-mekanik meliputi pengadaan sarana dan peralatan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro seperti:

- Turbin dan perlengkapannya yang terdiri dari unit turbin, sistem transmisi mekanik, base frame, biaya instalasi dan trial run.
- Generator dan base frame
- Panel kontrol (switch gear) dan kontrol beban/ballast load
- Instalasi peralatan elektrikal, sistem pengkabelan dan biaya lain-lain.

c. Pekerjaan sipil

Pekerjaan sipil pada pembangunan PLTMH meliputi bangunan penyalang, saluran pembawa, bak pengendap, bak penenang, pipa pesat, bangunan pelimpah, rumah pembangkit, pondasi turbin (under ground), saluran pembuang. Dan untuk biaya lain-lain yaitu sekitar 5%.

d. Jaringan transmisi, distribusi, dan instalasi rumah

Terdiri dari tiang listrik, pengadaan kabel, instalasi rumah. Dan untuk biaya lain-lain yang juga sekitar 5% (Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik-LIPI, Bandung, 2012).

e. Komponen lain-lain

Meliputi alokasi untuk penggunaan alat bantu khusus apabila harus diperlukan seperti alat berat, alat angkut khusus, training operator dan pengelola.

2.2.1 Proses Pengukuran Ketinggian

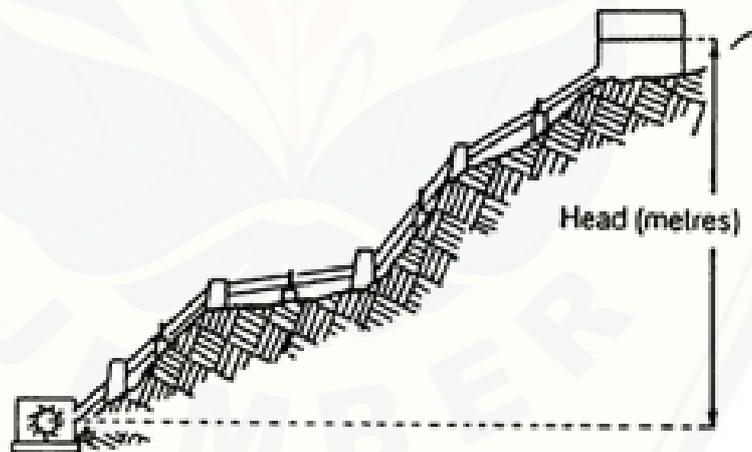
Penentuan head pada PLTMH mempunyai arti yang sangat penting dalam menghitung potensi tenaga listrik. Head merupakan tinggi jatuh air dari posisi tertinggi menuju posisi terendah. Pengukuran head dilakukan dengan menggunakan teori pitagoras di mana ketinggian diukur dari atas elevasi perkiraan permukaan air pada forebay yang telah ditentukan terus dilanjutkan pada pengukuran pada titik yang lebih rendah dari sebelumnya dan terus seperti itu sampai titik yang paling rendah. Untuk teknik pengerjaannya bisa dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Cara Pengukuran Head (Alhytech, 2015)

2.2.2 Pipa Penstock

Penstock atau pipa tertutup merupakan pipa yang memiliki fungsi membawa air menuju ke arah turbin di mana air tersebut akan memutar turbin dan menghasilkan listrik. Kondisi topografi dan pemilihan desain PLMTH sangat berpengaruh pada desain penstock karena desain penstock harus di rancang secara benar sesuai dengan desain PLMTH. Untuk gambar bisa dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Pipa Penstock (Alhytech, 2015)

Perhitungan pipa pesat bisa dilakukan dengan rumus berikut (IJEAT, 2013):

$$d = \left(10.3 \times N \times 2Q \times \frac{2L}{H} \right) \times 0.1875 \dots \dots \dots (2.1)$$

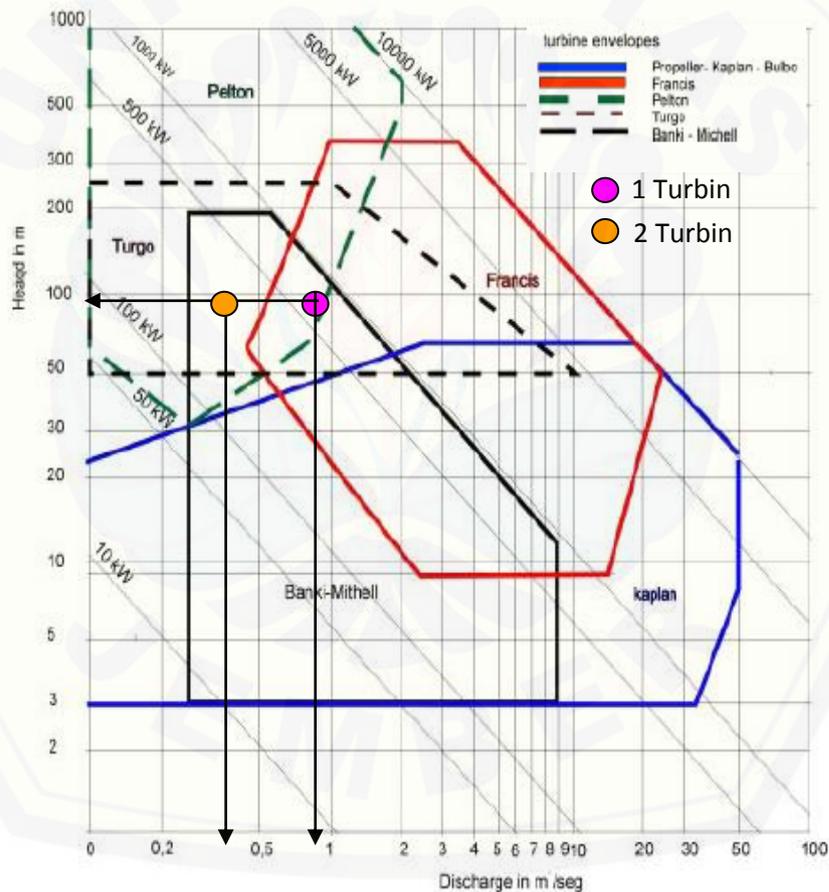
Dengan:

N = koefisien Kekasaran 0,012 (*roughnes*)

- Q = debit air (m^3/s)
 L = panjang penstock (m)
 H = tinggi jatuh air (*Head*) (m)

2.2.3 Pemilihan Turbin

Pemilihan turbin merupakan komponen penting dalam pembangunan PLTMH. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan turbin itu adalah ketinggian jatuh air (*Head*) dan debit air. Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 Grafik Pemilihan Turbin (Afdeling Zeelandia)

Grafik di atas dapat menunjukkan turbin apa yang akan dipakai dari head dan debit suatu sungai. Dalam grafik terdapat beberapa macam turbin yang diantaranya adalah propeller, Kaplan, francis, pleton dan beberapa turbin lainnya.

Dalam grafik juga bisa dilihat berapa daya yang terbangkit jika dilihat berdasarkan head dan debit suatu sungai.

2.2.4 Perancangan Turbin

Perancangan dimensi turbin memiliki beberapa komponen yang perlu diketahui, yaitu nilai nilai dari diameter luar *runner* (D) tinggi *guide vine* (B), jarak vertical *runner* terhadap sisi dalam *guide vine* (λ), dan diameter *hub* (d). adapun perhitungan yang bisa dipakai untuk mencari nilai dari komponen komponen di atas bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tubin Pompa dan Kompresor, Fritz Dietzel:24):

$$D = (66.76 + 0.136 \times N_s) \times \frac{\sqrt{H}}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$B = (0.45 - \frac{31.80}{N_s}) \times D \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\lambda = 0.25 \times D \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

D = diameter luar *runner* (m)

N_s = kecepatan Spesifik (rpm)

H = tinggi jatuh air (m)

n = kecepatan turbin (rpm)

B = tinggi *guide vine* (m)

λ = jarak vertikal *runner* dari sisi *guide vine* (m)

Merancang sebuah turbin perlu mengetahui dimensi turbin itu sendiri sampai berapa jumlah *blade* yang akan dipakai. Adapun untuk menentukan jumlah *blade* yang akan dipakai perlu dicari nilai dari jari jari potongan turbin. Untuk perhitungan lebih lengkapnya bisa dihitung dengan persamaan di bawah:

$$R_i = r + \left[\frac{R-r}{X} \right] (1 - 1) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\omega = \frac{n \times 2\pi}{60} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$U_1 = \omega \times R_1 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$u_1 = \frac{U_1}{\sqrt{2 \times g \times H}} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$C_m = \frac{Q}{\pi(R^2 - r^2)} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$c_m = \frac{C_m}{\sqrt{2 \times g \times H}} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$a = 0.174 \times D \dots \dots \dots (2.11)$$

$$z_r = \frac{2 \times \pi \times R_1}{a} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$D_{runner} = \frac{60 \times U_1}{\pi \times n} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$P_k = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \dots \dots \dots (2.14)$$

$$P_t = \rho \times A \times v \times (v - U_1) \times (1 + \cos\theta) \times U_1 \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_k} \times 100\% \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan:

- R_1 = jari jari potongan *blade* (m)
- R = jari jari diameter luar *runner* (m)
- r = jari jari diameter *hub* (m)
- ω = kecepatan sudut *runner* (rad/s)
- U_1 = kecepatan keliling *runner* (m/s)
- u_1 = kecepatan keliling spesifik *runner* (m/s)
- C_m = kecepatan meridian (m/s)
- c_m = kecepatan meridian spesifik (m/s)
- a = jarak antara *blade* (m)
- z_r = jumlah *blade*
- D_{runner} = diameter *runner* (m)
- P_k = daya kinetik jet air (Watt)

P_t = daya turbin (Watt)

η_t = efisiensi sudu turbin (%)

2.3 Klasifikasi Turbin Air

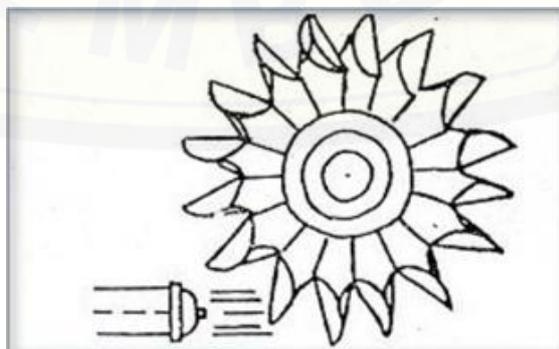
Berkembangnya ilmu Mekanika fluida dan Hidrolika serta memperhatikan sumber energi air yang cukup banyak tersedia di pedesaan akhirnya timbullah perencanaan-perencanaan turbin yang divariasikan terhadap tinggi jatuh (head) dan debit air yang tersedia. Dari itu maka masalah turbin air menjadi masalah yang menarik dan menjadi objek penelitian untuk mencari sistim, bentuk dan ukuran yang tepat dalam usaha mendapatkan efisiensi turbin yang maksimum. Pada uraian berikut akan dijelaskan pengklasifikasian turbin air berdasarkan beberapa kriteria.

2.3.1 Berdasarkan Model Aliran Air Masuk *Runner*.

Berdasarkan model aliran air masuk runner, maka turbin air dapat dibagi menjadi tiga tipe yaitu

1. Turbin Aliran Tangensial

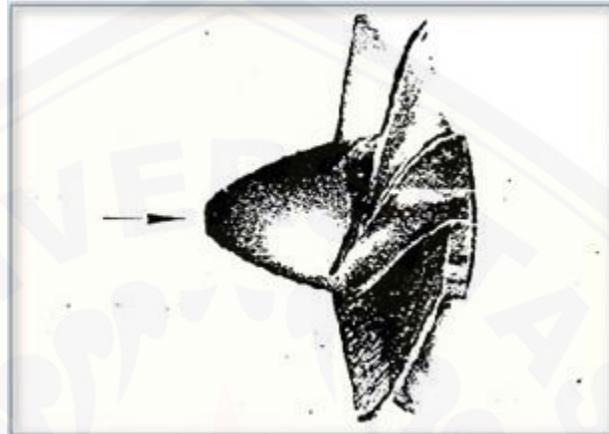
Pada kelompok turbin ini posisi air masuk runner dengan arah tangensial atau tegak lurus dengan poros runner mengakibatkan runner berputar, contohnya turbin pelton dan turbin cross-flow. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.4 Turbin Aliran Tangensial (Haimerl, L.A., 1960)

2. Turbin Aliran Aksial

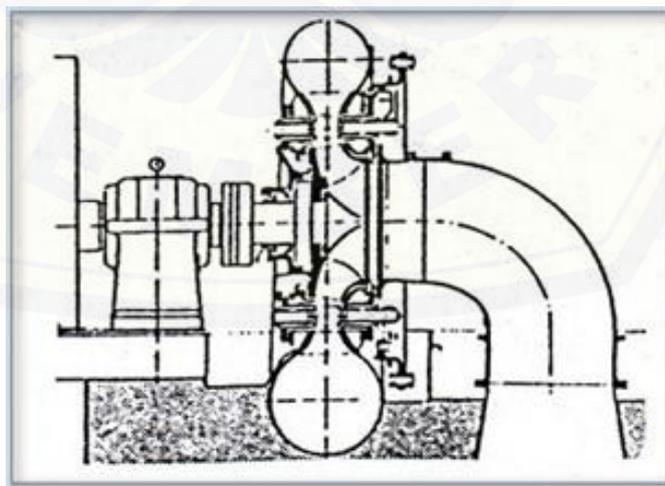
Pada turbin ini air masuk runner dan keluar runner sejajar dengan poros runner, turbin kaplan atau propeller adalah salah satu contoh dari tipe turbin ini. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5 Turbin Aliran Aksial (Haimerl, L.A., 1960)

3. Turbin Aliran Aksial – Radial

Pada turbin ini air masuk ke dalam runner secara radial dan keluar runner secara aksial sejajar dengan poros. Turbin francis adalah termasuk dari jenis turbin ini. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.6 Model Turbin Aliran Aksial – Radial (Haimerl, L.A., 1960)

2.3.2 Berdasarkan Perubahan Momentum Fluida Kerjanya.

Turbin berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu :

1. Turbin Impuls.

Semua energi potensial air pada turbin ini dirubah menjadi menjadi energi kinetis sebelum air masuk/ menyentuh sudu-sudu runner oleh alat pengubah yang disebut nozel. Yang termasuk jenis turbin ini adalah turbin pelton dan turbin cross-flow.

2. Turbin Reaksi.

Seluruh energi potensial dari air dirubah menjadi energi kinetis pada saat air melewati lengkungan sudu-sudu pengarah, dengan demikian putaran runner disebabkan oleh perubahan momentum oleh air. Yang termasuk jenis turbin reaksi diantaranya adalah turbin francis, turbin kaplan dan turbin propeller.

2.3.3 Berdasarkan Kecepatan Spesifik (n_s)

Kecepatan spesifik dari suatu turbin ialah kecepatan putaran runner yang dapat dihasilkan daya efektif 1 BHP untuk setiap tinggi jatuh 1 meter atau dengan rumus dapat ditulis (Lal, Jagdish, 1975) :

$$n_s = n \times \left(\frac{N_e^{1/2}}{H_{efs}^{5/4}} \right) \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

n_s = kecepatan spesifik turbin $\left(\frac{\text{rpm} \times \text{HP}}{\text{m}} \right)$

n = kecepatan putaran turbin (rpm)

H_{efs} = tinggi jatuh efektif (m)

N_e = daya turbin efektif (kW)

Turbin air memiliki nilai kecepatan spesifik masing-masing, tabel di bawah menjelaskan batasan kecepatan spesifik untuk beberapa turbin konvensional (Lal, Jagdish, 1975). Untuk tabelnya bisa dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Kecepatan Spesifik Turbin Konvensional

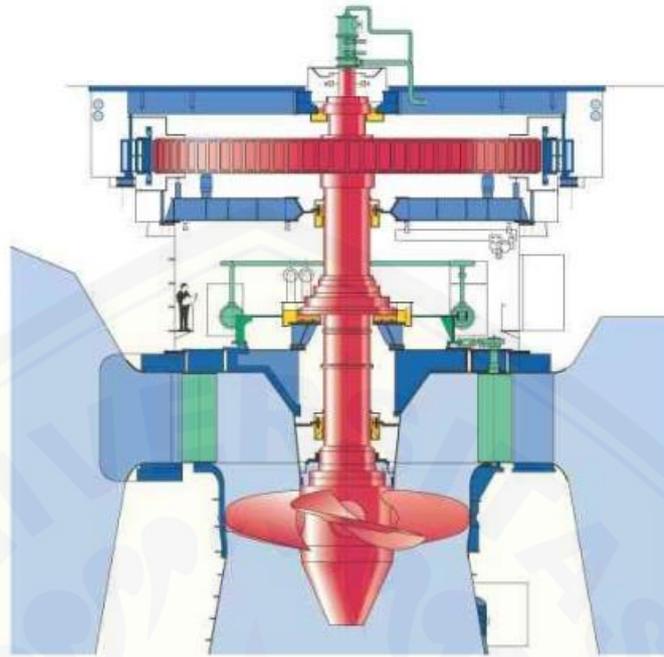
No.	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik ($\frac{\text{rpm} \times \text{HP}}{\text{m}}$)
1	Pelton dan kincir air	10 – 35
2	Francis	60 – 300
3	Cross-flow	70 – 80
4	Kaplan dan propeller	300– 1000

Sumber: Lukman Prayudi, 2013

2.3.4 Berdasarkan Head dan Debit.

Pengoperasian turbin air bekerja menyesuaikan dengan potensi head dan debit yang ada yaitu :

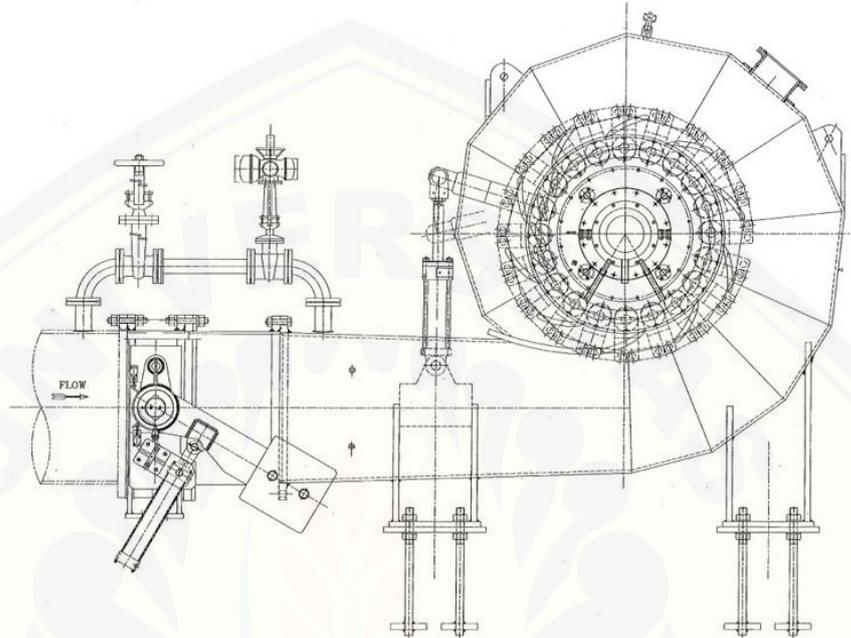
1. Head yang rendah yaitu dibawah 40 meter dengan debit air yang besar, maka Turbin Kaplan atau propeller cocok digunakan untuk kondisi seperti ini. Turbin Kaplan termasuk kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (propeller). Keistimewaannya adalah sudut sudu geraknya (runner) bisa diatur (adjustable blade) untuk menyesuaikan dengan kondisi aliran saat itu yaitu perubahan debit air. Pada pemilihan turbin didasarkan pada kecepatan spesifiknya. Turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik tinggi (high specific speed). Turbin kaplan bekerja pada kondisi head rendah dengan debit besar . Pada perancangan turbin Kaplan ini meliputi perancangan komponen utama turbin Kaplan yaitu sudu gerak (runner), sudu pengarah (guide vane), spiral casing , draft tube dan mekanisme pengaturan sudut bilah sudu gerak. Pemilihan profil sudu gerak dan sudu pengarah yang tepat untuk mengasilkan torsi yang besar. Perancangan spiral casing dan draft tube menggunakan persamaan empiris . Perancangan mekanisme pengatur sudut bilah (β) sudu gerak dengan memperkirakan besar sudut putar maksimum sudu gerak berdasarkan jumlah sudu, debit air maksimum dan minimum. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 Turbin Propeller

2. Head yang sedang antara 30 sampai 200 meter dengan debit air yang relatif cukup, maka Turbin Francis atau Cross-Flow cocok digunakan untuk kondisi seperti ini. Turbin Francis merupakan jenis turbin tekanan lebih. Sudunya terdiri atas sudu pengarah dan sudu jalan yang keduanya terendam dalam air. Perubahan energi terjadi seluruhnya dalam sudu pengarah dan sudu gerak, dengan mengalirkan air ke dalam sebuah terusan atau dilewatkan ke dalam sebuah cincin yang berbentuk spiral atau rumah kosong. Turbin Francis paling banyak digunakan di Indonesia. Turbin ini digunakan untuk tinggi terjun sedang, yaitu 20-440 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses reaksi sehingga turbin Francis juga sering disebut turbin reaksi. Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudut pengarah. Sudut pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudut pengarah pada turbin Francis dapat merupakan suatu sudut pengarah yang tetap ataupun sudut pengarah yang dapat diatur sudutnya.

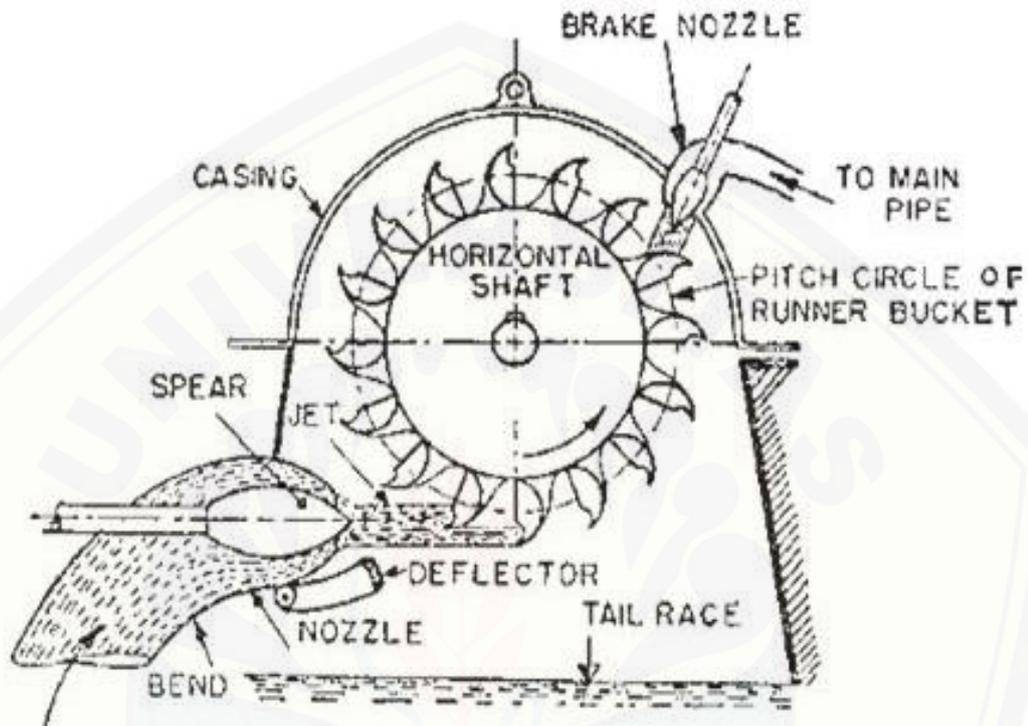
Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudut pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat. Untuk gambar turbin farncis bisa dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 Turbin Francis (Haimerl, L.A., 1960)

3. Head yang tinggi yakni di atas 200 meter dengan debit sedang, maka turbin impuls jenis Pelton cocok digunakan untuk kondisi seperti ini. Turbin Pelton adalah turbin untuk tinggi terjun yang tinggi, yaitu di atas 300 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses impuls sehingga turbin Pelton disebut juga turbin impuls. Turbin Pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi (geodetic dan tekanan) diubah menjadi kecepatan keluar nosel. Konstruksi nosel dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Tidak semua sudu menerima hampasan air, tetapi secara bergantian tergantung posisi sudu tersebut. Jumlah tergantung besarnya kapasitas air, dapat bervariasi satu sampai enam. Turbin pelton dipakai untuk tinggi jatuh air yang besar, dengan kecepatan spesifik 1 sampai

15. Untuk mendapatkan efisiensi yang baik, dalam turbin pelton harus terdapat hubungan antara kecepatan keliling, dan kecepatan keluar nosel. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini:



Gambar 2.9 Turbin Pelton (Haimerl, L.A., 1960)

Tabel 2.2 Turbin Ditinjau Dari Head Efektif

Jenis Turbin	Head (m)
Francis	$10 < H < 350$
Pleton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Kaplan dan proppeler	$2 < H < 20$

Sumber: IJEAT, 2013

Pemilihan jenis trubin ini bisa berdasarkan kelebihan dan kekurangan jenis turbin apabila kita ingin membuat desain yang benar benar spesifik. Pada tahap pertama pemilihan jenis turbin bisa dengan mempertimbangkan parameter parameter khusus yang mempengaruhi system operasi turbin di antaranya adalah:

1. Faktor tinggi jatuh air dan debit di mana tinggi jatuh air ini sangat berpengaruh dalam kinerja turbin. Oleh sebab itu sangat perlu diperhitungkan dalam pemilihannya
2. Faktor daya (power) yang diinginkan dan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
3. Kecepatan turbin yang akan ditransmisikan ke generator.

2.4 Pemilihan Generator

Pemilihan generator untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) juga perlu sangat diperhatikan di mana kita memilih sesuai kondisi lapangan yang ada. Untuk spesifikasi generator dengan 1500 rpm 50Hz 3fasa dengan keluaran 220/380 v, untuk efisiensi umum generator sendiri itu adalah: (*Micro-Hydropower System*)

1. Aplikasi < 10 KVA efisiensi 0,70 - 0,80
2. Aplikasi 10 – 20 KVA efisiensi 0,80 - 0,85
3. Aplikasi 20 – 50 KVA efisiensi 0,85
4. Aplikasi 50 – 100 KVA efisiensi 0,85 - 0,90
5. Aplikasi > 100 KVA efisiensi 0,90 - 0,95

2.5 Cara Kerja PLMTH

Cara kerja pembangkit listrik tenaga mikrohydro ini sangat bergantung pada tiga faktor, yaitu debit air, jatuh ketinggian, dan efisiensi. Dari tiga faktor itu maka dapat di rumuskan bagaimana potensi suatu sungai jika dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLMTH) dan berapa daya keluarannya sebagai berikut (IJEAT, 2013):

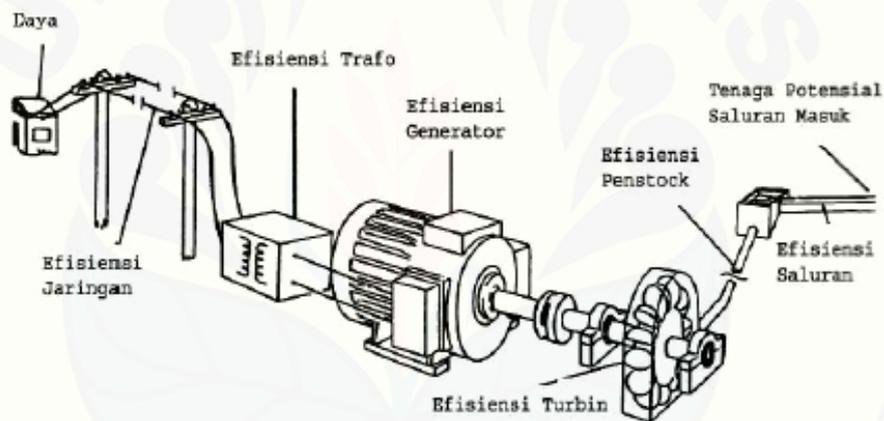
$$P = Q \times H \times 9.8 \times \mu \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

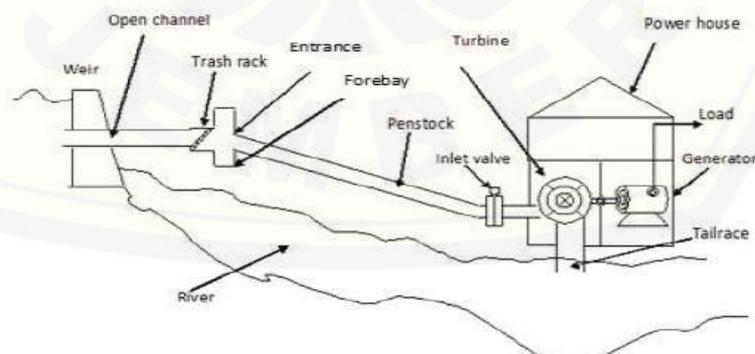
P = daya yang di bangkitkan (kilowatt)

- Q = debit air (m^3/s)
 H = ketinggian air (m)
 μ = efisiensi
 $9,8$ = konstanta gravitasi bumi (m/s^2)

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLMTH) merupakan salah satu pembangkit yang bekerja dengan memanfaatkan tenaga potensial air untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik di mana semakin besar debit yang ada pada sungai maka semakin besar pula daya yang akan dihasilkan oleh generator dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 2.10 dan 2.11 di bawah ini:



Gambar 2.10 Cara Kerja PLMTH (Jurnal *Amplifier* Vol. 2 No. 1, Mei 2012)



Gambar 2.11 Skema Diagram PLTMH (IJEAT, 2013)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan analisa perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Wonosalam ini dilakukan setelah pelaksanaan seminar proposal yang pelaksanaan kegiatan penelitian dilakukan pada dua tempat yaitu tempat kos dan kampus Fakultas Teknik dan untuk urutan urutan dalam pengerjaan laporan adalah sebagai berikut.

Tahap pertama yaitu studi literatur terhadap obyek yang akan dikerjakan pada bulan pertama sampai bulan ke 5 di mana studi literatur ini juga dilakukan ketika pengerjaan laporan dan penelitian. Kemudian dilakukan kunjungan lokasi penelitian di sungai Gogor dan mengumpulkan data sungai Gogor yang di butuhkan. Ke dua hal ini dilakukan pada bulan ke 3 dari jadwal penelitian dan juga sambil melakukan studi literatur tentang perencanaan pembangunan PLTMH dan hal hal mengenai lokasi yang diteliti. Kemudian mencoba efisiensi turbin pada PLTMH untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan dari sungai Gogor. Setelah mendapatkan semua data yang diinginkan maka dilakukan analisa untuk mengetahui seberapa besar potensi yang dapat dihasilkan oleh sungai Gogor yang terletak di Wonosalam ini. Setelah mengetahui besar potensi dari sungai Gogor maka disusun laporan untuk memenuhi kewajiban tugas akhir ini.

3.1 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dibutuhkan langkah – langkah perancangan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya. Diharapkan dengan literatur dari penelitian terdahulu tentang pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang didapat bisa memberikan keyakinan bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dan memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan kesalahan yang terjadi dalam penelitian.

2. Kunjungan Lokasi

Tahap kedua adalah kunjungan lokasi dimana pada kunjungan lokasi penelitian ini bertujuan untuk melihat kondisi lokasi dilakukannya penelitian.

3. Pengambilan data dan analisa data

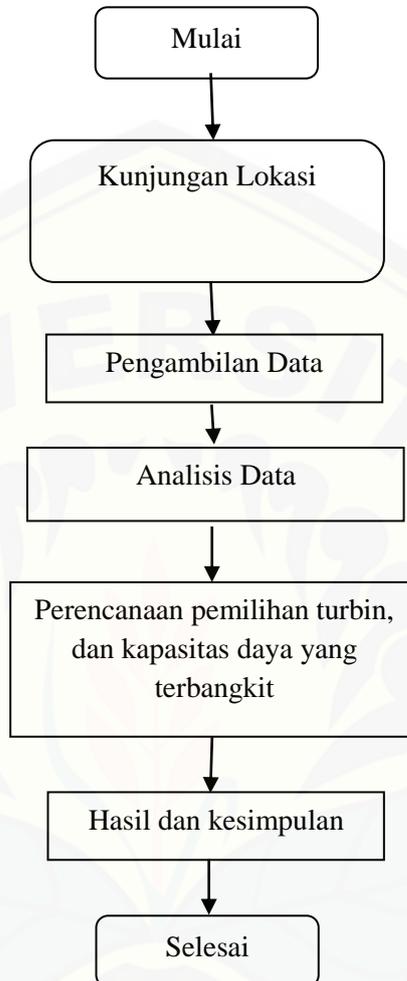
Tahap ketiga adalah proses pengambilan data dan analisa data dimana data kecepatan aliran sungai serta debit sungai di ambil, setelah itu di analisa dan di proses dan menghasilkan keluaran perkiraan potensi dari sungai untuk di bangun pembangkit listrik tenaga mikrohydro.

4. Pembahasan

Tahap keempat adalah pembahasan, di mana dalam tahap ini semua hasil penelitian akan di bahas secara menyeluruh dan detail untuk menjelaskan hasil apa yang didapat dalam penelitian ini dan sejauh mana penelitian sudah dilakukan.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) ini memiliki beberapa tahap penelitian. Tahap pertama yaitu kunjungan lokasi di sungai Gogor kecamatan Wonosalam kabupaten Jombang untuk melakukan pengambilan data data yang diperlukan untuk menganalisa potensi sungai Gogor apabila dibangun sebuah PLTMH. Pada pengambilan data ini diambil debit beserta ketinggian sungai atau head untuk bisa mengetahui potensi daya yang dihasilkan suatu sungai. Setelah melakukan kunjungan lokasi dan mengambil data yang diperlukan maka dilakukan analisa data yang akan menghasilkan berapa potensi daya yang dapat dicapai dan komponen komponen apa yang dipakai seperti jenis turbin dan spesifikasi generator, setelah itu disusun perencanaan pembangunan PLTMH yang melibatkan komponen komponen tersebut. Untuk gambar diagram alir penelitian bisa dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini:

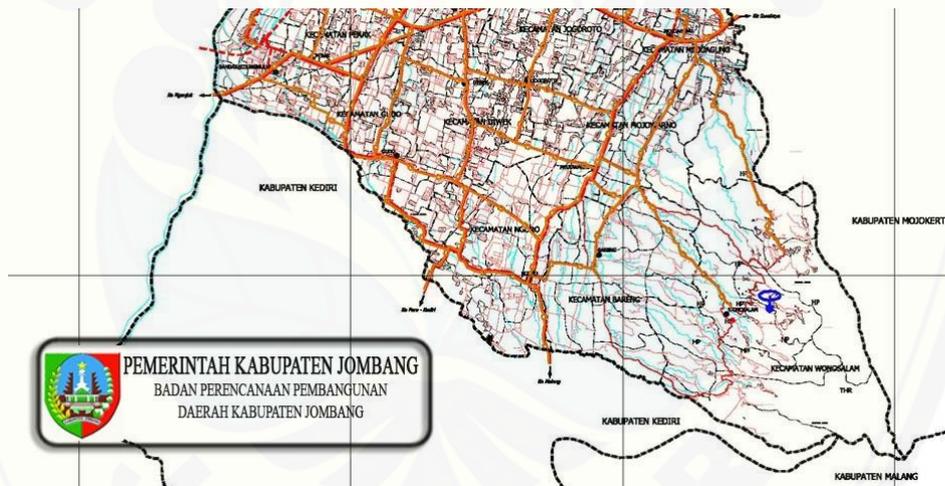


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam tugas ini adalah sungai Gogor yang berada pada desa Sumber kecamatan Wonosalam kabupaten Jombang. Lokasi ini dipilih karena memiliki potensi yang cukup tinggi di mana debit sungai yang mengalir sangat deras dan kondisi kemiringan tanah yang cukup miring karena berlokasi di kaki gunung membuat kecepatan aliran air sungai cukup tinggi sehingga memiliki kekuatan yang cukup besar untuk menggerakkan suatu turbin. Lokasi sungai juga terletak tidak jauh dari pemukiman warga yang rata-rata hidup dengan kondisi

ekonomi menengah kebawah. Untuk gambar peta lokasi bisa dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini:



PEMERINTAH KABUPATEN JOMBANG
 BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN
 DAERAH KABUPATEN JOMBANG

LEGENDA :

- | | | |
|-----------------|---|-------------------------|
| Batas Kabupaten | Jalan Lokal | Jaringan Gas |
| Batas Kecamatan | Jalan Lingkungan | Jaringan SUTT Eksisting |
| Batas Desa | Rel Kereta Api | Jaringan SUTM Eksisting |
| Sungai | Rencana Jalan TOL | Rencana Jaringan SUTM |
| Jalan Arteri | Rencana Jalan Lingkar Wilayah Perkotaan | Gardu Induk |
| Jalan Kolektor | Rencana Jalan Lingkar Perkotaan Mojoagung | |
| | Rencana Jalan Lingkar Perkotaan Jombang | |

Gambar 3.2 Peta Wonosalam

3.4 Perancangan PLTMH

Hasil yang didapat setelah melakukan observasi pada lokasi penelitian yang berupa data jumlah rumah yang berada di sekitar lokasi dan data data tentang sungai yang akan di jadikan lokasi penelitian

1. Jumlah Rumah dan Perkiraan Lampu Jalan

Jumlah rumah terdekat di sekitar lokasi berjumlah sekitar 30 rumah dan jumlah lampu yang dipakai untuk menerangi jalan diperkirakan 10 buah agar jalan desa mendapat penerangan yang layak.

2. Debit

Data debit sungai diambil dengan cara dilakukan pengukuran yang meliputi kedalaman sungai, lebar sungai dan kecepatan aliran sungai dalam beberapa titik hingga lokasi perencanaan pembangunan PLTMH. Untuk pengambilan titik diambil 4 titik dengan panjang setiap titiknya 5m. setelah itu melakukan pengukuran kedalaman, lebar dan kecepatan aliran pada setiap titik yang sudah ditentukan. Untuk gambarnya bisa dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Pengambilan Data Sungai

Gambar di atas menunjukkan kegiatan pengukuran yang dilakukan di lokasi untuk mendapatkan data data yang dibutuhkan dalam penelitian mulai dari kedalaman sungai, lebar sungai dan kecepatan aliran sungai pada titik titik yang sudah ditentukan. Setelah melakukan penelitian maka didapat data debit air sebagai berikut ini. Untuk tabel bisa dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Debit Air Sungai Gogor

Titik	Luas Penampang (m^2)	Kecepatan (m/s)	Debit (m^3/s)
1	1.643	0.7	1.15
2	2.01	0.5	1.005
3	1.95	0.6	1.17
4	2.03	0.67	1.36
Total Debit			4.685

Tabel di atas menunjukkan bahwa debit air sungai sepanjang 20m itu sebesar $4.685m^3/s$. akan tetapi debit air yang dipakai untuk perhitungan kedepannya yaitu debit air yang telah di kalikan dengan faktor koreksi karena debit yang diperoleh dalam perhitungan ini merupakan debit maksimal sehingga diperlukan faktor koreksi kecepatan yang tergantung dari jenis aliran sungai. Untuk nilai dari faktor koreksi itu sendiri berbeda beda untuk masing masing saluran. Nilai faktor koreksi bisa dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 3.2 Jenis Saluran

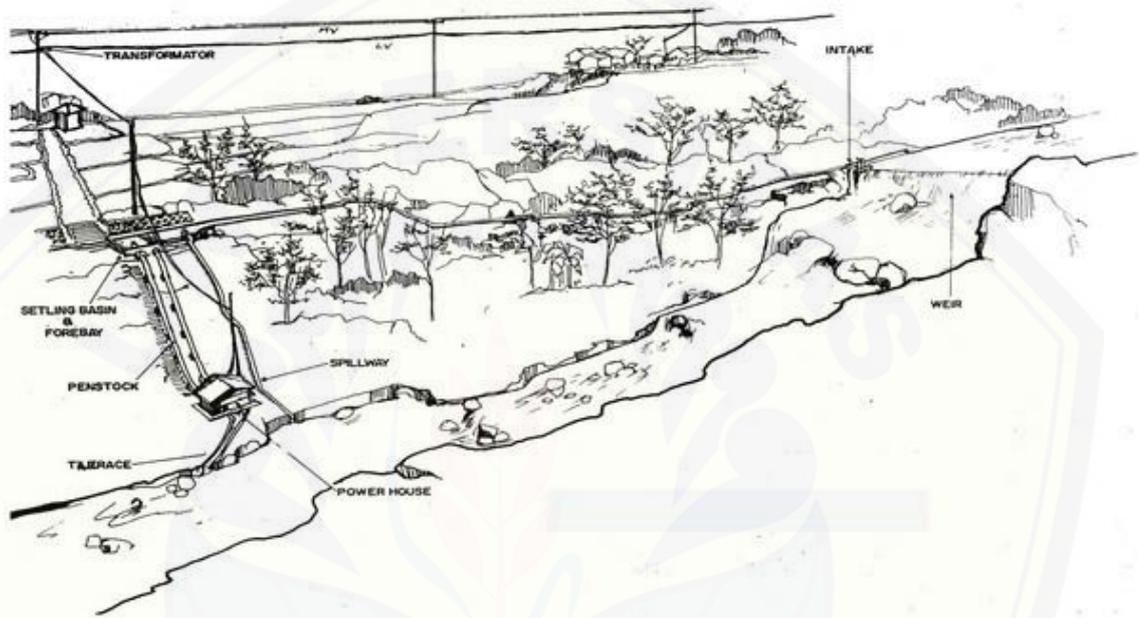
Jenis saluran	Faktor koreksi
Saluran beton, persegi panjang, mulus	0.85
Sungai luas, tenang, aliran bebas ($A > 10m^2$)	0.75
Sungai dangkal, aliran bebas ($A < 10m^2$)	0.65
Dangkal ($< 0.5m$), aliran turbulen	0.45
Sangat dangkal ($< 0.2m$), aliran turbulen	0.25

Sumber: Anthon J. Rayo, 2010

Karena lokasi penelitian kali ini tergolong sungai yang cukup dangkal dengan aliran bebas dan luas penampang kurang dari 10m maka sesuai dengan table di atas faktor koreksi yang debit perlukan adalah 0.65. sehingga di peroleh debit sungai sebesar $3.04m^3/s$.

3. Head (Tinggi Jatuh Air)

Perhitungan tinggi jatuh air ini dihitung dengan jarak sumber air dengan lokasi perencanaan penempatan tubin dalam pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Untuk tinggi sungai sekitar 4m dan untuk perencanaan pembangunan rumah pembangkit direncanakan dengan menggunakan tinggi 4m. Untuk rancangan kasarnya bisa dilihat dari gambar 3.4 di bawah ini:



Gambar 3.4 Contoh Desain Mikrohidro (IJEAT 2013)

3.5 Perancangan Pipa Penstock

Perancangan pipa penstock pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro salah satu komponen yang sangat penting, di mana ukuran pipa ini menyesuaikan dengan debit yang ada pada sungai. Untuk perancangan pipa penstock pertama tama harus diketahui nilai dari kecepatan aliran yang terdapat pada pipa dengan menggunakan persamaan Bernoulli dengan menggunakan rumus:

$$v = \sqrt{2gH}$$

$$v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 4}$$

$$v = 8.8 \text{ m/s}$$

Langkah selanjutnya setelah mengetahui besar kecepatan aliran maka bisa dihitung bagian ujung pipa penstock yang berada dalam bendungan untuk mendapat debit yang diinginkan dengan cara sebagai berikut:

$$Q = A \times v$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = 0.34 \text{ m}^2$$

Perhitungan selanjutnya setelah mengetahui luas penampang dari ujung pipa penstock maka bisa dihitung jari jari lingkaran dari pipa penstock dengan cara sebagai berikut:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.34}{3.14}}$$

$$r = 0.32 \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan di atas maka diameter ujung pipa penstock bisa dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$D = 2 \times r$$

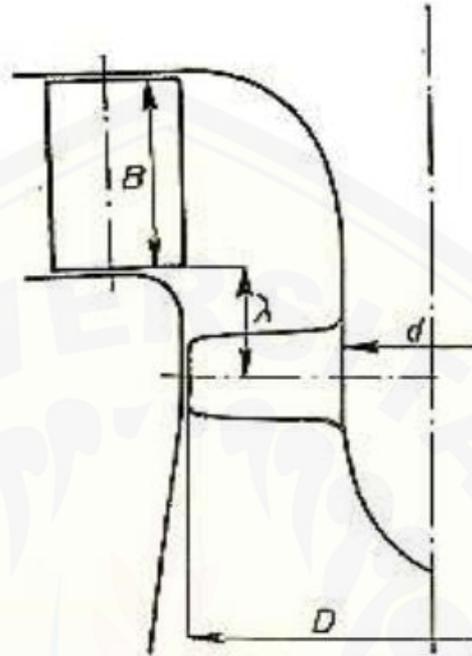
$$D = 2 \times 0.32$$

$$D = 0.64 \text{ m}$$

3.6 Perancangan Dimensi Ruang Turbin

Dimensi ruang turbin adalah dimensi tempat di mana turbin diletakkan dan tempat aliran air akan masuk sehingga mampu memutar turbin. Dimensi ruang turbin ini memiliki beberapa komponen yang harus diperhatikan, yaitu di antaranya adalah diameter luar *runner* (D) tinggi *guide vine* (B), jarak vertical *runner* terhadap sisi dalam *guide vine* (λ), dan diameter *hub* (d). Menentukan besaran nilai dari diameter luar *runner* tinggi *guide vine*, jarak vertical *runner* terhadap sisi dalam *guide vine*, dan diameter *hub* perlu diperhitungkan berapa

kecepatan putaran spesifik dari turbin dan tinggi jatuh air sungai. Untuk lebih jelasnya gambar dimensi ruang turbin bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.5 Dimensi Ruang Turbin (themegallery.com)

Perhitungan awalnya yaitu dihitung diameter luar *runner* dapat dihitung dengan persamaan 2.2:

$$D = (66.76 + 0.136 \times N_s) \times \frac{\sqrt{H}}{n}$$

$$D = (66.76 + 0.136 \times 840.9) \times \frac{\sqrt{4}}{1000}$$

$$D = 0.36 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya setelah diketahui diameter luar *runner* maka bisa dihitung tinggi *guide vine* dengan menggunakan persamaan 2.3:

$$B = \left(0.45 - \frac{31.80}{N_s}\right) \times D$$

$$B = \left(0.45 - \frac{31.80}{840.9}\right) \times 0.36$$

$$B = 0.15 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya setelah diketahui nilai dari diameter luar *runner* sekarang bisa dihitung nilai dari jarak vertical *runner* dari sisi *guide vine* dengan persamaan 2.4:

$$\lambda = 0.25 \times D$$

$$\lambda = 0.25 \times 0.36$$

$$\lambda = 0.09 \text{ m}$$

Perhitungan terakhir dari diameter *hub* maka perlu melihat tabel hubungan $N_s, \frac{d}{D}$ di bawah ini:

Tabel 3.3 Tabel Hubungan $N_s, d/D$

N_s	1000	800	600	400	350	300
d/D	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.7

Sumber: Miroslav Nechleba, 1957

Tabel di atas menunjukkan dengan nilai dari kecepatan spesifik yang sebesar 840.9rpm maka bisa diambil nilai d/D sebesar 0.3 dan nilai dari diameter *hub* bisa dicari dengan menggunakan rumus:

$$d = 0.3 \times D$$

$$d = 0.3 \times 0.36$$

$$d = 0.108 \text{ m}$$

3.7 Perancangan *Runner*

Perancangan *runner* ini memiliki banyak komponen yang perlu diperhatikan agar *runner* dapat bekerja dengan baik pada debit tertentu, di antaranya adalah jari jari potongan *runner*, kecepatan sudut, kecepatan keliling dan masih banyak lainnya. Untuk diameter *runner* bisa dihitung dengan persamaan 2.13 seperti di bawah ini:

$$D_{\text{runner}} = \frac{60 \times U_1}{\pi \times n}$$

$$D_{\text{runner}} = \frac{60 \times 5.65}{3.14 \times 1000}$$

$$D_{\text{runner}} = 0.11 \text{ m}$$

Langkah yang diambil selanjutnya harus mengetahui berapa panjang jari jari potongan dari runner sehingga kita bisa mengetahui nilai nilai spesifikasi runner yang lain, di mana untuk perhitungannya bisa dihitung dengan persamaan 2.5:

$$R_1 = r + \left[\frac{R-r}{X} \right] (1 - 1)$$

$$R_1 = r$$

$$R_1 = 0.054 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan kecepatan sudut dari *runner* yang bisa dihitung dengan persamaan 2.6:

$$\omega = \frac{n \times 2\pi}{60}$$

$$\omega = \frac{1000 \times 2\pi}{60}$$

$$\omega = 104.7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Langkah selanjutnya setelah mengetahui kecepatan sudut maka bisa dihitung kecepatan keliling dari *runner* dengan persamaan 2.7:

$$U_1 = \omega \times R_1$$

$$U_1 = 104.7 \times 0.054$$

$$U_1 = 5.65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Perhitungan selanjutnya bisa dilakukan dengan adanya nilai kecepatan keliling dari *runner* untuk mengetahui nilai kecepatan keliling spesifik yang bisa dihitung dengan persamaan 2.8:

$$u_1 = \frac{U_1}{\sqrt{2 \times g \times H}}$$

$$u_1 = \frac{5.65}{\sqrt{2 \times 9.8 \times 4}}$$

$$u_1 = 0.64 \frac{m}{s}$$

Langkah berikutnya yaitu perlu mencari kecepatan meridian dari *runner* yang bisa dihitung dengan persamaan 2.9:

$$C_m = \frac{Q}{\pi(R^2 - r^2)}$$

$$C_m = \frac{3.04}{3.14(0.18^2 - 0.054^2)}$$

$$C_m = 33.4 \frac{m}{s}$$

Langkah selanjutnya setelah mengetahui kecepatan meridian maka bisa dihitung kecepatan meridian spesifik dengan persamaan 2.10:

$$c_m = \frac{C_m}{\sqrt{2 \times g \times H}}$$

$$c_m = \frac{33.4}{\sqrt{2 \times 9.8 \times 4}}$$

$$c_m = 3.8 \frac{m}{s}$$

Jarak antara *blade* itu bisa ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.11:

$$a = 0.174 \times D$$

$$a = 0.174 \times 0.36$$

$$a = 0.062 \text{ m}$$

Jumlah *blade* apabila jarak antar *blade* sepanjang 0.062 m bisa dihitung dengan persamaan 2.12:

$$z_r = \frac{2\pi R}{a}$$

$$z_r = \frac{2 \times 3.14 \times 0.054}{0.062}$$

$$z_r = 5.46 \approx 5 \text{ blade}$$

Efisiensi turbin merupakan perbandingan antara daya turbin dengan daya kinetik jet air, untuk perhitungan daya turbin bisa dihitung menggunakan persamaan 2.15 dengan θ sama dengan 15° seperti di bawah ini:

$$P_t = \rho \times A \times v \times (v - U_1) \times (1 + \cos\theta) \times U_1$$

$$P_t = 1000 \times 0.0094 \times 8.8 \times (8.8 - 5.65) \times (1 + \cos 15^\circ) \times 5.65$$

$$P_t = 2900.5 \text{ Watt}$$

Daya kinetik jet air merupakan daya yang dihasilkan oleh air yang keluar dari pipa penstock, untuk perhitungan daya kinetik jet air bisa dihitung dengan persamaan 2.14:

$$P_k = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$$

$$P_k = \frac{1}{2} \times 1000 \times 0.017 \times 681.4$$

$$P_k = 5991.5 \text{ Watt}$$

Efisiensi turbin yaitu merupakan perbandingan antara daya turbin dengan daya kinetik jet air bisa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16:

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_k} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{2900.5}{5991.5} \times 100\%$$

$$\eta_t = 48.4\%$$