

Teknologi/Energi

LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

Produksi Listrik Skala Rumah Tangga dengan Menggunakan Turbin Mini Head Rendah

Oleh :

1. Yolli Fernanda, S.T, M.T.
2. Drs. Nasrul Rivai, M.A

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL	: 15 April 2014
SUMBER/HARGA	: Hd
KOLEKSI	: K1
NO. INVENTARIS	: 707/Hd/2014 - p.1 (1)
INSTRUMEN	: 621.402 Fer p.1

Dibiayai oleh DIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2012

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

FEBRUARI 2013

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Produksi Listrik Skala Rumah Tangga dengan Menggunakan Turbin Mini Head Rendah

2. Ketua Peneliti :

- a. Nama Lengkap : Yolli Fernanda, S.T., M.T.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 197607062003121001
- d. Jabatan Struktural : -
- e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- f. Jabatan Struktural : -
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Mesin
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
- i. Tim Peneliti

No.	Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Yolli Fernanda, S.T, M.T	Konversi Energi	Teknik/Mesin	Universitas Negeri Padang
2.	Drs. Nasrul Rivai, M.A	Metrologi dan Perancangan	Teknik/Mesin	Universitas Negeri Padang

3. Jangka Waktu Penelitian : 2 tahun

4. Pembiayaan :

- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 2 tahun
- b. Biaya total yang diusulkan : Rp 96.500.000,-
- c. Biaya yang disetujui tahun pertama : Rp 47.000.000,-

Padang, 20 Februari 2013

Ketua Peneliti

Yolli Fernanda, S.T., M.T
NIP.: 197607062003121001



Drs. H. Ganefri, Ph.D
NIP. 19631217 198903 1 003

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian UNP

Dr. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP.: 196107221986021002

RINGKASAN

Kemandirian dalam memproduksi energi merupakan salah satu usaha untuk mengatasi masalah energi dan masalah terkait dengan sumber energi. Di beberapa negara kecil di sekitar kita, pembangkitan energi listrik dalam skala rumah tangga dengan menggunakan turbin mini head rendah merupakan salah satu usaha kemandirian tersebut. Dalam tahap pertama penelitian ini telah didapatkan disain turbin mini dalam skala produksi rumah tangga. Kinerja turbin belum didapatkan, yang akan didapatkan dalam tahap kedua penelitian.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah yang telah memudahkan peneliti dalam menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Produksi Listrik Skala Rumah Tangga dengan Menggunakan Turbin Mini Head Rendah”.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan disain turbin mini skala rumah tangga dengan sumber dana yang berasal dari dana DIPA Universitas Negeri Padang tahun anggaran 2012.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat terutama bagi tim peneliti dan pihak lain yang membutuhkan.

Padang, Februari 2013

Tim Peneliti .

DAFTAR ISI

A. LAPORAN PENELITIAN

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	12
BAB IV METODE PENELITIAN	13
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	16
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	24

BAB I PENDAHULUAN

Indonesia dikarunia kekayaan alam yang sangat melimpah. Sebagian dari kekayaan alam itu merupakan sumber energi yang sangat beragam. Saat ini Indonesia masih teritung sebagai pengeskor bahan bakar baik minyak, gas dan batu bara. Tapi kebijakan ekspor ini tidak selalu menguntungkan kita. Kita lihat negara kita bukanlah teritung sebagai negara kaya dalam segi ekonomi malah Indonesia merupakan negara pengutang yang sangat besar saat ini. Kondisi lain yang berbeda dengan kekayaan sumber energi tersebut adalah Indonesia negara pengimpor Energi dalam bentuk bahan bakar baik minyak, batubara atau gas. Dampaknya bisa kita lihat sekarang ini, suplai energi di negara kita sangat terbatas dan tidak stabil. Sering kita temui PLN sebagai pensuplai energi listrik kesulitan memenuhi kebutuhan energi masyarakat. Begitu juga dengan Pertamina juga sering kesulitan dalam memenuhi kebutuhan BBM. Bahkan pada saat ini masih banyak banyak masyarakat yang belumbisa menikmati energi listrik.

Kondisi di atas sebenarnya tidak perlu terjadi jika ada kebijakan yang sesuai di negara kita ini. Selama ini kita terfokus bahwa negaralah yang wajib menyediakan suplai energi sebagai hal yang berhubungan dengan hajat orang banyak sehingga masyarakat jadi manja dan juga tidak peduli dengan sumber energi yang semakin menipis. Kepedulian ini mempengaruhi kesadaran dan peranan masyarakat dalam hal ketersediaan energi tersebut. Salah satu pemecahan masalah dalam hal ini adalah produksi energi secara mandiri oleh masyarakat.

Memproduksi energi secara mandiri bukanlah hal yang sulit. Pengetahuan dan teknologi tentang hal ini sebenarnya bukan hal yang baru bagi kita misalnya pemanfaatan sisa/kotoran ternak untuk menghasilkan biogas, gasifikasi limbah pertanian dan pembangkitan listrik tenaga air. Tetapi walaupun teknologinya mudah, tingkat pemanfaatan sumber daya tersebut masih sangat rendah di negara kita ini.

Pemanfaatan tenaga air memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan sumber lainnya, sumber air cenderung tersebar rata di seluruh Indonesia dan tersedia disepanjang tahun. Teknologi dalam pemanfaatan sumber air juga sebenarnya mudah dan biayanya relatif murah tergantung dari kapasitasnya. Salah satu teknologi yang mudah diterapkan adalah *small very low head water turbine* atau turbin mini dengan head rendah. Teknologi ini adalah

pemanfaatan air dari head yang rendah dan debit yang kecil yang dalam aplikasinya menghasilkan daya tidak lebih dari 5 kW yang termasuk dalam klasifikasi sebagai turbin pikohidro atau bisa disebut sebagai turbin mini saja. Turbin yang ada di negara Laos dan Vietnam sebagian telah diproduksi sendiri dan sebagian masih di impor dari negara Cina.

Turbin dengan head dan debit yang rendah juga sudah pernah diteliti di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNP (Gus Gianto, 2011). Turbin yang digunakan adalah tipe *pump as turbine*. Turbin ini adalah modifikasi dari pompa yang dibalik kerjanya menjadi turbin. Dalam penelitian ini diperoleh efisiensi yang masih rendah.

Kebanyakan jenis turbin yang digunakan Laos dan Vietnam (Sopha Soulineyadeth, 2009) adalah penyederhanaan dari turbin Kaplan dengan sudu tetap (propeller). Perbedaan turbin mini ini dengan turbin Kaplan selain dari segi ukuran adalah penyederhaan dari segi komponennya dan kontrol yang digunakan hanya bersifat elektrik. Penyederhaan komponen antara lain bentuk rumah-rumah atau casing yang sederhana atau dihilangkan sama sekali dan tidak ada alat kontrol aliran. Bentuk rumah-rumah turbin Kaplan yang berbentuk keong (*volute case* atau *scroll case*) diganti dengan saluran masuk terbuka yang masing-masing berbentuk potongan keong dalam dua dimensi. Sudu-sudu pengarah yang terdapat di dalam rumah hanya terdiri dari sudu pengarah tetap yang tidak dapat mengontrol aliran. Dalam model lainnya yang lebih sederhana adalah penggantian rumah-rumah yang berbentuk keong dengan sejenis tabung *barrel type small turbine* yang konstruksinya mirip dengan open flume turbine (<http://www.hydro-turbines.com>).

Tingkat kinerja kedua model turbin belum banyak dipublikasikan secara ilmiah hingga saat ini, namun telah diproduksi banyak karena pada prinsipnya sumberdaya ini masih dapat diperoleh secara bebas dan melimpah hingga saat ini. Karena ukuran turbin ini kecil dan memiliki komponen yang tidak serumit turbin besar, alangkah baiknya untuk disain model yang dapat dibuat secara skala rumah tangga atau dibuat sendiri oleh setiap orang yang berminat untuk memakainya. Disain yang lebih sederhana perlu dikembangkan sehingga kemandirian energi yang lebih dapat diwujudkan terutama di negara kita.

BAB II STUDI PUSTAKA

A. Definisi dan Klasifikasi Turbin Air

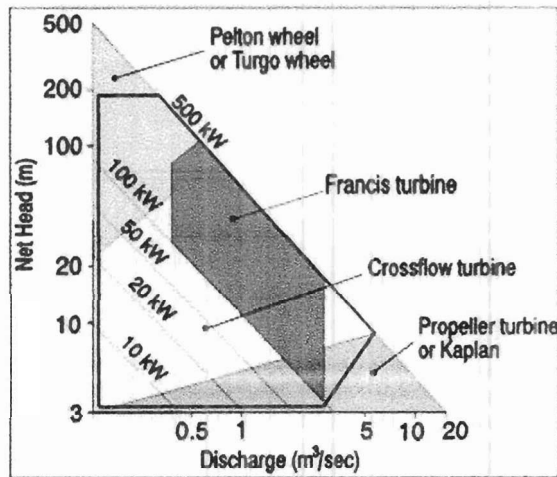
Turbin air adalah mesin fluida yang digunakan untuk menghasilkan gerak poros dari energi yang tersimpan di air, gerak poros ini sebagian besar dirubah menjadi energi listrik. Secara sederhana turbin air dapat dibedakan menurut ukuran ketinggian sumber air dan debit air yang digunakan. Berdasarkan ketinggian sumber air terhadap posisi turbin atau head turbin, turbin dapat dikelompokkan atas turbin dengan head tinggi, head menengah dan tinggi. Berdasarkan debit yang digunakan, turbin dapat diklasifikasikan atas turbin dengan debit tinggi, sedang dan rendah. Kecenderungan dalam disain turbin untuk mendapatkan daya yang diinginkan, head dan debit ini menjadi kriteria yang saling berlawanan, misalnya turbin dengan head tinggi biasanya memiliki debit yang rendah atau sebaliknya.

Dalam perkembangannya turbin lebih banyak dibedakan menurut namanya. Turbin air yang paling dikenal antara lain turbin francis, turbin pelton, turbin kaplan, turbin axial, dan turbin banki atau crossflow. Komponen utama dan karakteristik masing-masing turbin secara garis besar sangat berbeda berbeda. Menurut head yang tersedia, pemilihan turbin dapat berpedoman pada tabel 1. Gambar 2. memperlihatkan hubungan debit dan head terhadap daya turbin dan pemilihan jenis turbin.

Turbine Runner	Head Range (m)
Pelton	400-2000
Francis	50-500
Mixed-flow	20-80
Kaplan (vertical)	8-50
Bulb pit or tube (horizontal)	0-10
Michel-Banki	1.50-150

Tabel 1. Pemilihan turbin menurut head air yang tersedia

(sumber : A Guide to UK Mini-Hydro Developments, 2005)

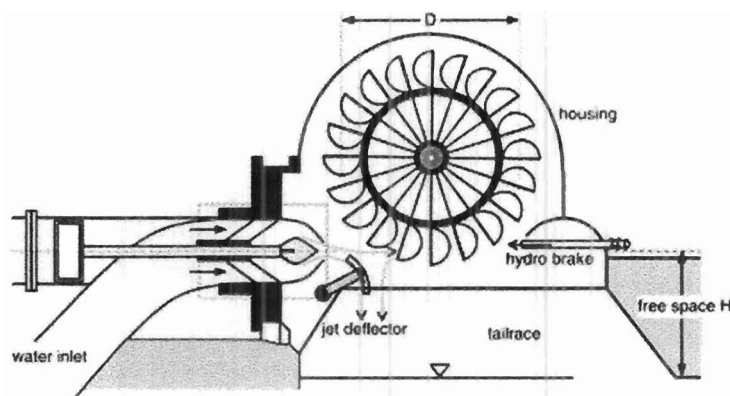


Gambar1. Hubungan antara head dan debit terhadap daya dan jenis turbin (sumber : A Guide to UK Mini-Hydro Developments, 2005)

Beberapa jenis turbin yang disebutkan di atas akan diuraikan sebagai berikut :

1. Turbin pelton

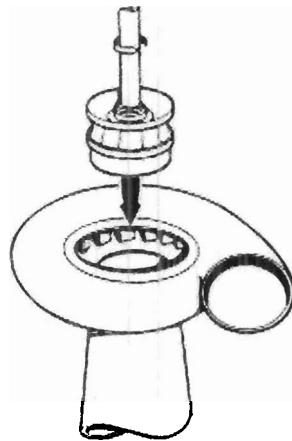
Turbin crossflow umumnya bekerja dalam head yang tinggi dengan debit yang tidak tinggi. Komponen utama turbin adalah jet nozel dan runner yang dipasang bucket/mangkok berbentuk seperti belahan buah kenari. Jet nozel berfungsi merubah energi menjadi energi kinetik/kecepatan untuk memnhasilkan momentum yang tinggi ketika menumbuk bucket yang terpasang disekeliling runner yang berbentuk roda. Perubahan energi air menjadi momentum ini menjadikan turbin pelton dimasukkan kedalam kelompok turbin impuls.



Gambar 2. Turbin Pelton (sumber : Integration of alternative sources of energy, 2006)

2. Turbin Francis

Turbin Francis bekerja pada head menengah dan debit menengah. Komponen utama turbin adalah runner yang memiliki sudu/vane dengan bentuk tertentu, rumah-rumah turbin yang berbentuk keong(scroll case/volute case) dan sudu-sudu pengarah. Sudu pengarah berfungsi mengarahkan air dalam sudut tertentu terhadap runner setelah masuk dalam arah radial ketika melewati casing turbin. Air keluar dari runner setelah bergerak relatif terhadap sudu-sudu turbin dalam arah axial.



Gambar 3. Turbin Francis

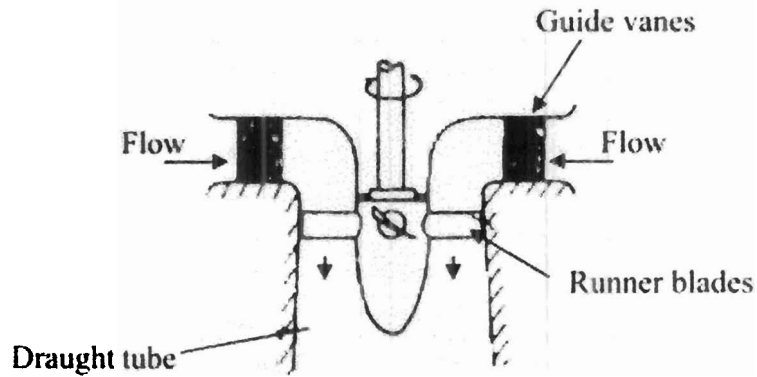
(sumber : A Guide to UK Mini-Hydro Developments, 2005)

3. Turbin Kaplan

Secara garis besar hampir mirip dengan turbin Francis tetapi memiliki runner yang berbentuk propeller dengan sudu yang bisa diroboh bentuk kemiringannya. Turbin ini dapat dipakai dengan head yang rendah dari turbin Francis tetapi dengan debit yang lebih besar untuk kapasitas sama.

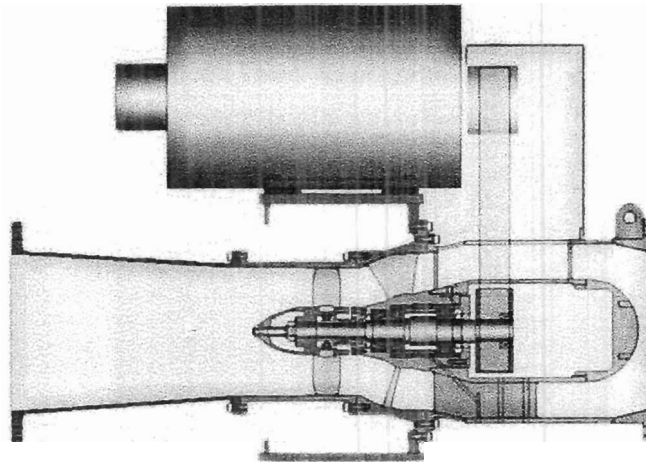
4. Turbin axial

Turbin axial bisa juga disebut turbin propeller. *Casing* turbin hanya mirip saluran yang mengalirkan air searah dengan sumbu putar turbin. Runner turbin berbentuk propeller/baling-baling. Turbin digunakan pada umumnya pada head yang rendah.



Gambar 4. Turbin Kaplan

(sumber : Design of the runner of a Kaplan turbine for small hydroelectric power plants, 2007)

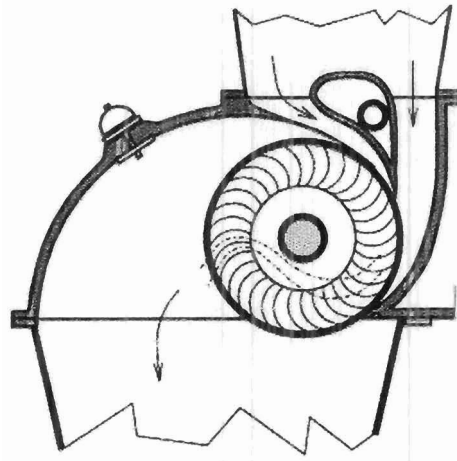


Gambar 5. Turbin Axial

(sumber : Hydro-ekids)

5. Turbin crossflow

Turbin cross flow adalah model turbin yang paling sederhana dan fleksibel penggunaannya, dapat digunakan pada head rendah atau tinggi dengan debit yang variatif juga. Komponen utama turbin adalah runner yang berbentuk seperti kincir dan rumah-rumah yang dilengkapi pengarah dan pengatur aliran air masuk.

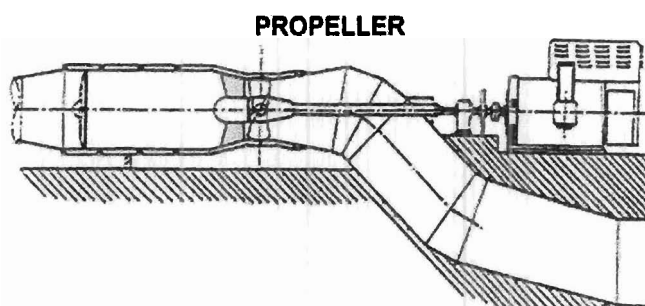


Gambar 5. Turbin Cross Flow
(sumber : *Integration of Alternative sources Of energy*, 2006)

6. *Very Low Head Turbine(VLHT)*

Very low head turbine adalah turbin yang bekerja pada head yang rendah sekali, head dibawah kebanyakan turbin yang telah disebutkan sebelumnya. Sebenarnya turbin ini adalah aplikasi sebagian turbin yang disebutkan di atas pada head yang rendah. Jenis turbin yang sering dipakai adalah turbin Kaplan dan axial/propeller.

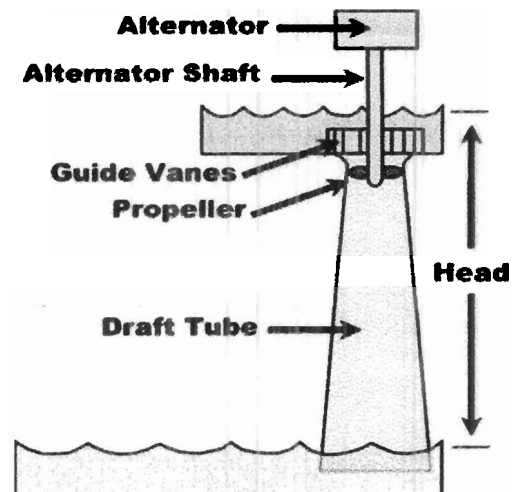
Untuk pemakaian dalam pembangkitan daya yang kecil, turbin perlu disederhanakan sehingga biaya pembuatan dan instalasinya tidak lebih mahal per kwhnya jika dibandingkan dengan turbin dalam ukuran besar. Metoda yang paling banyak dalam penyederhanaan turbin adalah penyederhaan bentuk casing dan runner serta alat kontrolnya.



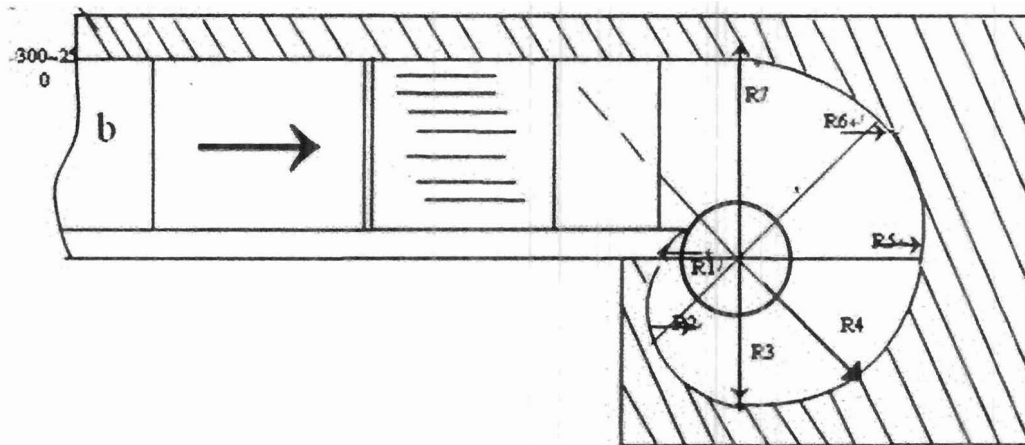
Gambar 7. Turbin Axial
(sumber : *A Guide to UK Mini-Hydro Developments*, 2005)

Penyederhanaan terbesar adalah dalam bentuk casing. Disain yang diterapkan di laos dan vietnam adalah bentuk rumah-rumah yang berbentuk potongan rumah keong terbuka.

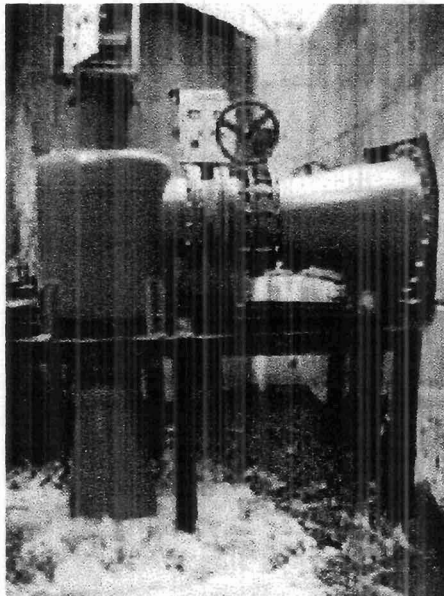
Rumah yang terbuka ini mirip dengan fungsi rumah keong yang mengarahkan air masuk merata dalam arah radial. Disain lain yang terdapat adalah penggantian rumah-rumah dengan tabung. Posisi turbin berada pada tengah sumbu tabung sehingga distribusi air masuk turbin cukup rata dengan air masuk dari sisi samping atas drum. Model dengan rumah berbentuk drum ini mirip dengan turbin open flume dimana turbin dipasang langsung dengan bendungan.



Gambar 8. VLHT model Laos
(ABS Alaskan Inc, 2000)

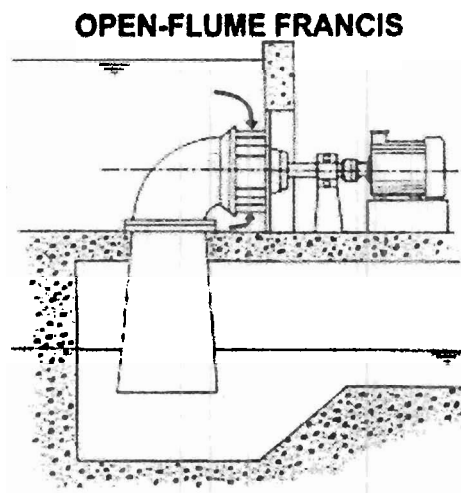


Gambar 9. Rumah-rumah turbin berbentuk belahan keong



Gambar 10. *Barrel case low head turbine*

(sumber : www.mycro-hydro.com)



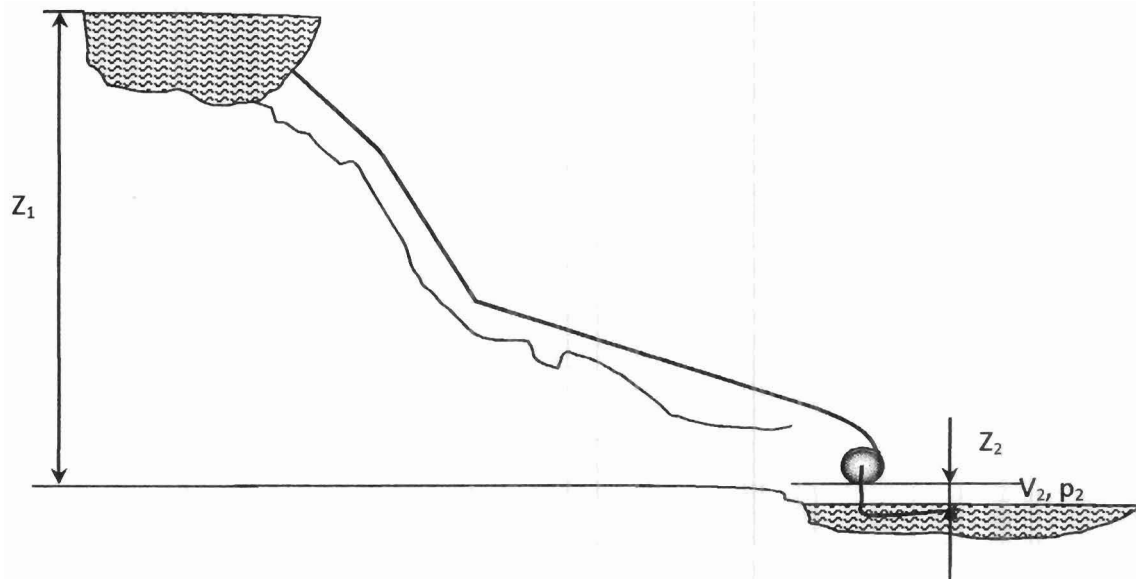
Gambar 11. *Open Flume Turbine*

(sumber : A Guide to UK Mini-Hydro Developments, 2005)

B. Daya dan efisiensi turbin

Persamaan teoritik dalam konversi tenaga air dapat dilihat dari persamaan dan skema berikut :

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_l + h_t \dots\dots\dots(1, \text{ arasu, 2001})$$



Dimana :

p_1 : tekanan pada permukaan sumber air

v_1 : kecepatan air pada permukaan sumber air

z_1 : ketinggian permukaan sumber air

p_2 : tekanan pada sisi keluaran turbin

v_2 : kecepatan air pada sisi keluaran turbin

z_2 : ketinggian sisi keluar turbin

h_f : kerugian aliran pipa

h_t : head turbin

Daya yang dihasilkan teoritik yang dihasilkan turbin dihitung dengan rumus :

$$P = \rho g h_t Q \dots\dots\dots(2., Arasu, 2001)$$

Dimana :

P : daya teoritik turbine

P : rapat massa air

g : percepatan gravitasi

Q : debit aliran air turbin

Daya aktual yang dihasilkan oleh poros turbin dihitung dengan cara menghitung kecepatan poros turbin (rpm) dan torsi yang dihasilkan oleh poros turbin, dihitung dengan persamaan :

$$P_{aktual} = \frac{2 \pi n}{60} T \dots\dots\dots(3., Arasu,2001)$$

P_{akt} : daya poros turbin

n : kecepatan putar poros turbin

T : torsi poros

Tingkat kinerja turbin diukur berdasarkan efisiensi yang dihasilkan turbin, yakni nilai perbandingan antara daya aktual yang dihasilkan terhadap daya teoritik, yang dirumuskan :

$$\eta = \frac{P_{aktual}}{P_{teoritik}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.)$$

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan disain dan mendapatkan model turbin mini yang memanfaatkan sumber air dengan head rendah dan debit rendah dengan daya yang dihasilkan minimal dapat dimanfaatkan oleh satu rumah tangga. Disain yang diinginkan adalah disain yang sederhana dan murah sehingga dapat dibuat langsung oleh sipemakai atau oleh bengkel atau workshop kecil disekitar lokasi turbin. Model yang akan direncanakan adalah turbin head rendah dengan model runner propeller bersudu tetap dengan rumah-rumah berbentuk tabung(drum) dengan daya sekitar 1-3kW.

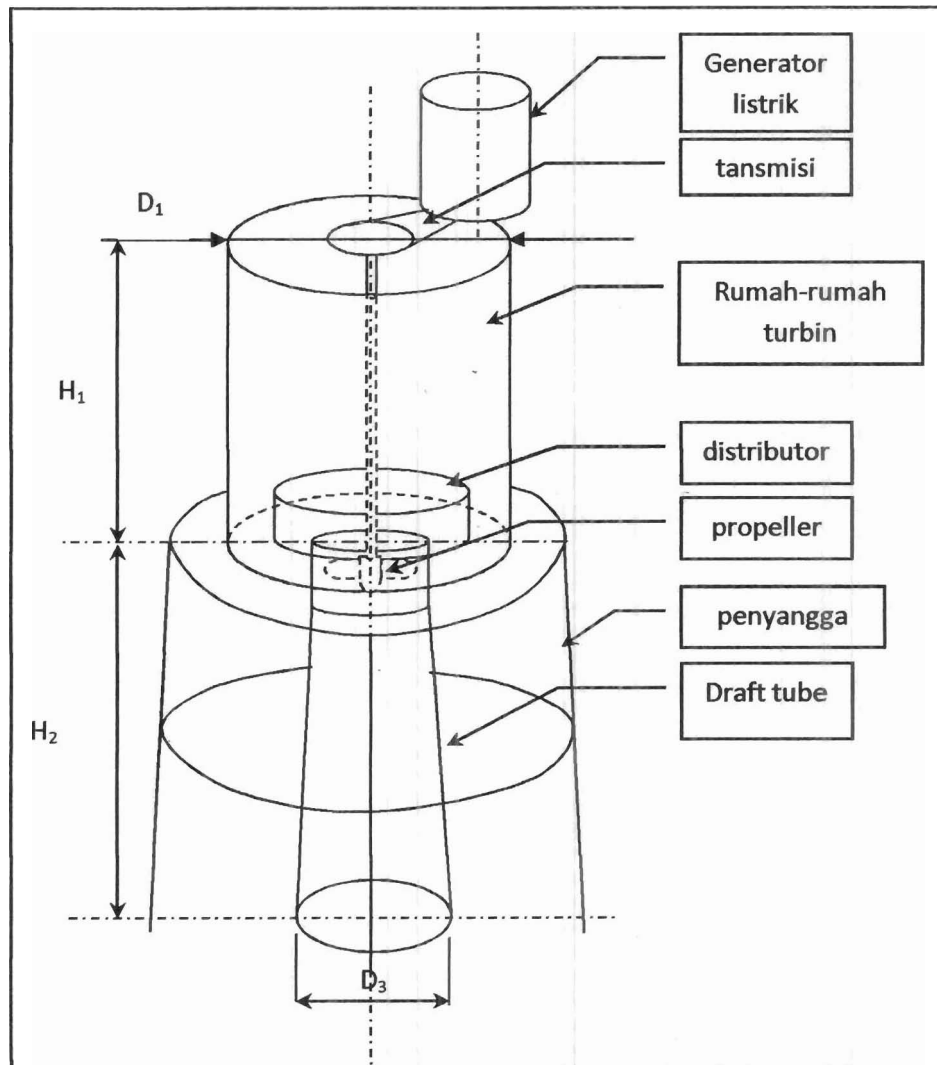
B. Manfaat Penelitian

Hasil langsung yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman bagi masyarakat dalam pemanfaatan tenaga air untuk menghasilkan listrik secara mandiri dalam ukuran rumah tangga. Dengan adanya pedoman ini diharapkan juga akan berkembang kesadaran masyarakat akan kelestarian alam karena pada dasarnya pemanfaatan sumberdaya air sangat berhubungan dengan kelestarian alam terutama lingkungan hidup. Hubungan pertama bahwa jika kita ingin memanfaatkan air, pasti kita harus menjaga sumber air dari mana air berasal. Air adalah sumber daya alam berarti kita harus menjaga alam. Hubungan tidak langsung adalah bahwa jika pemanfaat sumber daya alam air dimaksimalkan yang dalam pemanfaatannya boleh dibilang tidak merusak alam, maka pemanfaatan sumber daya alam lain yang justru dalam pemanfaatannya justru merusak alam akan berkurang. Hal yang terpenting lain dalam pemanfaatan sumberdaya alam seperti pemanfaatan sumber daya air untuk menghasilkan listrik adalah dalam prosesnya tidak menghasilkan polusi sama sekali. Dengan meningkatkan pemakaian turbin sebagai sumber energi berarti kita juga sudah menjaga kelestarian bumi.

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Disain Awal

Model turbin yang menjaga keluaran dari penelitian ini diperoleh dari gabungan disain turbin mini dengan head rendah jenis propeller dengan rumah-rumah berbentuk drum. Dengan bentuk drum ini head masuk bisa diatur sesuai dengan kapasitas drum.



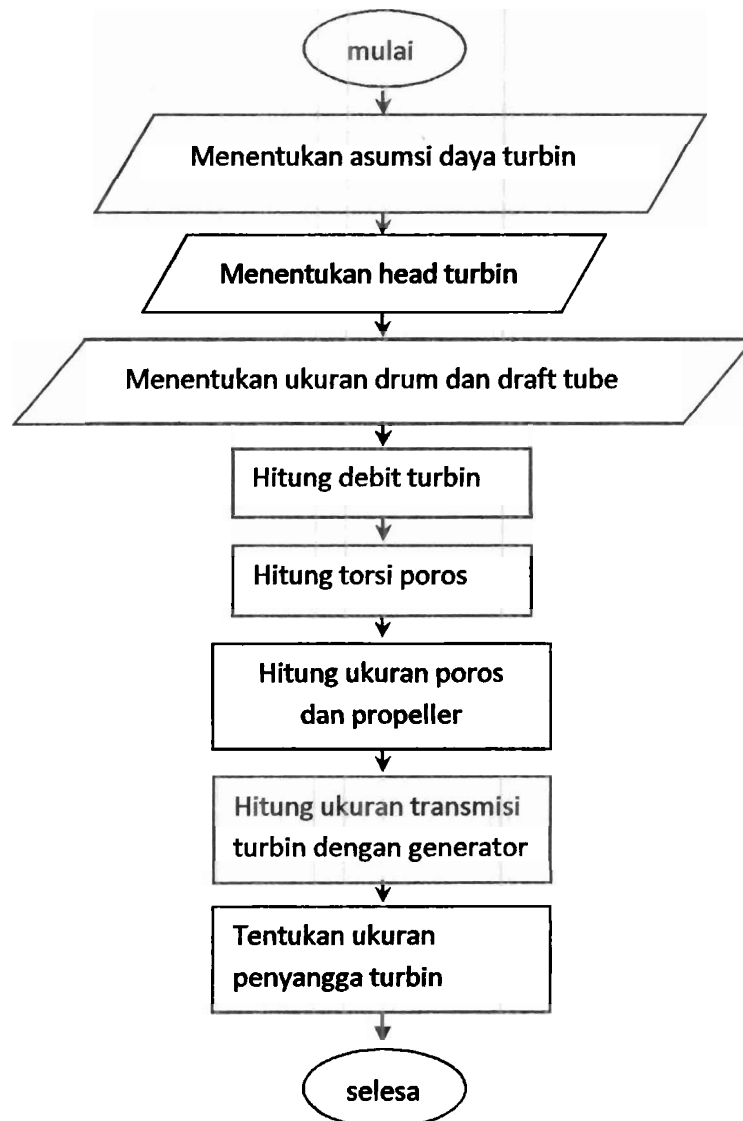
B. Variabel penelitian

Dalam penelitian ditentukan disain terbaik dari tinggi dan diameter drum, perbandingan tinggi air didalam drum terhadap panjang draft tube, disain sudu pengarah dan disain propeller

C. Tahapan penelitian

a. Pembuatan disain turbin

Disain turbin terbagi tiga bagian utama sesuai dengan komponen turbin yakni rumah-rumah turbin, propeller, sudu pengarah, poros dan transmisi turbin, draft tube dan penyangga turbin dan generator dengan langkah sebagai berikut :



b. Pembuatan turbin

Pembuatan turbin dilaksanakan setelah didapatkan disain turbin.

c. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menentukan kinerja terbaik turbin dengan melakukan perubahan-perubahan pada variabel diameter drum, tinggi drum, perbandingan tinggi air dalam drum dan panjang draft tube. Air untuk pengujian di suplai dengan menggunakan pompa yang kemudian di tampung di sebuah bak penampung setelah keluar dari turbin dan terus kemabli dialirkan ke dalam turbin.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari target daya turbin aktual adalah 1 kW dan efisiensi sekitar 60 %, maka diperoleh daya teoritik turbin :

$$P_{teoritik} = \frac{P_{aktual}}{\eta} \times 100 \%$$

$$P_{teoritik} = \frac{1000 \text{ watt}}{0,6} \times 100 \%$$

$$P_{teoritik} = 1666,7 \text{ kW}$$

Dengan daya teoritik di atas diperoleh debit kebutuhan air sebesar :

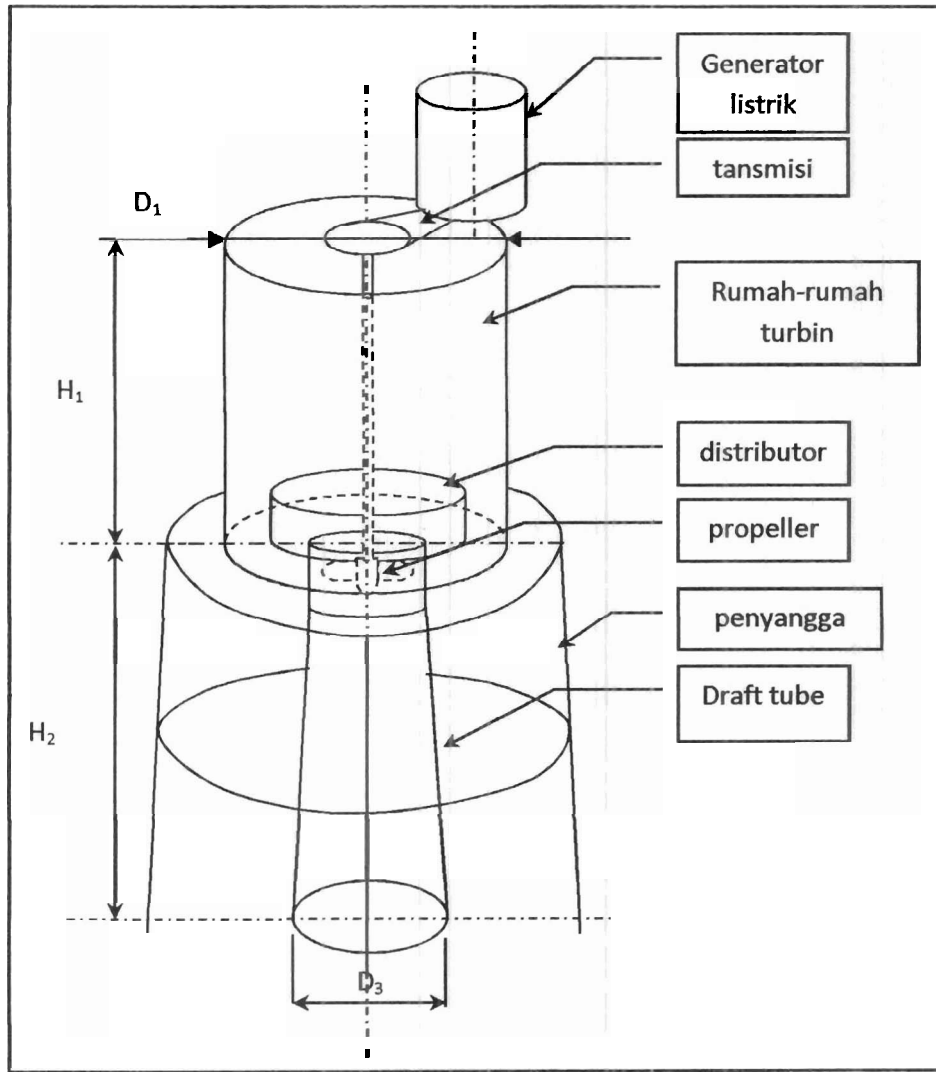
$$Q = \frac{P}{\rho g h_t}$$

$$Q = \frac{1666,7 \text{ kW}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}}$$

$$Q = 0,057 \text{ m}^3/\text{s}$$

Atau $Q = 3397 \text{ l/mnt}$

Rancangan turbin didasarkan atas ukuran ditetapkan beberapa variabel utama sebagai berikut :



$$D_1 = 54 \text{ cm}$$

$$D_2 = 21 \text{ cm}$$

$$D_3 = 33 \text{ cm}$$

$$D_1 = 54 \text{ cm}$$

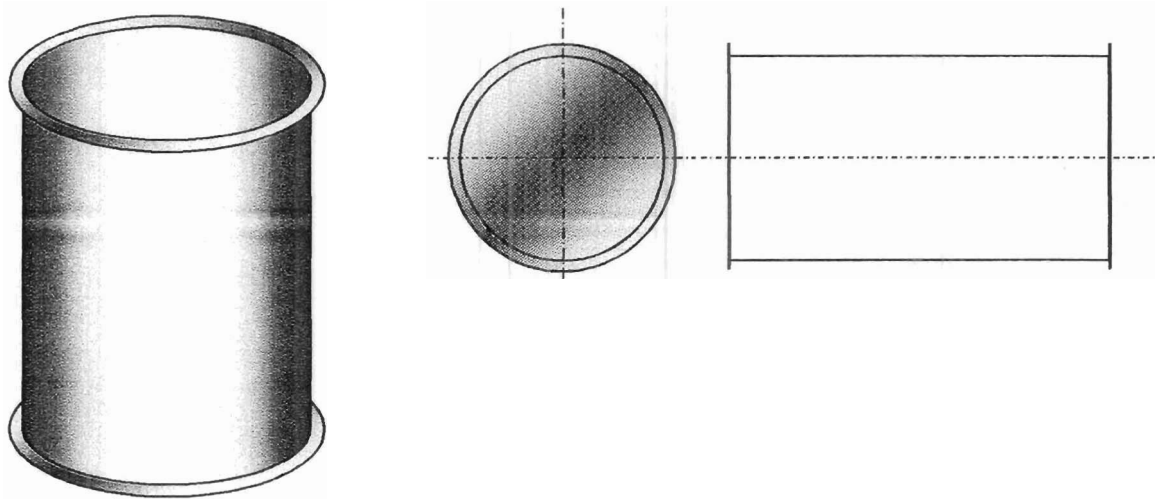
$$h_1 = 100 \text{ cm}$$

$$h_2 = 160 \text{ cm}$$

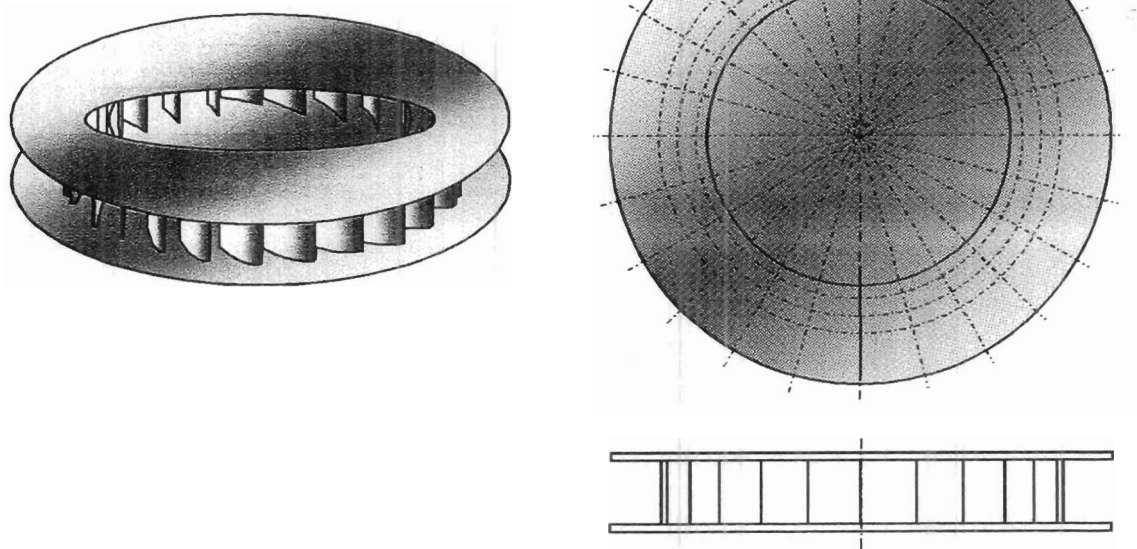
A. Disain dan hasil Komponen Utama

Disain dan hasil dari komponen utama tersebut adalah sebagai berikut :

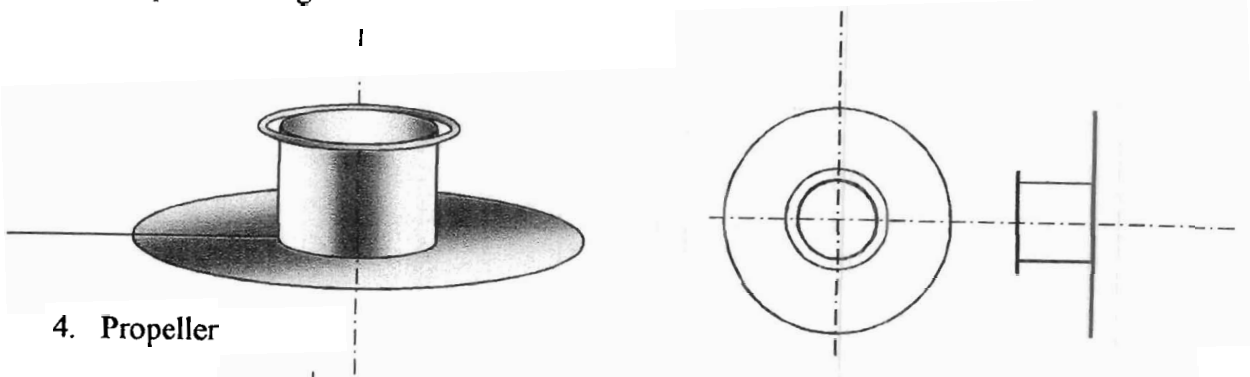
1. Rumah-rumah turbin (turbine casing)



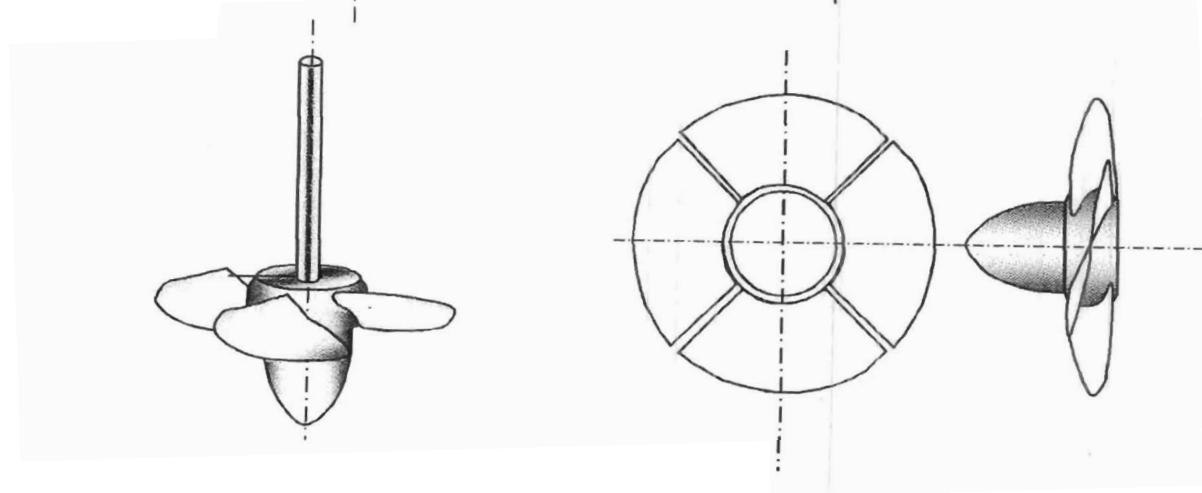
2. Pengarah aliran



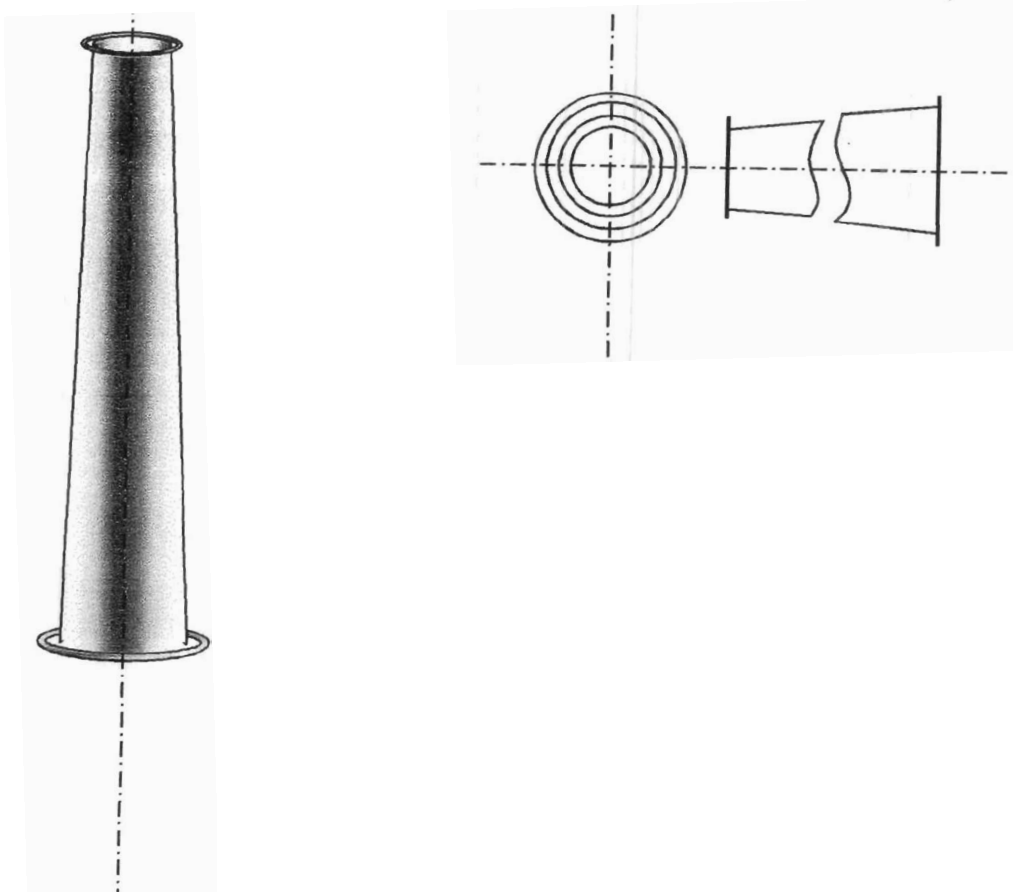
3. Propeller casing



4. Propeller

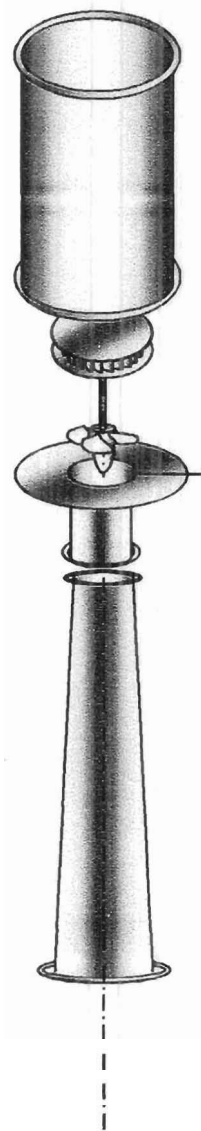


5. Draft tube



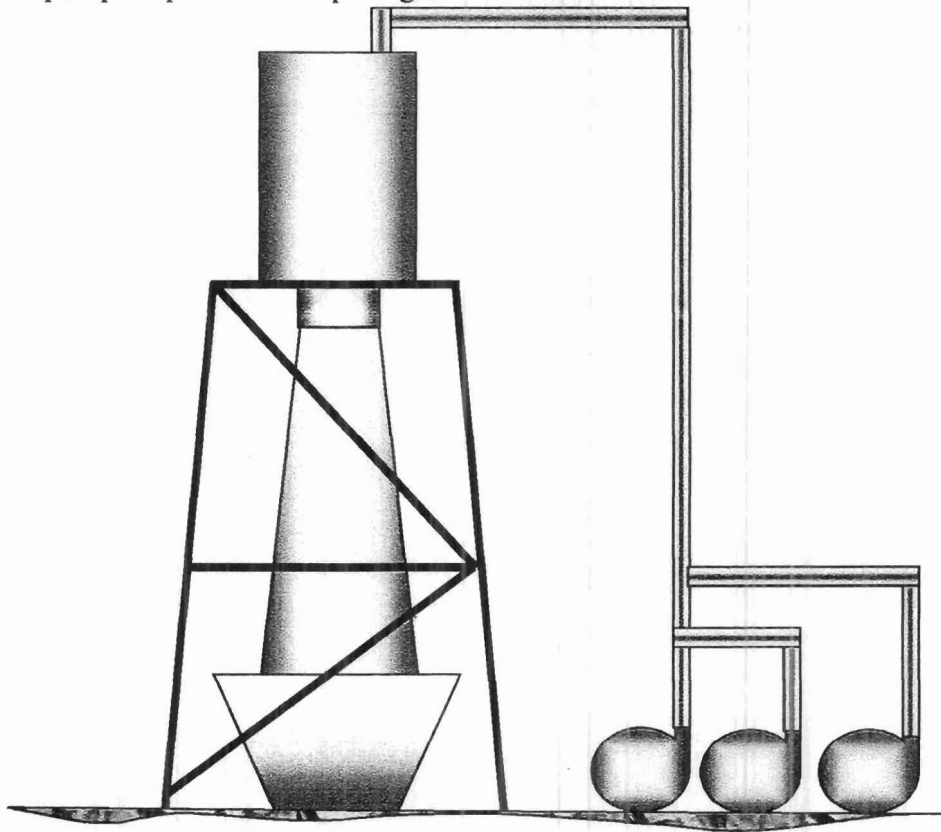
B. Instalasi Turbin

Rangkain dari komponen utama turbin dapat dilihat pada gambar berikut :



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

Turbin diuji dengan menempatkannya di atas sebuah tower dan dihubungkan dengan 3 buah pompa seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar instalasi turbin

C. Pengujian

Dalam beberapa pengujian yang dilakukan, instalasi yang ada belum dapat menyuplai air dengan baik ke bak penampung. Ketika pengujian dilakukan, pompa tidak dapat berfungsi normal karena kurangnya air yang dapat dihisap oleh pompa. Karena pompa tidak dapat berfungsi baik, air hanya mengisi bak penampung dengan tinggi hanya sekitar 10 cm.

D. Bahan dan biaya

Bahan dan biaya terlampir di dalam laporan ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Telah didapatkan disain dan produk awal turbin mini skala rumah tangga dengan bentuk dan ukuran serta biaya terlampir.

B. Saran

Untuk dapat melanjutkan penelitian ada beberapa hal yang diusulkan :

1. Kapasitas suplai air ditingkatkan dengan menambah jumlah pompa
2. Bak pembuangan hendaknya dibuat dengan ukuran yang lebih besar sehingga isapan pompa dapat lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Farret, Felix, *Integration of Alternative sources Of energy*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2006.

Flaspohler, Timo, *Design of the runner of a Kaplan turbine for small ghydroelectric power plants*, Tampere University, Finlandia, 2007.

Gus Ginato, *Pompa sebagai Turbin*, Fakultas Teknik UNP, Padang, 2011.

Norman, Jim, *Hydro Power*, ABS Alaskan Inc., 2000

Sopha Soulineyadeth, *Work shop for Technical Advisors*, LIRE Office, Vientiane, 2009

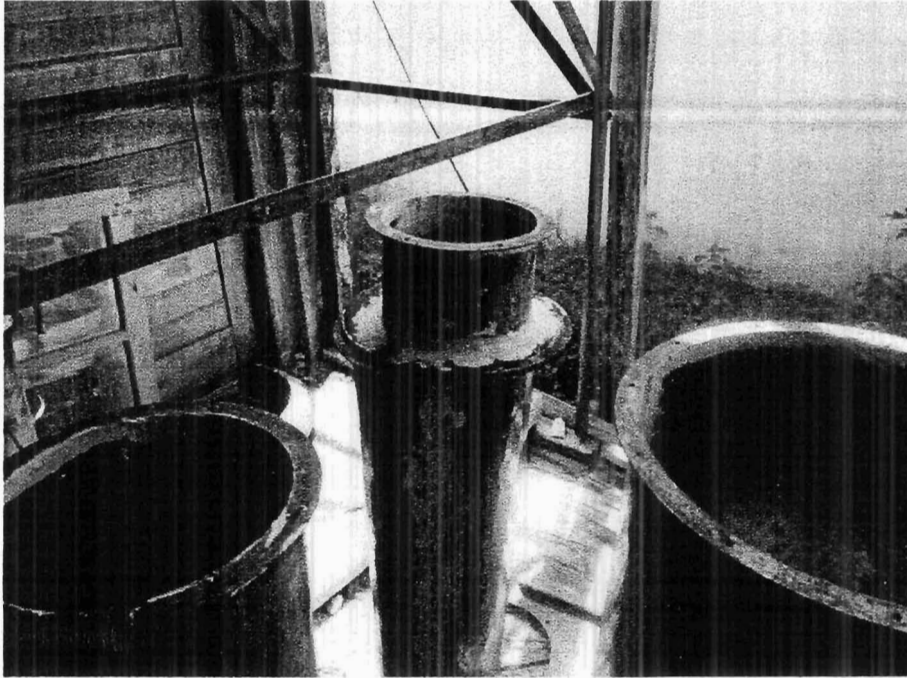
, *A Guide to UK Mini-Hydro Developments*, The British Hydropower Association, 2005

, *hydro-ekids*, Toshiba, Tokyo.

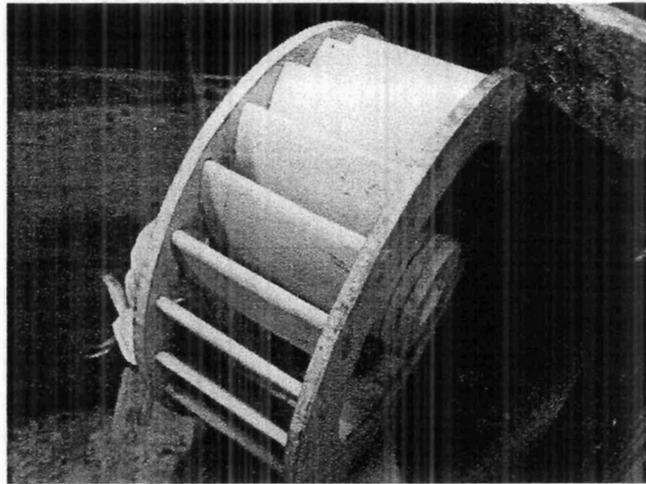
<http://www.hydro-turbines.com/>

LAMPIRAN

FOTO-FOTO KOMPONEN TURBIN

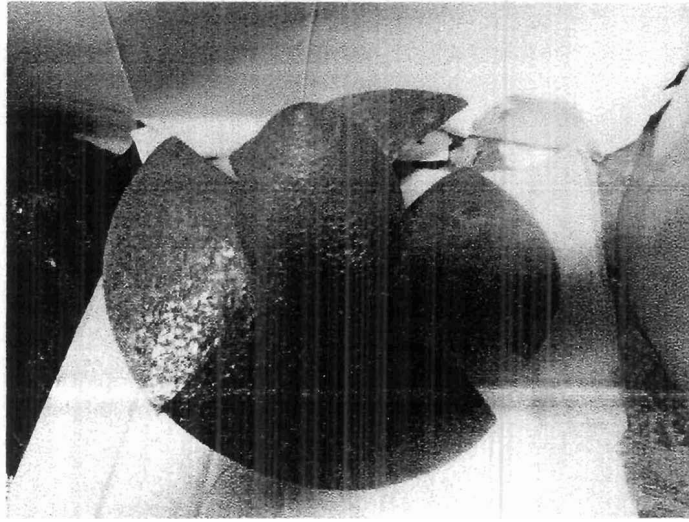


Gambar Finishing draft tube, rumah-rumah turbin, dan tower

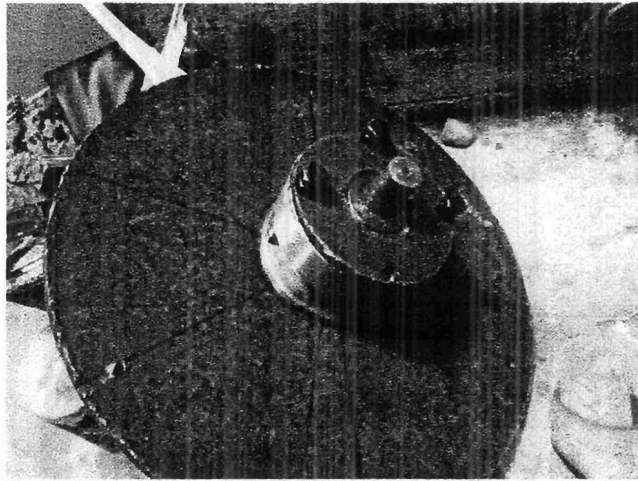


Gambar distributor

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG



Gambar Propeller



Gambar tutup distributor dan bantalan