



JURNAL TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

Adam Satria Putra Wahab	RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN BEARING DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
Desi Natalia	PERANCANGAN MESIN PEMOTONG SINGKONG UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PEMBUATAN KERIPIK
Syaikhurrohman	STUDY PERENCANAAN PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MICROHYDRO (PLTMH) PADA SUNGAI KALIMAJA DUSUN KEDONDONG RAME DESA RUGUK KECAMATAN KETAPANG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN
Periyanto	ANALISA PENGARUH MEDIA PERLAKUAN PANAS QUENCHING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG
Muhammad Amin Rais	RANCANG BANGUN PENGEMBANGAN MESIN MODIFIKASI NOKEN AS (CAMSHAFT) DI SMK BINTANG NUSANTARA RUMBIA
Wisnu Wardana	PERANCANGAN SISTEM PENSUPPLAI AIR TAMBAK UDANG DENGAN SUMBER TENAGA PANEL SURYA

UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

JURNAL
TEKNIK
MESIN

Vol. 4

No. 1

Hal
1-34

Bandar Lampung
Oktober 2016

ISSN
2087-
3832



JURNAL TEKNIK MESIN

Terbit dua kali dalam setahun pada bulan oktober dan april. Diterbitkan oleh Universitas Bandar Lampung. Jurnal Teknik Mesin berisi karya-karya riset ilmiah mengenai bidang ilmu Teknik Mesin.

PELINDUNG

Dr. Ir. H. M. Yusuf Barusman, M. B. A.

PENASEHAT

Ir. Juniardi, M.T.

PENANGGUNG JAWAB

Muhammad Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

DEWAN REDAKSI

Ir. Indra Surya, M.T

Ir. Zein Muhammad, M.T

Riza Muhida, S.T., M.Eng., Ph.D

Ir. Najamudin, MT.

Witoni, ST, MM.

Harjono Saputro, ST, MT.

MITRA BESTARI

Prof. Dr. Erry Y. T. Adesta (Internasional islamic university malaysia)

Irfan Hilmy Ps.D (Internasional islamic university malaysia)

Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, ST, MT. (Unila)

Dr. Amrizal, ST, MT. (Unila)

EDITOR

Kunarto, ST, MT

SEKRETARIAT

Ir. Bambang Pratowo, MT.

Suroto Adi

GRAFIS DESAIN

Nofen Bagus Kurniawan

PENERBIT

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Univesitas Bandar Lampung

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung
Jalan ZA Pagar Alam No 26, Labuhan Ratu
Bandar Lampung 35142
Telp./Faks. : 0721-701463 / 0721-701467
Email : teknikmesin@ubl.ac.id



9 772087 383000 3

KATA PENGANTAR

Artikel-artikel yang diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 1 Bulan Oktober tahun 2016 merupakan jurnal yang diterbitkan dalam format PDF secara online. Jurnal ini dapat diakses pada link : <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM>. Jurnal Teknik Mesin hanya memuat artikel-artikel yang berasal dari hasil hasil penelitian saja dan setelah ditelaah para mitra bestari.

Artikel - artikel yang termuat dalam jurnal Teknik Mesin ini adalah artikel yang sudah melalui proses penilaian dan review dewan penyunting. Penulis harus memperhatikan kualitas isi artikel sesuai petunjuk penulisan artikel dan komentar dari mitra bestari yang di tampilkan di masing-masing penerbitan atau dapat diunduh di website jurnal tersebut. Jumlah artikel yang terbit sebanyak enam judul artikel.

Dewan penyunting akan terus berusaha meningkatkan mutu jurnal sehingga dapat menjadi salah satu acuan yang cukup penting dalam perkembangan ilmu teknik mesin. Penghargaan dan terimakasih sebesar besarnya kepada mitra bestari bersama para anggota dewan penyunting dan seluruh pihak yang terlibat dalam penerbitan jurnal ini.

Salam,

Ketua Penyunting

JURNAL TEKNIK MESIN

Vol. 4 No. 1 Oktober 2016

DAFTAR ISI

RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN BEARING DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER Adam Satria Putra Wahab	1-8
PERANCANGAN MESIN PEMOTONG SINGKONG UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PEMBUATAN KERIPIK Desi Natalia	9-12
STUDY PERENCANAAN PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MICROHYDRO (PLTMH) PADA SUNGAI KALIMAJA DUSUN KEDONDONG RAME DESA RUGUK KECAMATAN KETAPANG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN Syaikhurrohman	13-20
ANALISA PENGARUH MEDIA PERLAKUAN PANAS QUENCHING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG Periyanto	21-26
RANCANG BANGUN PENGEMBANGAN MESIN MODIFIKASI NOKEN AS (CAMSHAFT) DI SMK BINTANG NUSANTARA RUMBIA Muhammad Amin Rais	27-31
PERANCANGAN SISTEM PENSUPPLAI AIR TAMBAK UDANG DENGAN SUMBER TENAGA PANEL SURYA Wisnu Wardana	32-34

STUDY PERENCANAAN PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *MICROHYDRO* (PLTMH) PADA SUNGAI KALIMAJA DUSUN KEDONDONG RAME DESA RUGUK KECAMATAN KETAPANG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

Syaikhurrohman

Program Studi Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung
 Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No.26 Labuhan Ratu Bandar Lampung 35142, Indonesia
 E-mail : syaikhur93@gmail.com

Abstrak

Listrik merupakan salah satu kebutuhan hidup manusia yang primer sehingga diperlukan suatu pembangkit tenaga listrik yang efisien. Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro (PLTMH) merupakan alternatif sumber energi listrik bagi masyarakat. PLTMH memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman diseluruh Indonesia. Disaat energi lain mulai menipis dan memberikan dampak yang negatif, maka air menjadi sumber energi yang sangat penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada masyarakat khususnya Dusun Kedondong Rame bahwa ketersediaan potensi yang disediakan oleh alam bisa dijadikan sebagai sumber tenaga listrik. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis kelayakan Sungai Kalimaja sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang meliputi debit air, ketinggian terjunan dan ketepatan dalam penggunaan jenis turbin. Pemilihan jenis turbin yang digunakan dipengaruhi oleh debit dan tinggi jatuh air. Berdasarkan pengambilan data pada lapangan dan berdasarkan perhitungan maka didapat debit minimum sebesar 0,0610 /s, dan *head* efektif 21.96 meter serta kecepatan spesifik 65,95 rpm, maka turbin yang digunakan dalam penelitian perencanaan perancangan ini adalah jenis turbin *Cross-Flow*.

Kata Kunci : PLTMH, *Cross-Flow*

PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan hidup manusia yang primer sehingga diperlukan suatu pembangkit tenaga listrik yang efisien. Oleh karena itu diperlukan, adanya sumber energi alternatif untuk mengatasi kelangkaan energi tersebut. Pembangkit listrik *Microhydro* merupakan pilihan terbaik dalam banyak aspek dibandingkan dengan jenis-jenis EBT (Energi Baru dan Terbarukan) lainnya.

Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro (PLTMH) merupakan alternatif sumber energi listrik bagi masyarakat. PLTMH memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman diseluruh Indonesia. Disaat energi lain mulai menipis dan memberikan dampak yang negatif, maka air menjadi sumber energi yang sangat penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Pembangkit Listrik *Microhydro* (PLTMH) mengacu pada pembangkit listrik dengan skala dibawah 100 kW. Banyak daerah pedesaan di Indonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk dibangun suatu pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH). Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada di desa-desa tersebut dapat memenuhi kebutuhan energi sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya energi atau kesulitan jaringan listrik Nasional untuk menjangkaunya.

Microhydro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH), merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi (*head*) terjunan dan jumlah debit air. Di Desa Ruguk Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan, Lampung, terdapat suatu Dusun/pemukiman yang jauh dari jangkauan listrik. Dusun ini ditempati oleh 15 kepala keluarga dengan mata pencaharian sehari-hari adalah sebagai petani.

Di Dusun tersebut terdapat potensi ketersediaan air terjun yang cukup sepanjang tahun, dengan aliran debit Minimum (pada musim kemarau) 0,0610 (/s) atau sekitar 61 liter/detik dan memiliki beda ketinggian (*Head*) kurang lebih 22 meter dari permukaan atas sampai permukaan bawah. Karena keterbatasan biaya dan kurangnya pengetahuan masyarakat terhadap potensi sungai yang dimiliki, maka penulis berkeinginan untuk menjadi jembatan/perantara supaya Dusun Kedondong Rame tidak lagi kekurangan akan energi listrik, karena saat ini kebanyakan warga setempat menggunakan tenaga surya dan diesel sebagai sumber energi listrik. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pembangunan pembangkit listrik tenaga microhydro di dusun kedondong rame guna memenuhi kebutuhan masyarakat pedalaman yang berjumlah 15 kepala keluarga maka, perlu dilakukan pengkajian secara teoritis untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan PLTMH Sungai Kalimaja Dusun Kedondong Rame.

Terkait dengan penelitian ini dan menyesuaikan dari debit aliran dan *head*, maka penulis memilih untuk menggunakan turbin jenis *Cross-flow*.

Turbin jenis *Cross-flow* dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, diantaranya adalah:

1. Potensi jumlah debit aliran dan beda ketinggian (*head*) yang dimiliki Sungai Kalimaja Dusun Kedondong Rame.
2. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh turbin jenis *Cross-flow* itu sendiri.

Pemakaian jenis turbin *Cross-flow* lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan kincir air ataupun jenis turbin lainnya. Penggunaan turbin ini dengan daya yang sama dapat menghemat biaya penghematan penggerak mula

sampai 50 %

dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran turbin *Cross-flow* lebih kecil dan lebih kompak dibandingkan kincir air. Diameter kincir air yakni runernya biasanya 2 meter keatas, sedangkan untuk diameter turbin *Cross-flow* bisa dibuat hanya 20 cm saja, sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan lebih sedikit. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada kincir air. Tingginya efisiensi turbin *Cross-flow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat akan meninggalkan runer. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem pengeluaran air dari runer.

Fritz Dietzel tahun 1980 juga menyatakan bahwa turbin aliran ini baik sekali digunakan untuk pusat tenaga air yang kecil dan daya kurang lebih 750 kW. Tinggi air jatuh yang bisa digunakan diatas 1 meter sampai 200 meter dengan kapasitas air 0.002 /s sampai dengan 7 /s rendemen/efisiensi kurang lebih 80 % dengan kecepatan putarnya 60 sampai 200 tergantung diameter roda putar.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit listrik tenaga microhydro (PLTMH) adalah pembangkit listrik bersekala kecil (kurang dari 100 kW), yang memanfaatkan tenaga aliran air sebagai sumber penghasil energi. Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin listrik dan generator. [Rizal Firmansyah]

Berdasarkan kapasitas keluarannya pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.4.1. Klasifikasi PLTA

No	Jenis PLTA	Kapasitas
1	PLTA Besar	> 100 MW
2	PLTA Menengah	15-100 MW
3	PLTA Kecil	1-15 MW
4	PLTM (MiniHydro)	100 kW-1 MW
5	PLTMH (MicroHydro)	5 kW- 100 kW
6	PicoHydro	< 5 kW

Sumber : [Prayogo. 2003]

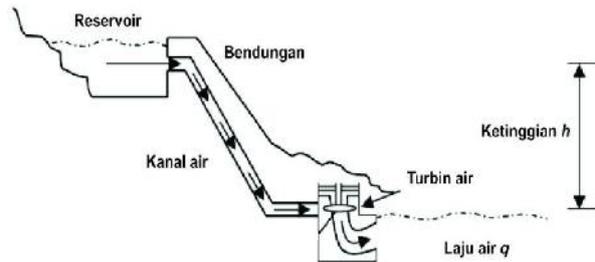
Prinsip Kerja PLTMH

Sebuah skema *microhydro* 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

Kompenen-Komponen PLTMH

Secara teknis, *Microhydro* memiliki tiga komponen utama

yaitu air (sumber energi), turbin dan generator [Hunggul Y.S.H. Nugroho 2015]. Bendungan dibuat dari tanah, batu atau beton yang dibangun melintasi sungai. Tersedianya suatu waduk banyak membantu agar beban menjadi agak merata bertalian dengan adanya musim hujan dan musim kering. Dengan demikian PLTA dapat dioperasikan secara optimal (gambar 2.1.2.1). [Abdul Kadir, 1996]



Gambar 1. Komponen-Komponen PLTMH [Sumber: Abdul Kadir, 1996]

1. Anak Sungai

Untuk mengetahui besarnya debit aliran air dapat digunakan persamaan sebagai berikut. [Munson Et Al.2013]

$$Q = V \times A \quad \text{(persamaan 1) Dimana}$$

:

Q : Debit air yang digunakan

V : Kecepatan aliran air (m/s)

A : Luas penampang pipa pesat (*penstocks*)

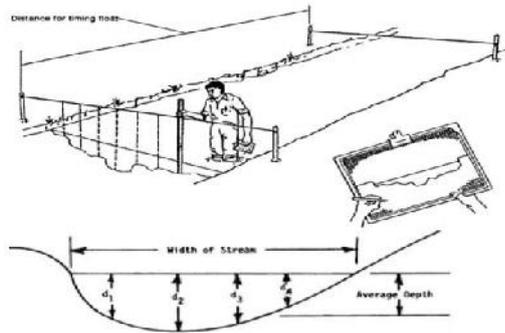
2. Turbin

Turbin adalah bagian terpenting dari unit *microhydro*. Pada turbin aliran air diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar rotor (kincir). [Sumber : Hunggul Y.S.H. Nugroho]

Jenis Turbin	High Head >30 m	Medium Head 10-30 m	Low Head < 10 m
Impluse	Pelton Turgo	Crossflow Multi Jet Pelton Turgo	Crossflow
Reaksi	Jenis Turbin	Prancis	Propeler Kaplan

[Sumber, Hunggul Y.S.H Nugroho dan M. Kudeng Sallata]

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk satu desain yang sangat spesifik. Faktor tinggi jatuh air efektif (*net head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin pelton efektif untuk operasi pada tinggi jatuhnya air (*head*) tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif untuk operasi pada tinggi jatuhnya air (*head*) rendah. Faktor daya (*power*) yang diinginkan berkaitan dengan tinggi jatuh air (*head*) dan debit yang sederhana. [Ismono, 1999]



Gambar 2. Pemilihan jenis turbin berdasarkan head dan flow
[Sumber : Tanaka Suryoku Turbine]

Turbin juga dibedakan berdasarkan cara kerjanya yaitu turbin impluse dan turbi reaksi. Turbin impluse merupakan jenis turbin yang mengubah seluruh energi air menjadi energi kinetik yang akan memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir.

Sedangkan turbin reaksi adalah turbin yang mengubah energi air secara langsung menjadi energi puntir. [Hunggul Y.S.H Nugroho dan M. Kudeng Sallata 2015]

1. Generator

Generator sinkron (disebut juga altenator) adalah mesin sinkron yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik bolak-balik (AC). Keunggulan dari arus bolak-balik (AC) adalah dapat menyalurkan daya listrik pada jarak yang cukup jauh. Hampir semua energi listrik dibangkitkan dengan menggunakan generator sinkron. Generator sinkron dapat berupa generator sinkron 3 fasa atau generator sinkron 1 fasa. Sistem 3 fasa artinya ada 3 kabel yang dapat dialiri listrik dari generator. Sedangkan satu fasa artinya dari generator hanya ada satu kabel yang dialiri listrik. Dari sisi efisiensi, pemakaian fasa dapat memperkecil ampere dan secara otomatis memperkecil ukuran diameter kabel. Kapasitas generator sinkron ada dari mulai daya rendah atau tinggi. Namun pada umumnya semakain tinggi kapasitas ukuran generator akan semakin besar dan semakin besar. Sebagai contoh generator 10 KVA akan lebih besar dan lebih berat dibandingkan dengan 3 KVA, demikian juga dengan betrat tarikan putaran rotornya. [Sumber : Hunggul Y.S.H. Nugroh]

3. METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Sungai Kalimaja Desa Ruguk Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan untuk memudahkan penulis dalam mengumpulkan data-data terkait dengan penelitian dan untuk meminimalisir biaya dalam melakukan penelitian karena letak objek tidak terlalu jauh dari tempat tinggal penulis.

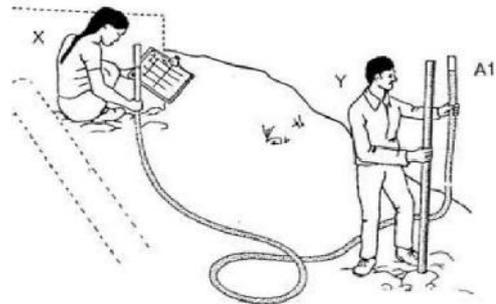
1. Pengumpulan Data

Data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari lapangan. Sumber data primer diperoleh dengan cara mengukur secara langsung debit air dan beda ketinggian (Head) pada sungai Kalimaja Dusun Kedondong Rame.

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui media perantara. Data yang didapat melalui studi pustaka (LibraryResearch) membaca, mempelajari, mengutip dan menelaah literatur-literatur yang menunjang dan berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas.

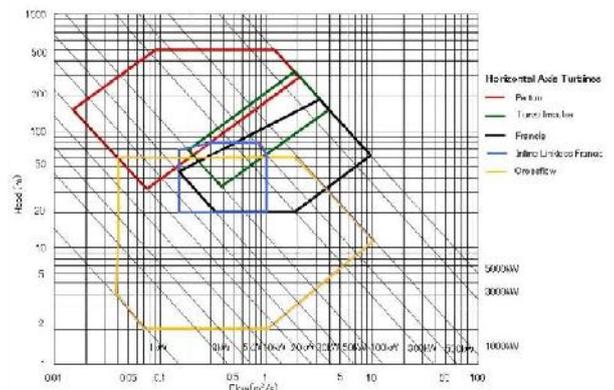
2. Cara Pengambilan Data

Metode yang digunakan untuk mengukur debit yaitu dengan membuat patok dikedua sisi sungai. Kemudian mengikatkan tali dikedua sisi patok tersebut sehingga tali membentang dari tepi sungai yang satu ke tepi sungai yang lain dengan demikian bisa diukur debit lebar sungai tersebut.



Gambar 3. Membagi Segmen Pengukuran [Sutarno, 1993]

Head yang diukur tersebut merupakan head kotor (head gross), setelah di kurangi dengan faktor gesekan dan faktor kehilangan (losses) lainya ketika air mengalir maka akan menjadi head bersih (head net). Pengukuran head ini menggunakan alat pengukuran sederhana yaitu menggunakan sehelai benang nilon dan selang plastik. Cara kerjanya yaitu :



Gambar 4. Cara mengukur permukaan air dengan posisi forebay [Sutarno, 1993]

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
Daya Air

Sebelum dilakukan perhitungan daya air secara teorotis perlu adanya perhitungan rugi- rugi dan tinggi efektif pada pipa pesat. Untuk mengetahui besarnya kecepatan aliran air dapat digunakan persamaan berikut [Munson et al. 2013].

a. Kecepatan air dalam pipa

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$v = \frac{0,0610m^3}{0,0323m^2}$$

$$v = 1,8885 \text{ m/s} = 1888,5 \text{ mm/s}$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran air (m/s)

Mayor Losse

Mayor losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh faktor gesekan antara fluida air dengan dinding pipa. Dan untuk mengetahui besarnya kerugian akibat gesekan atau *head mayor* dapat digunakan persamaan berikut [Munson et al. 2013].

$$H_{L(Mayor)} = f \frac{l \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$H_{L(Mayor)} = 0,015 \frac{44,7 \cdot (0,542)^2}{0,3785 \cdot 2 \cdot 9,81}$$

$$H_{L(Mayor)} = 0,0297 \text{ m} = 29,7 \text{ mm}$$

Dimana :

$H_{L(Mayor)}$: Kerugian *head* karena gesekan (m)

d : Diameter pipa besar (m)

l : Panjang pipa pesat (m)

v : Kecepatan aliran fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi m/s^2

f : Koefisien gesekan

f : 0,015 diasumsikan berdasarkan kekasaran pipa pesat yang akan digunakan dalam perencanaan. [Mafrudin 2016]

Minor Losses

Merupakan kerugian *head* yang diakibatkan oleh belokan pipa, pengecilan pipa dan adanya nosel. Dengan adanya belokan, pengecilan dan nosel maka akan berpengaruh terhadap daya air yang digunakan. Untuk mengetahui besarnya kerugian minor losses dapat digunakan persamaan berikut [Munson et al. 2013].

$$H_{L(Minor)} = k \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{L(Minor)} = 0,087 \frac{(0,542)^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_{L(Minor)} = 0,00129 \text{ m} = 1,29 \text{ mm}$$

Dimana :

$H_{L(Minor)}$: Kerugian *head* (m)

v : Kecepatan aliran fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi m/s^2

k : 0,087 diasumsikan sebagai koefisien kecepatan

Head Efektif

Merupakan head bersih, dimana faktor gesekan dan belokan pada pipa atau nosel sudah dipertimbangkan dengan perhitungan. Dengan persamaan berikut besarnya head efektif dapat diketahui [Abdul Nasir, 2014].

$$H_e = H - H_{L(Mayor)} - H_{L(Minor)}$$

$$H_e = 22 \text{ m} - 0,0297 \text{ m} - 0,00129 \text{ m}$$

$$H_e = 21,96 \text{ m} = 21960 \text{ mm}$$

Dimana :

H_e : Head efektif (m)

H : Head (m)

$H_{L(Mayor)}$: kerugian *head* karena gesekan(m)

$H_{L(Minor)}$: Kerugian *head* (m)

Berdasarkan perhitungan kerugian-kerugian yang terjadi, maka dapat ditentukan besarnya daya air yang digunakan dalam PLTMH. Adapun perhitungan besarnya daya air yang digunakan yaitu dengan persamaan berikut [Mockmore, and Merryfield,1949].

$$P_{\text{Daya Air}} = \rho \cdot g \cdot H_e \cdot Q$$

$$P_{\text{Daya Air}} = 995,7 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 21,96 \text{ m} \cdot 0,0610 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{\text{Daya Air}} = 13084,5 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{Daya Air}} = 13,0845 \text{ kW}$$

Dimana:

$P_{\text{Daya Air}}$: Daya air (W)

ρ : Masa jenis air (kg/m^3)

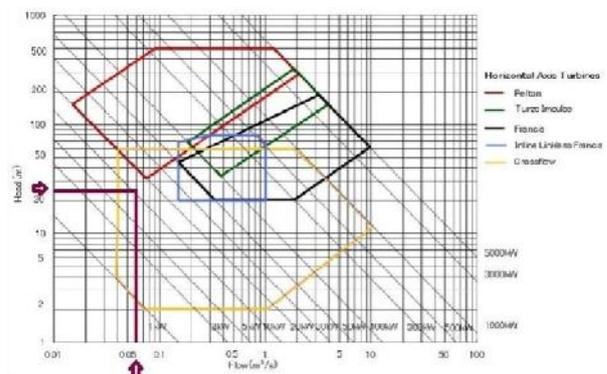
g : Gaya gravitasi (m/m^2)

H_e : Head efektif

Q : Debit air (m^3/s)

Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain dengan spesifikasi pada tahap awal pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan dengan memperhitungkan parameter- parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin.



Garis singgung berwarna merah tua pada grafik yang ditunjukkan dengan kedua anak panah merupakan pertemuan antara data debit air dan beda ketinggian/head efektif sungai kalimaja. Pada pertemuan dua garis singgung tersebut dapat dilihat bahwa daerah kerja yang dilewati oleh garis tersebut merupakan daerah kerja turbin cross-flow. Sedangkan untuk turbin-turbin jenis lain seperti turbin pelton maupun turbin

francis tidak dilewati garis singgung data debit dan head tersebut.

Turbin tidak hanya memiliki daerah kerja, turbin juga memiliki cara kerja yang berbeda.

No	Turbin Berdasarkan Cara Kerjanya	Jenis Turbin		
1	Impluse	Pelton/ Turgo	Cross- Flow	Cross- Flow
2	Reaksi		Francis	Propeller Kaplan

1. (Impluse) Turbin pelton, *Cross-Flow*, *Turgo* bekerja dengan cara mengubah seluruh energi air menjadi energi kinetik yang akan memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir.
2. (Reaksi) Turbin *Francis, Propeller, Kaplan*, bekerja dengan cara mengubah energi air secara langsung menjadi energi puntir.

No	Turbin	Debit	Head	Cara kerja
1	Pelton/turgo	sedang	<200 m	Impluse
2	Cross-flow	rendah	10-200 m	Impluse
2	Francis	rendah	10-200 m	Reaksi
3	Kaplan/Propeller	Tinggi	>40	Reaksi
Data Sungai Kalimaja		61 l/detik (rendah)	21,96 m	Impluse

Analisis Perbandingan Penggunaan Turbin

Berdasarkan analisis diatas, yang memiliki kecocokan data sesuai dengan daerah kerjanya maka yang paling mendekati data ketinggian, debit dan cara kerja aliran adalah turbin dengan jenis cross-flow.

Berdasarkan parameter-parameter yang dilakukan, untuk menentukan jenis turbin yang akan digunakan dalam penelitian ini yang mengacu pada tinggi jatuh, debit minimum dan cara kerja, maka jenis turbin yang dipilih merujuk pada cara kerja turbin secara impluse dengan ketinggian 10-200 meter.

Alasan Mendasar Pemilihan Turbin Jenis Cross-Flow Dalam Penelitian

1. Berdasarkan data yang diperoleh dengan ketinggian 21,96 m dan menggunakan pipa sebagai penghantar energi air keseluruhan untuk menggerakkan sudu dengan debit sebesar 61 liter/detik, maka dipilihlah turbin jenis *Cross-Flow* sebagai media gerak. Hal ini dikarenakan data yang ada dilapangan berada didaerah kerja turbin *cross-flow* pada grafik diatas.

2. Turbin cross-flow merupakan turbin yang paling sederhana dan mudah dibuat secara manual. Pembuatan turbin cross-flow ini bisa dibuat dibengkel-bengkel kecil yang umum ada dipedesaan. Berbeda halnya dengan turbin jenis pelton, propeller, kaplan, maupun francis yang pembuatannya memerlukan tenaga khusus karena pengerjaannya harus dengan cara dituang, sehingga untuk penggunaan dipedesaan memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Efisiensi Turbin

Turbin cross-flow merupakan turbin yang memiliki efisiensi yang tidak kalah dengan jenis turbin lainnya. Meskipun sederhana, namun efisiensi dapat bertahan dikisaran 0,80 % - 0,82 %. Hal ini sesuai dengan pernyataan peneliti asal Jerman sebagai berikut. Haimerl. L.A. 1960 menyatakan Hasil pengujian laboratorium, yang dilakukan oleh pabrik turbin *Ossberger Jerman Barat* yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70% sedangkan efisiensi jenis turbin *Cross-flow* mencapai 82 % Turbin aliran ini (cross-flow) baik sekali digunakan untuk pusat tenaga air yang kecil dan daya kurang lebih 750 kW. Tinggi air jatuh yang bisa digunakan diatas 1 meter sampai 200 meter dengan kapasitas air 0.002/s sampai dengan 7 /s efisiensi kurang lebih 80 % dengan kecepatan putarnya 60 sampai 200 tergantung diameter roda putar.[Fritz Dietzel tahun 1980] Berdasarkan penelitian terdahulu, nilai efisiensi dari turbin cross-flow adalah 80% - 82 %. Namun dalam penelitian ini diasumsikan nilai efisiensi dari turbin *Cross-flow* yang akan dibuat sebesar 60%, hal ini dilakukan untuk mengantisipasi segala kemungkinan yang akan terjadi pada saat di lapangan.

Perencanaan Runner Turbin Cross-Flow Berdasarkan

nilai debit air dan tinggi jatuh efektif sungai kalimaja, maka penggunaan turbin yang sesuai adalah jenis turbin *cross-flow*. Perencanaan atau perhitungan parameter runner turbin cross-flow menggunakan persamaan-persamaan berikut [Mockmore, and Merryfield, 1949, Rajab Yassen, 2014].

a. Diameter Luar Runner

Untuk lebar runner diasumsikan sesuai dengan lebar nosel, dimana lebar nosel yang dibuat sebesar 0,17 m, maka diameter yang dapat dibentuk adalah :

$$D_1 = \frac{2,63 Q}{L \sqrt{H_e}}$$

$$D_1 = \frac{2,63 \times 0,0610 \text{ m}^3/\text{s}}{0,17 \text{ m} \sqrt{21,96 \text{ m}}}$$

$$D_1 = 0,230 \text{ m} = 230 \text{ mm}$$

Dimana :

- D_1 : Diameter runner (m^2)
- Q : Debit air (m^3/s)
- H_e : Head efektif
- l : Lebar Nosel

b. Diameter Dalam *Runner*

$$D_2 = \frac{2}{3} D_1$$

$$D_2 = \frac{2}{3} 0,230 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,153 \text{ m} = 153 \text{ mm}$$

Dimana :

D_1 : Diameter dalam

D_2 : diameter dalam

c. Kecepatan *Runner* Turbin

$$n = \frac{41,47 \sqrt{H_e \cdot \cos \alpha_1}}{D_1}$$

Dimana :

n : Putaran turbin (rpm)

H_e : *Head* efektif (m)

D_1 : Diameter luar *runner* (m)

Diasumsikan sudut Nesel *runner* dalam perencanaan ini adalah 30°. Berikut ini adalah kecepatan putaran *runner* berdasarkan pada sudut nosel.

❖ Sudut Nosel 15°

$$n = \frac{41,47 \sqrt{H_e \cos 15^\circ}}{D_1}$$

$$n = \frac{41,47 \sqrt{21,96 \text{ m} \cos 0,965}}{0,230 \text{ m}}$$

$$n = 840,37 \text{ rpm}$$

❖ Sudut Nosel 30°

$$n = \frac{41,47 \sqrt{H_e \cos 30^\circ}}{D_1}$$

$$n = \frac{41,47 \sqrt{21,96 \text{ m} \cos 0,866}}{0,230 \text{ m}}$$

$$n = 753,26 \text{ rpm}$$

❖ Sudut Nosel 45°

$$n = \frac{41,47 \sqrt{H_e \cos 45^\circ}}{D_1}$$

$$n = \frac{41,47 \sqrt{21,96 \text{ m} \cos 0,707}}{0,230 \text{ m}}$$

$$n = 596,38 \text{ rpm}$$

d. Kecepatan Spesifik

$$N_s = \frac{n \cdot P^{\frac{1}{2}}}{H_e^{\frac{5}{4}}}$$

$$N_s = \frac{753,26 \cdot 14,7147985^{\frac{1}{2}}}{21,96^{\frac{5}{4}}}$$

$$N_s = 64,584 \text{ rpm}$$

Dimana :

N_s : Kecepatan Spesifik (rpm)

n : Kecepatan putaran turbin (rpm)

P : daya *output* turbin (kW)

H_e : *Head* efektif (m)

Q : Debit (m^3/s)

e. Jarak Antara Sudu dan Ketebalan sudu

$$t_1 = 0,175 D_1 \text{ (Jarak Antara Sudu)}$$

$$t_1 = 0,175 \times 0,230 \text{ m}$$

$$t_1 = 0,040 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

Dimana :

t_1 : Jarak antara sudu (m)

D_1 : Diameter luar *runner* turbin (m)

f. Jari-jari Kelengkungan Sudu

$$r_c = 0,163 D_1$$

$$r_c = 0,163 \times 0,230 \text{ m}$$

$$r_c = 0,03749 \text{ m} = 37,4 \text{ mm}$$

Dimana :

r_b : Jari-jari kelengkungan sudu/*blade* (m)

D_1 : Diameter luar *runner* turbin (m)

g. Jumlah Sudu

$$N = \frac{\pi \cdot D_1}{t_1}$$

$$N = \frac{3,14 \times 0,230}{0,040}$$

$$N = 18,055 \text{ atau } 18 \text{ buah}$$

Dimana :

N : jumlah sudu

D_1 : Diameter luar *runner* (m)

h. Ketebalan Semburan Nozel

$$s_1 = 0,23 \frac{Q}{L \sqrt{H_e}}$$

$$s_1 = 0,23 \frac{0,0610 \text{ m}^3/\text{s}}{0,17 \text{ m} \sqrt{21,96 \text{ m}}}$$

$$s_1 = 0,02107 \text{ m} = 21 \text{ mm}$$

Dimana :

s_1 : Ketebalan semburan nosel (m)

L : Lebar sudu (*runner*) turbin (m)

Q : Debit (m^3/s)

h_e : *Head* efektif (m)

Dari hasil perhitungan perencanaan turbin secara teoritis diperoleh parameter dimensi turbin sebagai berikut :

No	Parameter	simbol	Nilai	Satuan
1	Debit Air	Q	0,610	/s
2	Head Efektif		21960	Mm
3	Diameter Pipa Pesat	D	378,5	Mm
4	Panjang Pipa Pesat	l	44700	mm
5	Lebar Runner	L	170	Mm
6	Diameter Luar Turbin		230	Mm
7	Diameter Dalam Turbin		153	Mm
8	Kecepatan Runner Turbin	n	753,26	Rpm
9	Jarak Antara Sudu		40	Mm
10	Ketebalan Sudu	s	20	Mm
11	Jari-jari kelengkungan sudu		37,49	Mm
12	Jumlah Sudu	N	18,055	Buah
13	Ketebalan Semburan Nozel		21,7	Mm
14	Sudut Nosel		30	°
15	Kecepatan Spesifik		64,584	Rpm

Sumber : Hasil Perhitungan

Daya Output Generator

Secara teoritis daya yang dapat dibangkitkan dapat dihitung dengan persamaan :

Efisiensi keseluruhan PLTA menurut (Subroto, 2002) didapat dari :

$$= \eta_t \times \eta_g$$

Dimana :

η_t : Efisiensi Turbin

η_g : efisiensi Generator Jika diasumsikan :

Efisiensi Generator (0,8) untuk

mengantisipasi segala kemungkinan yang terjadi, efisiensi generator diasumsikan dibawah efisiensi pabrik yaitu sebesar 0,6.

Sedangkan untuk efisiensi turbin cross- flow jika mengacu pada turbin pabrikan yang dilakukan oleh himerl 1960 sebesar 0,82. Karena dalam penelitian ini akan dibuat secara mandiri, maka untuk mengantisipasi segala kemungkinan yang terjadi, diambil nilai efisiensi yang diasumsikan yaitu sebesar 0,3.

Maka daya listrik yang dibangkitkan adalah :

$$P = \eta_t \times \eta_g \times Q \times h \times \rho \times g$$

$$P = 995,7 \times 0,0610 \times 9,81 \times 21,96 \times 0,3 \times 0,6$$

$$P = 2355,22 \text{ Watt}$$

$$P = 2,35522 \text{ kW}$$

Berdasarkan perhitungan perencanaan PLTMH Kalimaja secara teoritis dengan debit 0,0610 /s dan tinggi jatuh efektif sebesar 21,96 m diperoleh daya listrik sebesar

Berdasarkan hasil pengukuran langsung pada sungai

Kalimaja diperoleh debit minimum 0,0610 /s, dengan ketinggian efektif sebesar 21,96 m. Dari debit dan head pada penelitian ini, maka daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH Kalimaja sebesar 2,35522 kW.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari pembahasan pada penelitian perencanaan perancangan maka dapat disimpulkan:

Berdasarkan hasil pengukuran langsung pada sungai Kalimaja diperoleh debit minimum 0,0610 /s, dengan ketinggian efektif sebesar 21,96 m. Dari debit dan head pada penelitian ini, maka daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH Kalimaja sebesar 2,35522 kW.

1. Pemilihan jenis turbin yang digunakan dipengaruhi oleh debit dan tinggi jatuh air. Berdasarkan pengambilan data pada lapangan dan berdasarkan perhitungan maka didapat debit minimum sebesar 0,0610 /s, dan head efektif 21.96 meter serta kecepatan spesifik 65,95 rpm, maka turbin yang digunakan dalam penelitian perencanaan perancangan ini adalah jenis turbin *Cross-Flow*.
2. Dalam perencanaan perancangan PLTMH Kalimaja dimensi turbin dan desain runner yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - Diameter pipa pesat (D) : 0,3785 m
 - Panjang pipa pesat (l) : 44,7 m
 - Diameter luar runner () : 0,230 m
 - Diameter dalam runner (: 0,153 m
 - Diameter dalam runner (L) : 0,17 m
 - Jarak antar sudu (: 0,040 m
 - Jumlah sudu (N) : 18,055 Buah
 - Kelengkungan sudu (rc:) 0,0379 m

DAFTAR PUSTAKA

1. AlfaZuliari, Efrita., Khomsyah, Ali. 2014. *Perencanaan Turbin Cross-Flow Sudu Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro Kapasitas 200 Watt*. Jurnal Teknik. ISSN 978-602- 98569-1-0.
2. Dietzel, F., dan Sriyanto, D. 1993. *Turbin Pompa Dan Kompresor*. Erlangga. Jakarta
3. Diktoria Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. *Modul Pelatihan Studi Kelayakan Pembanguna Pembangunan Mikrohidro*. IMIDAP-M-012- 2012 Jakarta
4. Dwiyanto, Very. 2016. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus Sungai Air Anah (Hulu Sungai Way Besai)*. Skripsi. Universitas Lampung.
5. Kadir, Ramli. 2010. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Sungai Maripa Kecamatan Pinembani*. Tugas Akhir. Universitas Tadulako.
6. Mafrudin. 2006. *Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow Sebagai PLTMH di Desa Bumi Nabung Timur*. Tesis. Universitas Lampung.
7. Mafrudin., Irawan, Dwi., 2016. *Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik*

- Di Desa Bumi Nabung Timur.*Jurnal Teknik Mesin.ISSN 2301-6663.
8. Nugroho,Hunggul Y.S.H., Sallata, M.Kudng. 2015.*PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*.Ed.1.Yogyakarta.
 9. Prastilastiarso,Joke.,Hamka,Mohamad.2016.*Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Cross-Flow Berkapasitas 1 kW Untuk Daerah Terpencil Dengan Sumber Air Terbatas*.Jurnal Teknik. ISSN 16934393.
 10. Safril.2010.*Perencanaan Runner Dan Poros Turbin Cross Flow Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*.Jurnal Teknik Mesin.ISSN 1829-8958.
 11. Sularso.1997.*Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*.PT Pradya Pratama.Jakarta
 12. Susanto, Anjar.,2003.*Pengembangan Turbin Air Type Cross-Flow Diameter Runner 400 M*.Jurnal Teknik.Pusat Penelitian Informatika (LIPI)
 13. Utama S, Wirmansyah.,2009.*Perencanaan Turbin Air Aliran Silang (Cross-Flow) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikro*.Tugas Akhir Teknik Mesin.Universitas Mercu Buanan.
 14. Yanziwar.2007.*Perencanaan Turbin Cross- Flow*.Jurnal Teknik Mesin.ISSN 1829- 8958

PEDOMAN PENULISAN JURNAL TEKNIK MESIN UBL

1. Artikel berupa hasil penelitian atau kajian yang belum pernah di publikasikan.
2. Artikel di ketik pada kertas ukuran A4 dengan satu spasi , jenis huruf Times New Roman 10, artikel di ketik dalam pengolah kata Ms Word dalam bentuk siap cetak
3. Naskah dapat dikirim ke redaksi dengan alamat :

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Gedung E Lt. 1

Jalan ZA Pagar Alam No 26, Labuhan Ratu Bandar Lampung 35142

Telp./Faks. : 0721-701463 / 0721-701467

Email : teknikmesin@ubl.ac.id