

PENGUJIAN ALAT SIMULASI TURBIN AIR *CROSS FLOW*



**DIO UTAMA PUTRA
2011 / 1106787
PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

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

HALAMAN PERSETUJUAN JURNAL SKRIPSI

PENGUJIAN ALAT SIMULASI TURBIN AIR *CROSS FLOW*

Oleh :

Nama : Dio Utama Putra
NIM/BP : 1106787 /2011
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin

Padang, 10 Februari 2016

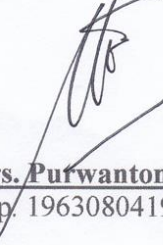
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Arwizet K, ST, MT
Nip. 19690920199802 1 001

Pembimbing II



Drs. Purwantono, M.Pd
Nip. 19630804198603 1 002

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Arwizet K, ST, MT
Nip. 19690920199802 1 001

PENGUJIAN ALAT SIMULASI TURBIN AIR *CROSS FLOW*

TESTING SIMULATION TOOL WATER *CROSS FLOW* TURBINE

Dio Utama Putra⁽¹⁾, Arwizet K⁽²⁾, dan Purwantonono⁽³⁾

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

dioutama93@yahoo.com

arwizet@yahoo.com

purwantonomsn@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji unjuk kerja turbin *cross flow* terhadap (1) Hubungan putaran dengan efisiensi. (2) Hubungan head dengan efisiensi. (3) Hubungan torsi dengan efisiensi. Kelebihan turbin *cross flow* yaitu biaya operasional rendah, bisa beroperasi pada head rendah dan debit air rendah, energi terbarukan dan baik terhadap lingkungan. Penelitian ini menganalisis perbandingan variasi tinggi air, sehingga diperoleh putaran, daya yang dihasilkan turbin, daya efektif dan efisiensi turbin. Pada penelitian ini melakukan pengujian tinggi air dengan melakukan bukaan kran air yang bervariasi. Proses pengambilan data yaitu dengan menyiapkan instalasi penelitian dan turbin *cross flow*, atur sudut kemiringan saluran bukaan penuh 90° , atur *Spring balance* dan hidupkan pompa air. Pengambilan data berupa kecepatan putaran, gaya pengereman, debit air. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali dengan 5 variasi gaya pengereman. Selanjutnya lakukan pengambilan data pada bukaan 70° dan 50° . Data dimasukkan pada tabel pengujian, kemudian dianalisa. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada turbin *cross flow* didapatkan putaran yang tertinggi dihasilkan pada sudut bukaan penuh 90° yaitu 342. Torsi yang tertinggi dihasilkan pada gaya pengereman 9 N yaitu 0,18. Efisiensi yang tertinggi dihasilkan pada sudut bukaan 50° yaitu 29,36%.

Kata Kunci: Simulasi, Turbin, Pengujian, Hubungan, Efisiensi.

Abstract

The purpose of this research is to do a test for performance of a cross flow turbine about (1) Relation rotasio with efficiency (2) Relations head with efficiency (3) Torque relationship with efficiency. Advantage cross flow turbine that is Low operating costs, can do operation to low head and low water's debit, renewable energy and good for environment. This research analyzes the variation ratio of high water, thus obtained rotation, the turbine generated power, effective power and turbine efficiency. In this research do testing the haigh water with opening the variasion of tap water. The process to get of data with prepare installation research and cross flow turbine, adjust the tilt angle of 90° channel full aperture, set Spring balance and turn on the water pump. Retrieval of data in the form of a rotation speed, braking force, discharge the water. Data collection was performed 5 times with 5 variations of the braking force. Next do data collection in the opening 70° and 50° . Data entered on the test table, then analyzed. From the results of tests performed on a cross flow turbine get the highest rotation generated at full aperture angle of 90° is 342. The highest torsion generated in braking force 9N is 0,18. The highest efficiencis generated on opening angle of 50° is 29.36%.

Keywords: Simulation, Turbine, Testing, Relationship, 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. Setengah daerah di Indonesia belum mendapatkan kesempatan mendapatkan listrik.

Krisis energi adalah masalah yang sangat mendasar di Indonesia, termasuk didalamnya ialah masalah energi listrik. Krisis energi terjadi kurangnya pemanfaatan sumber daya penghasil energi listrik itu sendiri. Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan bagi manusia modern dan 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

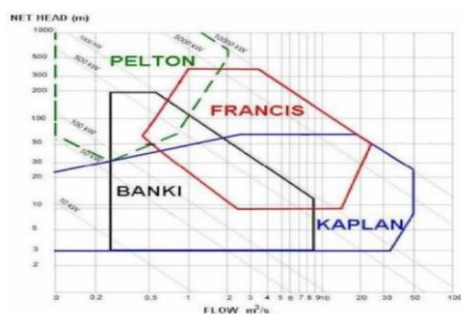
Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, 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 proppeller 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 (m^3/det) agar didapatkan jenis turbin yang cocok sesuai dengan kondisi pengoperasiannya (Penche & Minas, 1998) :



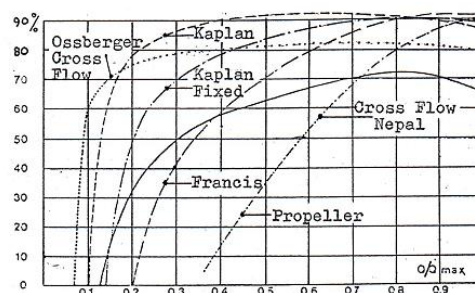
Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Tinggi Jatuh Net dan Debit Aliran (Sumber : Penche & Minas, 1998)

F. 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* (Haimerl, 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*. Gambar 6. menjelaskan tentang perbandingan efisiensi dari beberapa turbin konvensional.



Gambar 6. Efisiensi Beberapa Turbin dengan Pengurangan Debit Sebagai Variabel (Sumber : Haimerl, L.A., 1960)

Gambar 2. menunjukkan hubungan antara efisiensi dengan pengurangan debit akibat pengaturan pembukaan katup yang dinyatakan dalam perbandingan debit terhadap debit maksimumnya. Untuk *Turbin Cross flow* dengan $Q/Q_{mak} = 1$ menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi sekitar 80%, disamping itu untuk perubahan debit sampai dengan $Q/Q_{mak} = 0,2$ menunjukkan harga efisiensi yang relatif tetap (Meier, Ueli, 1981).

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.

G. Kerangka konseptual

Penengujian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan variasi tinggi air sehingga diperoleh putaran, daya yang dihasilkan turbin, daya efektif dan efisiensi turbin. Pada penelitian ini melakukan pengujian tinggi air dengan

melakukan bukaan kran air yang bervariasi.

III. Metodologi Penelitian

A. Jenis Penelitian

Berdasarkan pokok permasalahan yang telah dikemukakan dalam penelitian ini, maka penulis menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tinggi air terhadap putaran, gaya pengereman dan daya yang dihasilkan turbin. Hasil penelitian yang diinginkan diperoleh melalui percobaan yang dilaksanakan di labor melalui pengamatan dan analisa terhadap data yang diperoleh.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di depan Laboratorium Fenomena Dasar Teknik Mesin Universitas Negeri Padang. Kegiatan penelitian alat simulasi turbin air *cross flow* dimulai pada 18 januari sampai 22 januari 2016 dari jam 09.00 sampai 15.00 WIB.

C. Jenis dan Sumber Data

1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang didapat langsung dari hasil pengukuran parameter-parameter yang dibutuhkan yaitu debit air, putaran turbin, gaya pengereman.

2. Sumber Data

Sumber data dari penelitian ini diambil dari hasil eksperimen yaitu sebahai berikut:

a. debit air (Q)

Sumber data debit dipilih dari hasil pengukuran dengan menampung air yang keluar dari rumah turbin menggunakan wadah yang sudah ditentukan skala, dan menggunakan *stopwatch* untuk menghitung waktunya.

b. Putaran (Rpm)

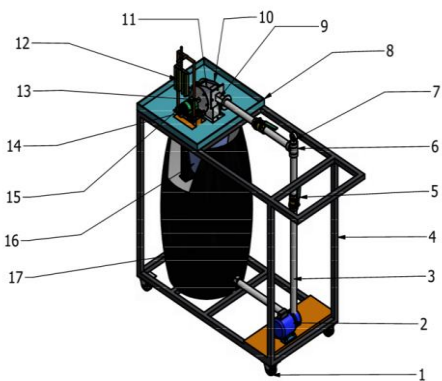
Sumber data putaran diperoleh dari sebuah alat pengukur putaran yaitu tachometer.

c. Gaya pengereman (F)

Sumber data gaya pengereman diperoleh dari spring balance dengan memvariasikan gaya pengereman.

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 :

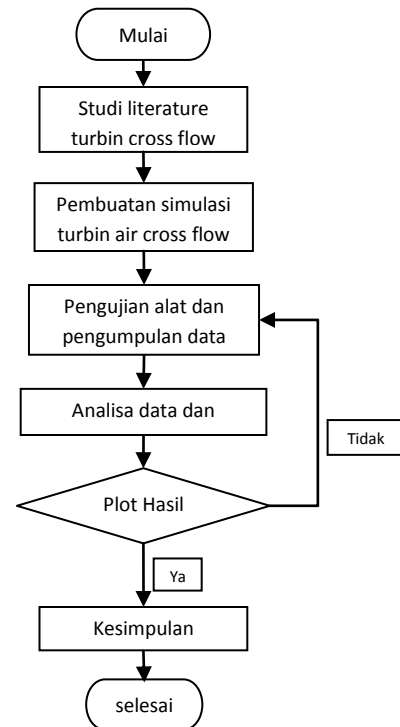


Gambar 9. Struktur Mesin Alat Simulasi Turbin Air Crossflow

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 10. Diagram Alir Perancangan Mesin

F. Perosedur Penelitiann

Adapun urutan proses pengambilan data melalui penelitian lapangan adalah sebagai berikut:

1. Siapkan instalasi penelitian dan turbin cross flow.
2. Atur sudut kemiringan saluran kran air dengan ukuran yang telah ditentukan, yaitu kemiringan awal bukaan penuh 90^0 .
3. Atur *Spring balance* sesiai dengan variasi yang telah ditentukan.
4. Hidupkan pompa air.
5. Setelah air mengalir dan menghantam sudu runner turbin crossflow, pengambilan data dapat dilakukan.
6. Pengambilan data berupa kecepatan putaran, gaya pengereman, debit pada turbin air crossflow.

7. Lakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan 5 variasi gaya pengereman.
8. Ganti sudut kemiringan saluran kran air pada turbin crossflow menjadi 70^0 , 50^0 secara berturut-turut kemudian catat kecepatan putar, gaya pengeremannya dan debit air.
9. Lakukan pengambilan data sebanyak 5 kali untuk tiap variasi sudut kemiringan saluran kran air.
10. Data dimasukkan pada tabel pengujian seperti di bawah ini, kemudian dianalisa pengaruh sudut kemiringan saluran kran air terhadap jumlah putaran, gaya pengereman dan daya yang dihasilkan turbin crossflow.
11. Hasil analisa tersebut nantinya akan dapat diketahui hubungan antara hubungan putaran, head, torsi terhadap efisiensi.

G. Alat-alat Penelitian

Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Alat simulasi turbin air crossflow yang akan diuji.

1. *Tachometer* untuk mengukur kecepatan putaran turbin cross flow.
2. *Spring balance* untuk mengukur gaya pengereman.
3. Ember ukur dan *stopwatch* untuk mengukur debit.
4. Busur untuk mengukur sudut kemiringan saluran kran air.
5. Air

H. Variabel Penelitian

Pengujian ini bersifat eksperimen dan variabel yang ada terbagi atas:

1. Variabel bebas (*independent variable*), merupakan variable yang tidak tergantung atau terpengaruh oleh variabel lain. Variabel bebas

dalam penelitian ini adalah sudut bukaan kran air .

2. Variabel terikat (*dependent variable*), merupakan variable yang tergantung atau terpengaruh oleh variable lain. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya turbin (*Pt*) dan efisiensi.
3. Variabel kontrol, variabel kontrol dalam penelitian ini adalah ; debit (*Q*), kecepatan aliran (*V*) dan head (*h*).

I. Analisis Data Pengujian

Untuk mengolah data yang diperoleh dan menjawab permasalahan penelitian ini, maka data yang akan dianalisis berupa:

1. Head Effektif (H_{eff})

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

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

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

2. Putaran turbin (*n*)

Menghitung putaran dalam (Rpm) cukup dengan memasukkan angka yang terbaca pada tachometer.

3. Debit (*Q*)

Alat ukur yang digunakan untuk mencari debit (*Q*) air adalah dengan cara manual, yaitu dengan menampung air yang keluar dari rumah turbin menggunakan wadah yang sudah ditentukan skala, dan menggunakan *stopwatch* untuk menghitung waktunya. Untuk mengetahui berapa nilai debit maka dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{det)}$$

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{waktu (det)}$$

4. Gaya pengereman (N)

Cara pengambilan data dapat menggunakan spring balance.

$$F = F_1 - F_2 \dots\dots\dots (N)$$

5. Torsi (T)

$$T = F \cdot R \dots\dots\dots (Nm)$$

Dimana:

$$F = \text{gaya pengereman (N)}$$

$$R = \text{radius pulley (m)}$$

6. Daya potensial air (P_{teori})

$$P_t = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H$$

Dimana :

$$P = \text{daya potensial air (watt)}$$

$$\rho = \text{massa jenis air (1000 Kg/m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{debit (m}^3\text{/detik)}$$

$$g = \text{gravitasi (9,81 m/detik}^2\text{)}$$

$$H = \text{ketinggian air (m)}$$

7. Daya efektif (P_e)

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

Dimana :

$$F = \text{gaya (N)}$$

$$R = \text{jadi-jari (m)}$$

$$n = \text{putaran poros (rpm)}$$

8. Effisiensi (η)

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

IV. Hasil Penelitian

A. Hasil Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu Melakukan Pengujian pada turbin air

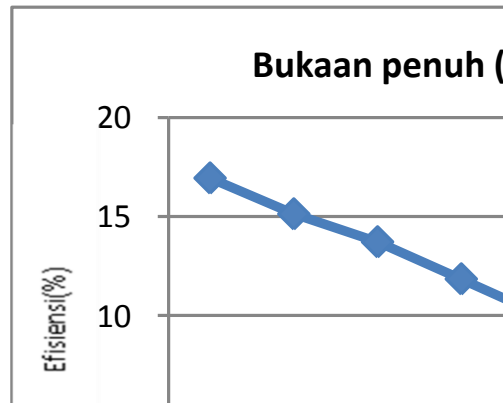
cross flow. Maka telah dilakukan pengujian dengan mengatur bukaan kran air. Kemudian diambil data yang diperlukan. Di bawah dapat kita lihat tabel data yang diperoleh selama melakukan pengujian yaitu:

No	H (m)	N (Rpm)	Q (m ³ /det)	F (N)	T (Nm)	Daya (Watt)		Effisi ensi (η)%
						Pt	Pe	
1	7,34	342	5. 10 ⁻⁴	5	0,1	36	3,88	9,94
2		339	4,98. 10 ⁻⁴	6	0,12	35,85	4,25	11,85
3		334	4,95. 10 ⁻⁴	7	0,14	35,64	4,89	13,72
4		321	5,08. 10 ⁻⁴	8	0,16	36,14	5,47	15,13
5		318	4,91. 10 ⁻⁴	9	0,18	35,35	5,99	16,94
6	5,7	338	4,8. 10 ⁻⁴	5	0,1	26,84	3,53	13,13
7		327	4,77. 10 ⁻⁴	6	0,12	26,67	4,11	15,41
8		320	4,73. 10 ⁻⁴	7	0,14	26,44	4,68	17,7
9		312	4,78. 10 ⁻⁴	8	0,16	26,72	5,22	19,53
10		304	4,81. 10 ⁻⁴	9	0,18	26,89	5,72	21,27
11	4,07	325	4,48. 10 ⁻⁴	5	0,1	17,88	3,4	19,01
12		317	4,53. 10 ⁻⁴	6	0,12	18,08	3,98	22,01
13		307	4,51. 10 ⁻⁴	7	0,14	18	4,49	24,97
14		298	4,56. 10 ⁻⁴	8	0,16	18,2	4,99	27,41
15		286	4,59. 10 ⁻⁴	9	0,18	18,32	5,38	29,36

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis data pengujian dapat diketahui hubungan putaran, gaya pengereman, daya efektif dan efisiensi pada grafik sebagai berikut:

1. Grafik Hubungan Putaran (n) terhadap Efisiensi

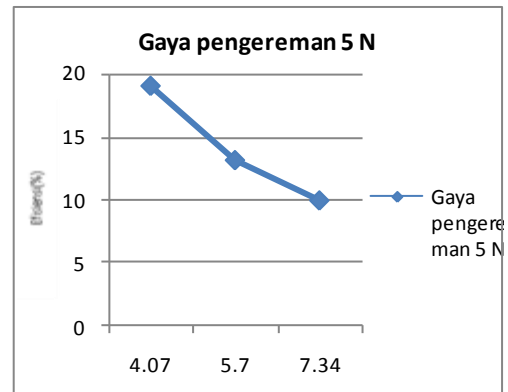


Gambar 11. Grafik Hubungan Putaran (n) terhadap Efisiensi (%) bukaan kran air penuh 90°

Gambar 11 dapat dilihat bahwa hubungan putaran dengan efisiensi pada bukaan kran penuh 90° yaitu efisiensi turbin paling besar terjadi pada putaran paling kecil yaitu 318 rpm, terjadi karena gaya pengereman pada putaran 318 rpm adalah gaya pengereman yang paling besar, sehingga menghasilkan torsi yang besar, ini mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan turbin menjadi lebih besar, maka didapat efisiensi turbin yang besar yaitu 16,94 %. Efisiensi paling kecil terjadi pada putaran 342 rpm yaitu 9,94 %. pada bukaan kran 70° yaitu efisiensi turbin paling besar terjadi pada putaran 304 rpm yaitu 21,27 %. Efisiensi paling kecil terjadi pada putaran 338 rpm yaitu 13,13 %.

Hubungan putaran dengan efisiensi yaitu semakin besar putaran yang terjadi maka efisiensi akan semakin kecil, karena gaya pengereman yang terjadi pada putaran kecil, sehingga menghasilkan torsi yang kecil, ini mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan turbin menjadi kecil, maka didapat efisiensi turbin yang kecil.

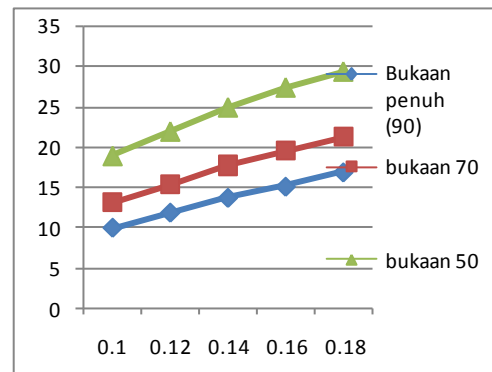
2. Grafik Hubungan Head terhadap Efisiensi



Gambar 14. Grafik Hubungan Tinggi air terhadap Efisiensi pada Gaya Pengereman (F)

Gambar 14 dapat dilihat bahwa hubungan head terhadap efisiensi yaitu pada gaya pengereman 5 N efisiensi yang tertinggi terjadi pada head 4,07 dan terendah terjadi pada head 7,34. Terjadi karena putaran yang dihasilkan pada head 4,07 kecil sehingga menghasilkan gaya pengereman yang besar maka torsi semakin besar sehingga mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan semakin besar. Maka didapat efisiensi yang besar.

3. Grafik Hubungan Torsi dengan Efisiensi



Gambar 15. Grafik Hubungan Torsi (T) dengan Efisiensi (%)

Gambar 15. dapat dilihat bahwa hubungan torsi terhadap efisiensi yaitu semakin besar gaya pengereman maka torsi semakin besar sehingga menghasilkan efisiensi yang besar. Efisiensi tertinggi terjadi pada torsi 0,18 Nm dan terkecil terjadi pada torsi 0,1 Nm.

V. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

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

1. Putaran turbin cross flow naik seiring bertambahnya tinggi air dan efisiensi yang diperoleh kecil karena gaya pengereman yang kecil. Putaran tertinggi terjadi pada bukaan penuh 90° yaitu 342 rpm dan efisiensinya adalah 9,94%
2. Head pada bukaan 50° menghasilkan efisiensi yang tertinggi. Terjadi karena gaya pengereman yang besar maka torsi semakin besar sehingga mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan semakin besar, maka didapat efisiensi yang besar yaitu 29,36%.
3. Torsi turbin cross flow besar karena bertambah besarnya gaya pengereman yang terjadi. Torsi tertinggi terjadi pada gaya pengereman 9 N yaitu 0,18 Nm. Semakin besar torsi maka daya efektif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga menghasilkan efisiensi yang besar.

B. Saran

Berdasarkan dari hasil pengujian alat maka perlu diperhatikan saran - saran berikut ini :

1. Rencanakanlah alat yang akan dibuat sebegus mungkin untuk memudahkan proses pembuatan dan pengujian.

2. Sebelum melakukan pengujian sebaiknya periksa semua perlengkapan alat uji dan kalibrasikan semua peralatan sebelum memulai pengujian.
3. Perhatikan cara pemakaian peralatan yang ada, jangan menyimpang dari prosedur kerja, sebab akan memberikan kemungkinan kerusakan pada alat uji yang dipakai.
4. 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*. Bandung : ITB.
- Haimerl,L.A. (1960). *The Cross Flow Turbine*. Jerman Barat.
- Himran Syukri. (2006). *Dasar-Dasar Merencanakan Turbin Air*. Makassar : CV. Bintang Lamumpatue.
- Harvey, Adam. (1993). *Microhidro design manual*. IT Publication.
- 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*. Jakarta : Pradya Paramitha.
- 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.
Jurnal.

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. Jurnal.