

RANCANG BANGUN SIMULASI TURBIN AIR *CROSS FLOW*



**M. NUR SYA FE'I
2011 / 1106786
PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN JURNAL TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SIMULASI TURBIN AIR *CROSS FLOW*

Oleh :

Nama : M. Nur Sya Fe'I
NIM/BP : 1106786 / 2011
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin

Padang, 03 Februari 2016

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II



Arwizet K, ST, MT
Nip. 19690920199802 1 001



Drs. Irzal, M. Kes
Nip. 19610814199103 1 004

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Arwizet K, ST, MT
Nip. 19690920199802 1 001

RANCANG BANGUN SIMULASI TURBIN AIR *CROSS FLOW*

DESIGN SIMULATION WATER CROSS FLOW TURBINE

M. Nur Sya Fe¹(1), Arwizet K², dan Irzal³

(1), (2),(3)Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

m.nursyafei90@yahoo.co.id

arwizet@yahoo.com

irzal26@yahoo.com

Abstrak

Rancang bangun simulasi turbin air *cross flow* bertujuan untuk (1) Menghasilkan alat simulasi turbin air *cross flow* yang efektif dan efisien. (2) Dapat menganalisa masing-masing komponen alat simulasi turbin air *cross flow*. (3) Untuk menambah alat praktek mahasiswa jurusan teknik mesin FT UNP tentang turbin *cross flow*. Proses pembuatan alat simulasi turbin air *cross flow* ini dimulai dari analisa masalah yang ditemui di masyarakat, perencanaan konsep dan desain mesin, perhitungan dan perencanaan masing-masing komponen mesin, pembuatan mesin, dan pengujian pada mesin alat simulasi turbin air *cross flow* ini. Perencanaan mesin alat simulasi turbin air *cross flow* ini, di rencanakan berdasarkan debit 5.10^{-4} m³/detik, dan tinggi jatuh air 7,34 m. Hasil perancangan mesin simulasi turbin air *cross flow* ini menghasilkan kontruksi mesin yang terdiri dari rangka yang terbuat dari baja stall 25x25x2 mm, menggunakan pompa air sebagai tenaga potensial air, pembuatan runner, rumah turbin, sambung kepala rumah turbin, dan wadah penampung air terbuat dari material acrylic 3 mm. Dengan diameter luar runner 100 mm, jumlah sudu 24 buah, lebar runner 36 mm, didapatkan daya efektif 4,23 watt, putaran 337 rpm, efisiensi 12%.

Kata Kunci: Simulasi, Komponen, Turbin, Perancangan, Efisiensi.

Abstract

Design of water cross flow turbine simulation aims to (1) Generate a simulation tool cross flow water turbines are effective and efficient. (2) to analyze each component of the simulation tool cross flow water turbines. (3) To add a practical tool students majoring in mechanical engineering FT UNP on cross flow turbine. The manufacturing process simulation tools cross flow water turbine is started from the analysis of the problems encountered in the community, the planning concept and design of the engine, calculation and planning of each component of the machine, the machine manufacture, and testing of the machine tool simulation is cross flow water turbine. Planning machine tool simulation is cross flow water turbines, is planned based debit 5.10^{-4} m³ / sec and 7.34 m high water fall. Results machine design simulation water turbine cross flow produces construction machinery consists of a frame made of steel stall 25x25x2 mm, using a water pump as the potential energy of water, the manufacture of runner, turbine housing, continued the head of the turbine casing, and a container of water reservoir made of material acrylic 3 mm. Runner with an outer diameter of 100 mm, the number of blades 24 pieces, runner width 36 mm, obtained effective power of 4.23 watts, 337 rpm rotation, efficiency of 12%.

Keywords: Simulation, Component, Turbine, Design, Efficiency.

I. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk, maka kebutuhan akan energi listrik di Indonesia juga meningkat. Karena kesalahan perencanaan di masa lalu, kebutuhan energi listrik meningkat jauh lebih pesat dibanding yang bisa disediakan oleh PT. PLN. Akibatnya, terjadi pemadaman bergilir dimana-mana. Padahal hampir setengah daerah di Indonesia belum mendapatkan kesempatan mendapatkan listrik.

Krisis energi adalah masalah yang sangat mendasar di Indonesia, termasuk didalamnya ialah masalah energi listrik. Hal ini terjadi kurangnya pemanfaatan sumber daya penghasil energi listrik itu sendiri. Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan bagi manusia modern. Tidak bisa dibayangkan apa yang akan terjadi listrik tiba-tiba padam. Semua kegiatan yang ada bisa terhenti seketika.

Tenaga listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kegiatan sehari-hari rumah tangga. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat mesin industri. Mengingat begitu besar dan pentingnya peranan dan manfaat energi listrik, sedangkan sumber energi pembangkit listrik terutama yang berasal dari sumber daya yang tak terbarui keberadaannya terbatas. Selain itu tingginya tingkat penggunaan BBM sebagai sumber pembangkit energi listrik membuat pemerintah mempertimbangkan untuk mengurangi pemakaian BBM sebagai sumber pembangkit listrik. Untuk itu pemerintah Indonesia sedang gencar menerapkan kebijakan dalam memanfaatkan sumber energi baru dan terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Dalam hal ini sungai

yang dianggap mampu memberikan sumbangan bagi pembangkit listrik tenaga air. Dengan pemanfaatan sungai ini tentu akan membantu pemerintah dalam mengurangi penggunaan BBM sebagai sumber pembangkit listrik.

Tenaga air skala kecil merupakan salah satu energi baru terbarukan atau sering disebut dengan mikrohidro atau disebut juga Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Disebut mikro karena daya yang dihasilkan tergolong kecil (masih dalam hitungan ratusan Watt hingga beberapa kW). Tenaga air ini biasanya berasal dari saluran sungai, saluran irigasi, air terjun alam, atau bahkan sekedar parit, asal airnya kontinu. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan tinggi terjunnya air dan juga jumlah debit air.

Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dari ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin sendiri dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengkonversikannya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan kerumah-rumah atau keperluan lainnya (beban).

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro, salah satunya adalah turbin *cross flow*. Turbin air *cross flow* telah banyak digunakan diberbagai Negara, salah satunya adalah Negara Indonesia. Keunggulan dari turbin ini dapat beroperasi pada *head* dan debit air yang sedang, serta ketersediaan bahan baku untuk pembuatan dari turbin ini mudah di dapatkan di pasaran. Proses pembuatan dari komponen-

Komponennya tidak serumit dari mesin turbin lainnya.

Turbin air *cross flow* telah banyak diproduksi untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro, namun untuk pratikum sebagai penambah pengetahuan dan pemahanan mahasiswa tentang turbin air *cross flow* pada labor konversi energi jurusan teknik mesin FT UNP belum ada.

II. Landasan Teori

A. Sumber Energi

1. Sumber energi terbarukan
 - a. Energi surya atau matahari
 - b. Energi panas bumi
 - c. Energi angin
 - d. Energi air
 - e. Energi biomassa
 - d. Energi gas alan
2. Sumber energi tak terbarukan
 - a. Sumber energi yang berasal dari fosil
 - b. Sumber energi yang berasal dari gas alam

B. Sumber Energi Air (*Hydropower*)

Energi air merupakan kombinasi antara tinggi jatuh dan debit air. Besarnya energi air yang tersedia dari suatu sumber air tergantung pada besarnya tinggi jatuh dan debit air. Keduanya diperlukan untuk bisa menghasilkan listrik. Tinggi jatuh merupakan tekanan air yang dihasilkan oleh perbedaan ketinggian antara muka air pada reservoir dan muka air keluar dari turbin. Sedangkan debit merupakan jumlah aliran air (volume per satuan waktu) yang melewati turbin. Tinggi jatuh dan debit merupakan dua hal yang sangat penting yang perlu diketahui dalam membangun suatu lokasi untuk pembangkit listrik tenaga air. Total daya yang dibangkitkan dari suatu turbin air merupakan reaksi antara tinggi jatuh dan debit air.

C. Turbin Air

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula di mana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya yaitu berupa air, uap air dan gas. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air. (Arismunandar, W. 2004 : 1).

D. Prinsip Kerja Turbin Air

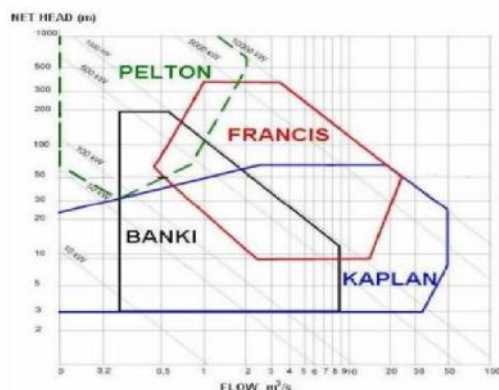
Konstruksi roda/runner turbin terdapat sudu yaitu suatu lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda/runner turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Arismunandar, W. 2004:2).

E. Pemilihan Jenis Turbin Air

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu :

1. 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 head tinggi, turbin cross flow efektif untuk operasi pada *head* sedang,

- sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada *head* rendah.
2. Faktor daya (*Power*) yang diinginkan berkaitan dengan *head* dan debit yang tersedia.
 3. Kecepatan (Putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator.
- Ketiga faktor diatas sering digunakan untuk menentukan (kecepatan spesifik turbin). Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan melihat gambar grafik karakteristik hubungan antara tinggi jatuh *net* (m) dan debit aliran (m³/det) agar didapatkan jenis turbin yang cocok sesuai dengan kondisi pengoperasiannya (Penche & Minas, 1998) :



Gambar 2.1. Grafik Hubungan Antara Tinggi Jatuh Net dan Debit Aliran (Sumber : Penche & Minas, 1998)

F. Dasar-Dasar Perencanaan Turbin Air

1. Debit Air (Q)

$$Q = \frac{V}{t}$$

2. Tinggi Jatuh Air Efektif (H_{ef})

$$H_{ef} = H - H_{los}$$

$$H_{los} = 1/3 \cdot H$$

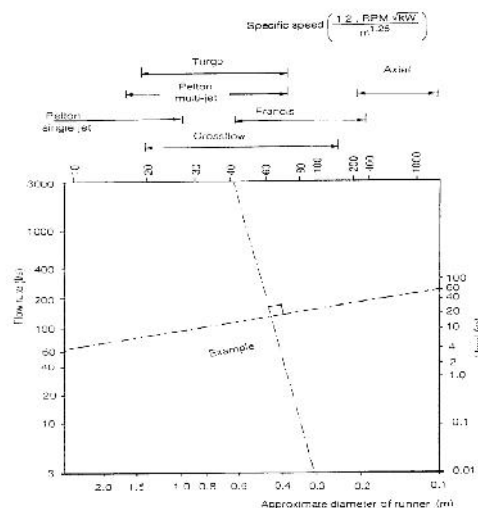
3. Daya Turbin

$$P = Q \cdot H_{ef} \cdot g$$

4. Kecepatan Spesifik (Ns)

Kecepatan spesifik dari suatu turbin ialah kecepatan putaran *runner* yang dapat dihasilkan daya efektif 1 BHP untuk setiap tinggi jatuh 1 meter.

Nilai kecepatan spesifik (Ns) dari turbin dapat ditentukan dengan cara melihat Gambar 2.6. Berdasarkan Gambar 2.6, rentang kecepatan spesifik (Ns) dari turbin *cross flow* adalah 20 – 160. Pada pembuatan alat simulasi ini, penulis mengasumsikan nilai kecepatan spesifik dari turbin *cross flow* adalah $N_s = 40$.

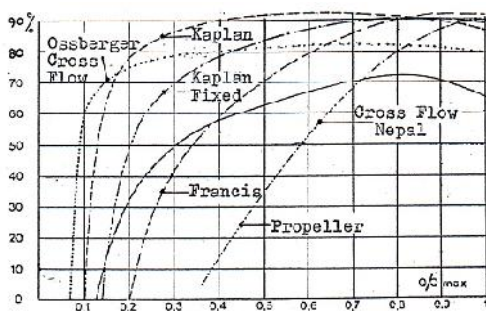


Gambar 2.2. Grafik Kecepatan Spesifik Turbin Air (Sumber : Microhidro Design Manual, 1993)

G. Turbin *Cross Flow*

Turbin Cross flow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Prinsip kerja turbin ini mula-mula ditemukan oleh seorang insinyur Australia yang bernama *A.G.M. Michell* pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh *Prof. Donat Banki* sehingga turbin ini diberi nama *Turbin Banki* kadang disebut juga *Turbin Michell-Ossberger* (Haimel, L.A. 1960). Pemakaian jenis *Turbin Cross flow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan 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 dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter *Turbin Cross flow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. 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 % sedang efisiensi turbin *Cross flow* mencapai 82% (Haimerl, L.A, 1960). Tingginya efisiensi *Turbin Cross flow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner*. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistim pengeluaran air dari *runner*. Grafik 2.2 akan lebih menjelaskan tentang perbandingan efisiensi dari beberapa turbin konvensional.



Gambar 2.3. Efisiensi Beberapa Turbin dengan Pengurangan Debit Sebagai Variabel
 (Sumber : Haimerl, L.A., 1960)

Gambar 2.3 , menunjukkan hubungan antara efisiensi dengan pengurangan debit akibat pengaturan pembukaan katup yang dinyatakan dalam

perbandingan debit terhadap debit maksimumnya. Untuk *Turbin Cross flow* dengan $Q/Q_{max} = 1$ menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi sekitar 80%, disamping itu untuk perubahan debit sampai dengan $Q/Q_{max} = 0,2$ menunjukkan harga efisiensi yang relatif tetap (Meier, Ueli,1981).

Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan jenis turbin lain, maka *Turbin Cross flow* yang paling sederhana. Sudu-sudu *Turbin Pelton* misalnya, bentuknya sangat pelik sehingga pembuatannya harus dituang. Demikian juga *runner Turbin Francis, Kaplan dan Propeller* pembuatannya harus melalui proses pengecoran/tuang. Tetapi *runner Turbin Cross flow* dapat dibuat dari material baja sedang (mild steel) seperti ST.37, kemudian dirakit dengan konstruksi las. Demikian juga komponen-komponen lainnya dari turbin ini semuanya dapat dibuat di bengkel-bengkel umum dengan peralatan pokok mesin las listrik, mesin bor, mesin gerinda meja, bubut dan peralatan kerja bangku, itu sudah cukup. Dari kesederhanaannya itulah maka *Turbin Cross flow* dapat dikelompokkan sebagai teknologi tepat guna yang pengembangannya di masyarakat pedesaan memiliki prospek cerah karena pengaruh keunggulannya sesuai dengan kemampuan dan harapan masyarakat.

III. Metode Perencanaan

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat eksperimen. Eksperimen yang dilakukan adalah bagaimana merencanakan, membuat, merakit, serta mengevaluasi, menganalisis dan memperoleh gambaran yang jelas tentang “Rancangan sebuah Mesin Simulasi Turbin Air *Cross Flow*”, berdasarkan parameter awal yang diketahui yaitu debit aliran dan tinggi jatuh air.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Workshop Pabrikasi dan depan Laboratorium Fenomena Dasar Teknik Mesin Universitas Negeri Padang dari jam 09.00 sampai 15.00 WIB. Kegiatan penelitian dimulai dari perencanaan, pembuatan, dan perakitan mesin simulasi turbin air *cross flow* pada 08 Desember 2015 sampai 16 Januari 2016, dan tahap penelitian alat pada 18 sampai 22 Januari 2016.

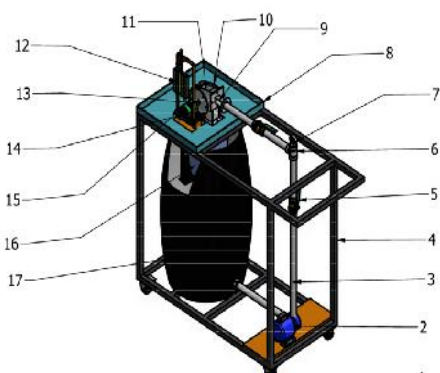
C. Metode Perencanaan

Perencanaan rancangan mesin simulasi turbin air *cross flow* dilakukan beberapa tahapan :

1. Persiapan
2. Desain mesin dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor 2013
3. Perencanaan komponen mesin dan pembelian bahan
4. Pembuatan mesin simulasi turbin air *cross flow*

D. Komponen Mesin Simulasi Turbin Air Cross Flow

Mesin simulasi turbin air *Cross flow* ini memiliki beberapa komponen-komponen utama saling berkaitan dengan komponen lainnya dan beberapa komponen pendukung lainnya, yaitu sebagai berikut :

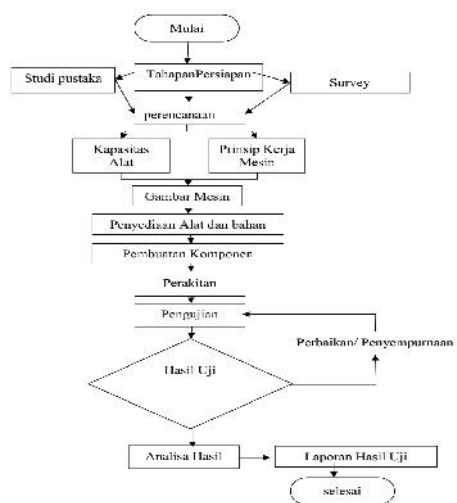


Gambar 3.1. Struktur Mesin Alat Simulasi Turbin Air Crossflow

Bagian-bagian komponen alat simulasi turbin air *cross flow*

1. Roda
2. Pompa air
3. Pipa
4. Rangka
5. Stop kran
6. Elbow
7. Presserue gauge
8. Wadah penampung air
9. Sambungan kepala rumah turbin
10. Rumah turbin
11. Runner
12. Spring balance
13. Poros
14. Bearing
15. Pulley
16. Teko air
17. Tangki air

E. Diagram Alir Perancangan Mesin



Gambar 3.2. Diagram Alir Perancangan Mesin

F. Perencanaan Komponen-Komponen Mesin

1. Perencanaan Rangka

Rangka pada mesin alat simulasi turbin air *cross flow* merupakan bagian terpenting untuk dudukan semua komponen-komponen mesin turbin. Karena beban dari komponen-komponen turbin yang akan diletakan pada rangka tidak terlalu berat, maka bahan yang

digunakan untuk pembuatan rangka, penulis merencanakan besi Stall 25 x 25 mm.

2. Perencanaan Turbin

a. Daya Turbin

Tenaga potensial air yang digunakan pada perencanaan alat simulasi ini adalah energi pompa. Daya turbin dapat ditentukan berdasarkan spesifikasi dari pompa yaitu ; ketinggian air/head (H), dan debit (Q).

b. Runner

Runner merupakan komponen utama pada turbin air, yang proses operasinya berupa putaran. Putaran pada runner ini dihasilkan akibat adanya daya dorong air yang menumbuk kuat pada sudu-sudu runner. Runner terdiri dari beberapa komponen yaitu : piringan runner, sudu, dan poros. Berdasarkan tujuan akhir dari perencanaan dan pembuatan alat simulasi ini adalah untuk bahan penelitian dan praktikum, maka pada perancangan runner, penulis memilih menggunakan bahan dari Acrylic transparan dengan ketebalan 3 mm, ini bertujuan untuk dapat melihat proses aliran air bekerja pada runner. Dalam perancangan runner turbin cross flow harus menentukan diameter luar (D), diameter dalam (Di) = 2/3 x Do, (hal ini sesuai dengan perencanaan pabrik turbin Ossberger Jerman dimana dengan asumsi ini akan didapat efisiensi turbin yang lebih baik), dan lebar pemasukan aliran air pada runner (bo). Diameter luar (D) runner dapat ditentukan dengan persamaan;

$$D = 39,3 \frac{\sqrt{H_{ef}}}{n}$$

c. Lebar Runner (bo)

$$b_o = \frac{Q}{0,9 \cdot D \cdot \sqrt{H_{ef}}}$$

d. Sudu Runner

Bahan yang digunakan untuk pembuatan sudu runner adalah dari dari pipa PVC. Untuk menentukan ukuran jari-jari kelengkungan sudu (diameter pipa PVC) dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$R_s = \frac{R_1^2 - R_2^2}{2 \cdot R_1 \cos \alpha}$$

e. Rumah Turbin

Rumah turbin berfungsi untuk melindungi runner turbin saat berputar, sehingga tidak ada material lain yang berpotensi menghambat putaran runner. Bahan yang digunakan untuk pembuatan rumah turbin adalah acrylic 3 mm, ini bertujuan agar proses kerja dari aliran fluida (air) dapat dilihat dengan kasat mata.

3. Perencanaan Poros

Sebelumnya harus dianalisa beban yang terjadi pada poros yang mendapat pembebanan utama berupa torsi, seperti pada poros runner turbin cross flow. Jika diperkirakan akan terjadi pembebanan berupa lenturan, tarikan, atau tekanan pada poros, maka pembebanan tersebut perlu di perhitungkan dalam faktor keamanan.

4. Pulley

Pulley yang digunakan pada mesin ini adalah yang terbuat dari Aluminium. Pulley yang digunakan pada poros runner turbin adalah dengan ukuran Ø 2 inchi. Kecepatan pulley dihitung dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60}$$

IV. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Perencanaan

Pelaksanaan beberapa kegiatan dimulai dari perencanaan, persiapan alat dan bahan, pembuatan, dan perakitan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sesuai perencanaan.

Namun, mesin simulasi turbin *cross flow* ini belum mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Hasil perencanaan alat simulasi turbin air *cross flow* untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Spesifikasi Hasil Perencanaan Alat Simulasi Turbin Air *Cross Flow*

No	Nama komponen	Ukuran
1.	Pompa	Shimizu, 125 watt
2.	Head efektif	7,34 meter
3.	Debit (Q)	5.10^{-4} m ³ /det
4.	Pipa	PVC 1"
5.	Panjang rangka mesin	1,2 m
6.	Lebar rangka mesin	0,5 m
7.	Tinggi rangka mesin	0,9 m
8.	Diameter luar <i>runner</i>	0,1 m
9.	Diameter dalam <i>runner</i>	0,066 m
10.	Jumlah sudu	24
11.	Tabung air	75 liter
12.	Material turbin	Acrylic 3 mm



Gambar 4.1. Mesin Alat Simulasi Turbin Air *Cross Flow*

B. Pembahasan

Nilai dimensi dari mesin simulasi turbin air, dapat diperoleh dengan melakukan pengujian dan pengambilan data. Alat

dan bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian dan pengambilan data sebagai berikut:

1. Mesin simulasi turbin air *cross flow*
2. Air
3. *Stopwatch*
4. *Tachometer*
5. Alat ukur gaya pengereman (*spring balance*)

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Mesin Simulai Turbin Air *Cross Flow* tanpa Beban/Gaya Pengereman

No	Bukaan kran	Putaran (rpm)	Debit (Q) (m ³ /detik)
1	Penuh	432	5.10^{-4}

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Mesin Simulai Turbin Air *Cross Flow* menggunakan Beban/Gaya Pengereman

No	Bukaan kran	Putaran (rpm)	Debit (Q) (m ³ /detik)	Gaya Rem (N)
1	Penuh	337	5.10^{-4}	6

Berdasarkan data Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, dapat disimpulkan bahwa, hasil uji kinerja dari mesin simulasi turbin air *cross flow* ini belum dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Hal tersebut terlihat saat hasil pengujian, putaran dari *runner* dan poros sangat rendah. Ini dikarenakan tidak semua air yang masuk pada turbin dapat menumbuk sudu-sudu dari *runner* turbin dan aliran air yang diharapkan mengalir dengan aliran silang pada *runner* tidak terjadi dengan sempurna.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka daya dan efisiensi dari mesin simulasi turbin *cross flow* ini dapat di analisis berdasarkan dimensi dan *parameter* sebagai berikut:

1. Pompa

Pompa digunakan untuk menggantikan waduk (bendungan) sebagai potensi tenaga air. Pompa yang digunakan untuk

keperluan membuat mesin alat simulasi turbin air *cross flow* yaitu pompa penggerak motor listrik dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Debit (Q) = 30 liter/menit
- b. Head total = 20 m
- c. Head Hisap (H_s) = 9 m

2. Debit (Q)

- a. Debit Pompa (Q_p)

$$Q_p = 30 \text{ liter /menit}$$

$$= \frac{30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ det}}$$

$$= 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}$$

- b. Debit Pengujian (Q)

Alat ukur yang digunakan untuk mencari debit air (Q) adalah dengan cara manual. Pertama, menentukan volume air dengan cara menampung air yang keluar dari rumah turbin dengan menggunakan wadah yang sudah ditentukan skalanya. Kedua, menghitung waktu yang diperlukan untuk volume tertentu dengan menggunakan *stopwatch*. Pada saat pengujian, penulis menampung air sebanyak 2 liter, dengan waktu 4 detik. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, debit air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Sehingga:

$$Q = \frac{2 \text{ Liter}}{4 \text{ detik}}$$

$$= 0,5 \text{ Liter/detik}$$

$$= 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi debit air maksimal adalah = $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$.

3. Head Efektif (H_{ef})

$$H_{ef} = H - H_{los}$$

$$H = H_{tot} - H_s$$

$$= 20 - 9 \text{ m}$$

$$= 11 \text{ m}$$

$$H_{los} = 1/3 \cdot H$$

$$= 1/3 \cdot 11$$

$$= 3,66 \text{ m}$$

$$H_{ef} = 11 - 3,66$$

$$= 7,34 \text{ m}$$

4. Daya Potensial Air

Berdasarkan spesifikasi dari pompa, maka daya turbin secara teori dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$P = Q \cdot \rho \cdot H_{ef} \cdot g$$

$$= 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt} \cdot 1000 \text{ kg/ m}^3 \cdot 7,34 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/det}^2$$

$$= 36 \text{ watt}$$

5. Putaran Turbin (rpm)

Putaran turbin adalah jumlah putaran yang dihasilkan turbin dalam satu menit. Putaran turbin secara teori dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{Ns \cdot \sqrt[4]{H_{ef}^3}}{\sqrt{Q}}$$

Nilai Q yang digunakan dalam menentukan perencanaan putaran turbin harus dalam satuan m^3/menit . Nilai Q dalam satuan tersebut dapat dikonversi sebagai berikut:

$$Q = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$= 5 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 0,03 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Nilai Q yang sudah dikonversi di substitusikan dalam persamaan untuk menentukan putaran sehingga diperoleh putaran turbin sebagai berikut:

$$n = \frac{40 \cdot \sqrt[4]{7,34^3}}{\sqrt{0,03}}$$

$$= \frac{178,37}{0,173}$$

$$= 1031 \text{ rpm} \sim 1000 \text{ rpm}$$

Jadi putaran turbin yang diharapkan adalah 1000 rpm.

6. Runner Turbin

- a. Diameter Luar Runner (D_i)

$$D_i = 39,3 \frac{\sqrt{H_{eff}}}{n}$$

$$= 39,3 \frac{\sqrt{7,34}}{1000}$$

$$= 0,106 \text{ m}$$

$$= 106 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$$

b. Diameter Dalam *Runner* (D_o)

$$D_o = \frac{2}{3} D_i$$

$$= 66 \text{ mm}$$

c. Lebar *Runner* (b_o)

$$b_o = \frac{Q}{0,9 \cdot D \cdot \sqrt{H_{eff}}}$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}}{0,9 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot \sqrt{7,34 \text{ m}}}$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ mm}$$

7. Sudu *runner*

$$R_s = \frac{50^2 - 33^2}{2 \cdot 50 \cos(16^\circ)}$$

$$= \frac{1411}{96}$$

$$= 14,7 \text{ mm}$$

$$D = 29,4 \text{ mm} \sim 32 \text{ mm}$$

Pipa PVC yang tersedia di pasaran adalah ukuran diameter 1 inch (32 mm) dan jumlah sudu yang dibuat sebanyak 24 buah.

8. Daya efektif (P_e)

$$P_e = (F \cdot R) \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Berdasarkan pengambilan data pada saat pengujian, maka diperoleh dimensi-dimensi sebagai berikut:

$$F = 6 \text{ N}$$

$$R = 0.02 \text{ m}$$

$$n = 337 \text{ rpm}$$

Sehingga:

$$P_e = (6 \text{ N} \cdot 0.02 \text{ m}) \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 337 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 4,23 \text{ watt}$$

Jadi daya efektif yang dihasilkan turbin pada saat melakukan pengujian adalah 4,23 watt.

9. Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{P_e}{P_{teori}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{4,23}{36} \times 100\%$$

$$\eta = 12\%$$

Berdasarkan hasil analisis data diatas maka daya yang dihasilkan turbin adalah 36 watt dan putarannya 1000 rpm. Namun, pada saat pengujian alat simulasi turbin air *cross flow* daya efektif yang didapatkan adalah 4,23 watt dan putaran yang dihasilkan turbin tanpa diberi beban/gaya adalah 432 rpm. Jika diberi beban/gaya sebesar 6 N maka putaran yang dihasilkan turbin adalah 337 rpm. Ini menunjukkan bahwa sangat jauh perbedaan antara daya dan putaran yang direncanakan dengan yang diperoleh pada saat pengujian alat simulasi turbin air *cross flow*. Sehingga didapatkan efisiensi yang sangat rendah.

V. Penutup

A. Kesimpulan

Berdasarkan pada perhitungan analisa dan hasil pengujian dari mesin simulasi turbin air *cross flow* didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perhitungan analisa didapat;
 - a. *Head* = 7,34 m
 - b. Debit (Q) = $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}$
 - c. Diameter luar runner = 100 mm = 0,1 m
 - d. Diameter dalam runner = 66 mm = 0,06 m
 - e. Lebar runner = 36 mm = 0,036 m
 - f. Ukuran pipa = 1 inch
 - g. Jumlah sudu = 24 buah
2. Daya yang dihasilkan turbin :
 - a. Jumlah putaran = 337 rpm
 - b. Daya air = 36 watt
 - c. Daya efektif = 4,23 watt
 - d. Efisiensi = 12 %
3. Alat yang dibuat ini dapat digunakan sebagai alat praktek.

B. Saran

Hasil pengujian alat dan analisa yang dilakukan, maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Rencanakanlah alat yang akan dibuat sebegus mungkin untuk memudahkan proses pembuatan.
2. Lakukanlah proses pembuatan dengan berpedoman pada perencanaannya.
3. Pada saat pembuatan jagalah keselamatan pekerja, alat dan bahan.
4. Berperilakulah serius dan tekun dan tabah dalam merencanakan dan membuat sebuah alat.
5. Selalu utamakan keselamatan kerja, alat dan bahan, jaga kekompakan team dalam membuat sebuah mesin.
6. Melakukan perawatan rutin kepada setiap komponen alat untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan umur mesin semakin lama.

Daftar Pustaka

- Arismunandar, Wiranto. 2004. Penggerak Mula Turbin. ITB. Bandung.
- Haimerl,L.A. 1960. The Cross Flow Turbine. Jerman Barat.
- Harvey, Adam. 1993. Microhidro design manual. IT Publication.
- Himran Syukri. 2006. Dasar-Dasar Merencanakan Turbin Air. Makassar : CV. Bintang Lamumpatue.
- Mosonyi, Emil. 1960. Water Power Development. Hungarian Academy Of Sciences.
- Penche, C., & Minas, i. d. 1998. Layman`s Guidebook on How to Develop a Small Hydro site. Brussel : European Small Hydropower Association.
- Sato.G. Takeshi, H.N.Sugiarto. 1994. Menggambar Mesin. Paradnya Paramita : Jakarta.
- Sularso & Suga, Kiyokatsu. 2008, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta Pradya Paramitha.
- Susatyo, Anjar. 2003. Pengembangan Turbin Air Type Cross-flow Diameter Runner 400 mm. Bandung : Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- UNP 2011, Buku *Panduan Penulisan Tugas Akhir / Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang : UNP
- Wibowo, Nan Ady. 2013. Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Wamena di kabupaten Jayawijaya Provinsi Papua. Malang: Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.