

PENGGUNAAN POMPA SENTRIFUGAL DENGAN TIPE IMPELER SEMI TERBUKA SEBAGAI TURBIN AIR

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

Nama : Galih Permadi Siwi
NIM : 035214037

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2007**

THE USE OF SEMI-OPEN-IMPELLER-TYPED CENTRIFUGAL-PUMP AS WATER TURBINE

Final Project
Presented as partial fulfillment of requirements
to obtain the Sarjana Teknik degree
in Mechanical Engineering



Presented by :

Name : Galih Permadi Siwi
NIM : 035214037

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAMME
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2007**

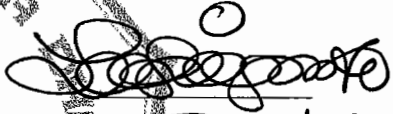


TUGAS AKHIR
PENGGUNAAN POMPA SENTRIFUGAL DENGAN TIPE
IMPELER SEMI TERBUKA SEBAGAI TURBIN AIR

Diajukan oleh :

Nama : Galih Permadi Siwi
NIM : 035214037

Telah dipertahankan di depan panitia penguji
 Pada tanggal 12 Januari 2007
 dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Panitia Penguji

Ketua	: Ir. YB. Lukiyanto, M.T.	
Sekretaris	: Ir. FA. Rusdi Sambada, M.T.	
Anggota	: Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T.	

Yogyakarta, 23 Januari 2007
 Fakultas Teknik
 Universitas Sanata Dharma

Dekan





Ir. Greg. Heliarko, S.J., SS., B.ST., MA., M.Sc.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Januari 2007

Penulis

Galih Permadi Siwi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah menyertai penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi jurusan Teknik Mesin di Universitas Sanata Dharma.

Atas terselesaikan Tugas Akhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Romo Ir. Gregorius Heliarko, SJ., SS., B.ST., MA., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., selaku ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma dan selaku dosen pembimbing mata kuliah tugas akhir.
3. Bapak Ir. Fransiskus Asisi Rusdi Sambada, M.T., selaku dosen pembimbing akademik.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut ikut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa naskah Tugas Akhir yang telah disusun masih jauh dari sempurna, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun menuju kesempurnaan.

Akhir kata, penulis mengharapkan Tugas Akhir yang telah tersusun dapat memberi manfaat kepada pembaca.

Yogyakarta, 19 Januari 2007

Penulis

Galih Permadi Siwi

DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.2 Landasan Teori.....	3
2.2.1 Aliran zat cair dan bentuk energinya.....	3
2.2.2 Prinsip kerja pompa sentrifugal.....	5
2.2.3 Prinsip dasar turbin francis.....	7
2.2.4 Daya yang dihasilkan turbin.....	9
2.2.5 Rem blok tunggal.....	9

BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN	12
3.1 Bahan Penelitian.....	12
3.1.1 Peralatan penelitian.....	13
3.2 Jalannya Penelitian.....	15
3.2.1 Persiapan.....	15
3.2.2 Pelaksanaan penelitian.....	17
3.3 Persamaan Yang Digunakan.....	17
BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Data Penelitian.....	20
4.1.1 Data pada sarana penelitian.....	20
4.1.2 Data hasil penelitian.....	21
4.2 Pengolahan dan Perhitungan Data.....	23
4.2.1 Perhitungan untuk variasi debit pertama.....	23
4.2.2 Perhitungan untuk variasi debit kedua.....	25
4.2.3 Perhitungan untuk variasi debit ketiga.....	26
4.2.4 Perhitungan untuk variasi debit keempat.....	27
4.2.5 Perhitungan untuk variasi debit kelima.....	27
4.2.6 Perhitungan efisiensi turbin.....	29
4.3 Pembahasan.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31
Daftar Pustaka.....	33

Lampiran..... 34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien gesek dan tekanan rem.....	10
Tabel 4.1 Data variasi debit.....	20
Tabel 4.2 Data variasi debit pertama.....	21
Tabel 4.3 Data variasi debit kedua.....	21
Tabel 4.4 Data variasi debit ketiga.....	22
Tabel 4.5 Data variasi debit keempat.....	22
Tabel 4.6 Data variasi debit kelima.....	22
Tabel 4.7 Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit pertama.....	25
Tabel 4.8 Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit kedua.....	26
Tabel 4.9 Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit ketiga.....	26
Tabel 4.10 Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit keempat.....	27
Tabel 4.11 Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit kelima.....	28
Tabel 4.12 Tabel perhitungan efisiensi turbin.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk energi pada aliran air.....	4
Gambar 2.2 Bagan aliran fluida di dalam pompa sentrifugal.....	6
Gambar 2.3 Jalannya tekanan dan kecepatan air di dalam turbin tekanan lebih.....	8
Gambar 2.4 Turbin francis dengan rumah keong.....	8
Gambar 2.5 Rem blok tunggal.....	11
Gambar 3.1 Dimensi pompa yang difungsikan sebagai turbin.....	12
Gambar 3.2 Jenis impeler sebelum dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi.	13
Gambar 3.3 Skema peralatan penelitian.....	13
Gambar 4.1 Grafik daya keluaran dengan putaran tiap variasi debit.....	28
Gambar 4.2 Grafik daya keluaran dengan debit.....	29
Gambar 4.3 Grafik hasil perhitungan efisiensi turbin.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar pompa yang difungsikan sebagai turbin
2. Gambar impeler
3. Foto pompa yang difungsikan sebagai turbin

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Abad 21 merupakan abad yang dapat dikatakan sebagai abad teknologi tinggi. Pada abad ini manusia begitu dimanjakan oleh fasilitas dan kemudahan dari teknologi. Tidak dapat dipungkiri bahwa teknologi merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Teknologi memungkinkan segala sesuatu yang dahulu dianggap mustahil menjadi nyata dan dapat dinikmati manusia.

Teknologi juga menciptakan berbagai jenis dan bentuk alat konversi energi. Pada umumnya alat pembangkit energi menggunakan energi fosil sebagai energi dasar karena fosil yang berupa gas bumi, minyak bumi dan batu bara mempunyai energi yang sangat besar. Sejak awal revolusi industri, bahan bakar fosil digunakan dengan tanpa batas, hal ini dilakukan karena manusia belum berpikir keterbatasan energi fosil dan efek buruknya bagi lingkungan dalam bentuk polusi.

Akhir-akhir ini manusia begitu dikhawatirkan dengan krisis energi bahan bakar fosil dan efek buruk pembakaran hidrokarbon yang terkandung dalam bahan bakar fosil. Akhirnya dikembangkan pula berbagai bentuk energi alternatif untuk mencukupi energi dunia, baik dengan pengembangan teknologi tinggi berupa reaktor nuklir dan teknologi tenaga surya, maupun teknologi memanfaatkan energi alam berupa energi air, angin dan gelombang.

Negara Indonesia yang tiap tahunnya mempunyai curah hujan yang tinggi, mempunyai potensi energi air yang besar. Energi itu telah dimanfaatkan dengan dibangunnya pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di bendungan sungai-sungai besar di Indonesia. Pembangunan pembangkit energi skala besar itu jelas akan mencukupi kebutuhan energi dalam ruang lingkup yang luas dan konsekuensinya akan membutuhkan energi air yang besar juga.

Pada prakteknya energi air yang termanfaatkan hanya energi air yang besar saja, sehingga diberbagai tempat yang mempunyai banyak potensi energi air kecil yang tidak termanfaatkan. Di lain pihak banyak kelompok masyarakat terpencil yang belum bisa menikmati energi listrik distribusi dari pusat. Sehingga diperlukan teknologi terapan untuk memanfaatkan potensi-potensi energi air tersebut. Teknologi tersebut tidak harus mempunyai efisiensi yang besar, tetapi yang penting teknologi itu harus mudah diterapkan dan diaplikasikan oleh masyarakat pada umumnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengamati pengaruh variasi debit pada unjuk kerja pompa sebagai turbin. Pompa yang digunakan mempunyai jenis impeler terbuka yang dimodifikasi menjadi jenis impeler tertutup.

Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu dan memperluas pengetahuan tentang penggunaan pompa sebagai turbin.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk kasus pada penelitian ini penulis belum menemukannya dalam artikel, jurnal, maupun pada buku-buku mengenai penggunaan pompa sebagai turbin. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam melakukan perbandingan terhadap hasil penelitian.

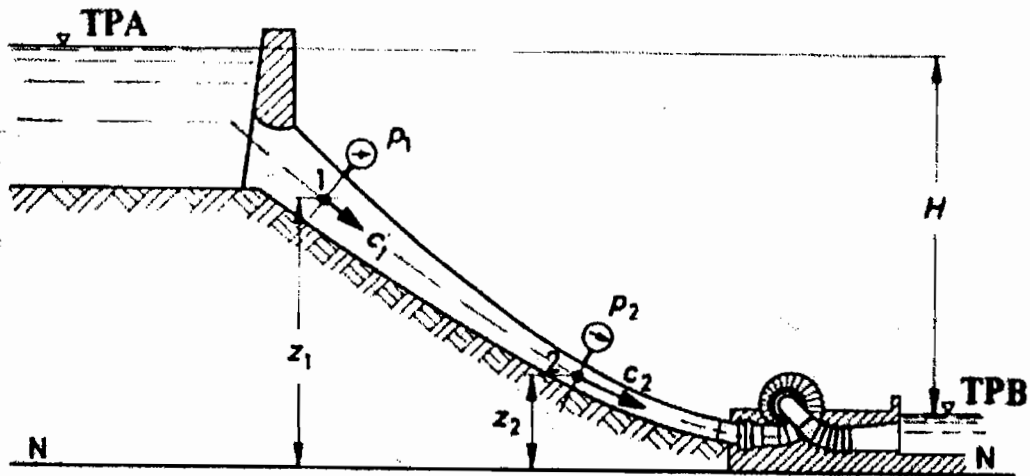
Jurnal lain yang dapat dijadikan pembanding adalah tentang penggunaan pompa sebagai turbin adalah Project report – Huai Kra Thing Micro-hydro project oleh Chris Greacen. Dalam artikel itu ditulis tentang laporan penggunaan pompa sebagai turbin untuk membangkitkan listrik. Dilaporkan bahwa listrik yang dibangkitkan dapat mencapai 1,6 kW, dengan masukan head 20 m dan debit 10 l/detik, yang jika dikalkulasi maka efisiensi yang terjadi sebesar 81 %.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Aliran zat cair dan bentuk energinya

Kaidah energi menyatakan bahwa suatu bentuk energi akan dapat diubah menjadi bentuk energi yang lain. Arus air yang mengalir mengandung energi dan energi tersebut dapat diubah bentuknya, misalnya perubahan dari energi potensial (tekanan) kedalam energi kinetik (kecepatan), atau sebaliknya.

Arti selanjutnya dari kaidah kekekalan energi adalah apabila arus air dalam alirannya dilewatkan melalui turbin air, maka energi yang ada dalam air akan diubah menjadi bentuk energi yang lain.



Gambar 2.1 : Bentuk energi pada aliran air (Fritz Dietzel 1992, hal. 4)

Aliran air pada suatu standar ketinggian tertentu, garis NN pada Gambar 2.1 mempunyai bentuk-bentuk energi sebagai berikut:

Energi tempat

$$m \cdot g \cdot z \text{ (Nm)}$$

Energi tekanan

$$m \cdot \frac{p}{\rho} \text{ (Nm)}$$

Energi kecepatan

$$m \cdot \frac{c^2}{2} \text{ (Nm)}$$

Persamaan Bernoulli

Pada suatu aliran air di dalam pipa, diambil suatu selisih ketinggian z antara tinggi air atas dan tinggi air bawah, maka menurut Bernoulli, besar energi aliran tersebut adalah:

$$\text{Persamaan energi } W = m \cdot g \cdot z + m \cdot \frac{p}{\rho} + m \cdot \frac{c^2}{2} \text{ (Nm)}$$

Bila pada aliran tersebut diatas diambil suatu jumlah air tiap 1kg untuk diperhitungkan, hal ini dinamakan “spesifik energi” satuannya dalam Nm/kg. Karena dibagi m akan didapat:

$$\text{Persamaan spesifik energi } w = g \cdot z + \frac{p}{\rho} + \frac{c^2}{2} = \text{kons tan (Nm/kg)}$$

Kemudian dibagi lagi dengan percepatan gravitasi g , akan didapat salah satu ruas dari persamaan Bernoulli, yang mempunyai arti ketinggian:

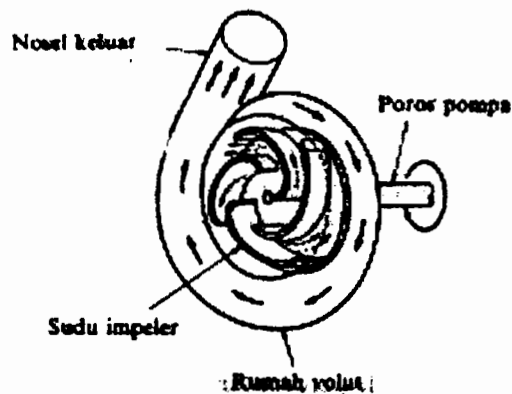
$$\text{Persamaan ketinggian } H = z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{c^2}{2g} = \text{kons tan (m)}$$

Dimana: z adalah ketinggian statis, $\frac{p}{\rho \cdot g}$ dinamakan tinggi tekanan dan $\frac{c^2}{2g}$

dinamakan tinggi kecepatan.

2.2.2 Prinsip dasar pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.3, mempunyai sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi.



Gambar 2.2 : Bagan aliran fluida di dalam pompa sentrifugal (Sularso 2004, hal. 4)

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran di antara sudu-sudu. Di sini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) di sekeliling impeler dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan.

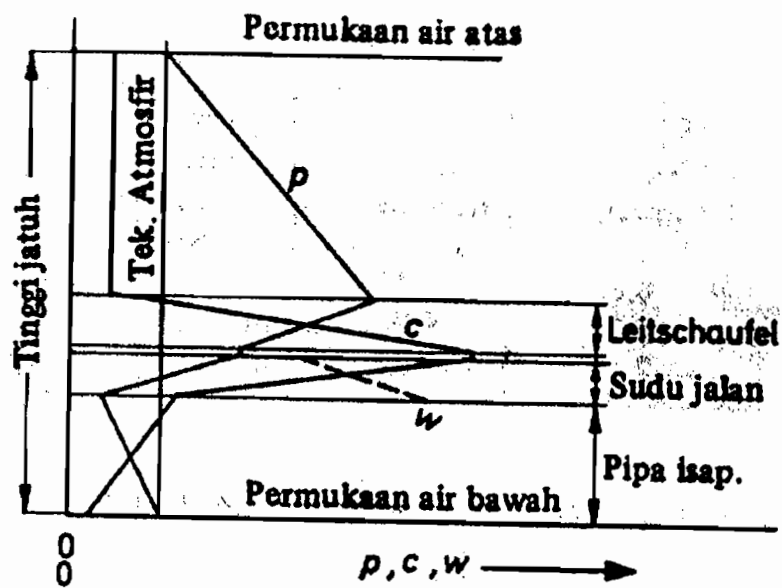
Jadi impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara flens isap dan flens keluar pompa disebut head total pompa.

Dari uraian di atas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang

mengakibatkan penambahan head tekanan, head kecepatan, dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu.

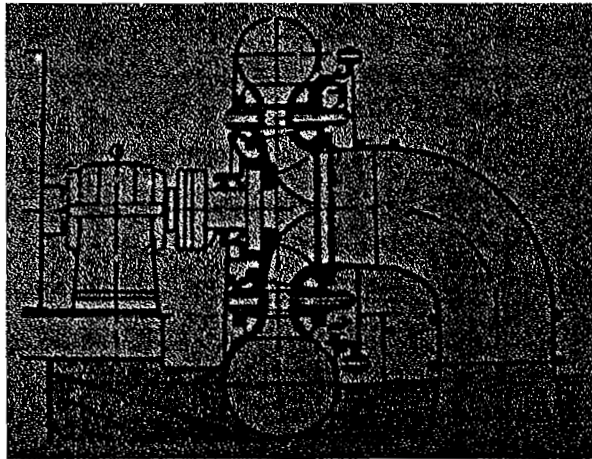
2.2.3 Prinsip dasar turbin francis

Turbin francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan arus masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan/bekerja di dalam sudu jalan, dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin. Pada sisi sebelah ke luar roda jalan terdapat tekanan kerendahan (kurang dari 1 Atmosfir) dan kecepatan aliran air yang tinggi. Di dalam pipa isap kecepatan aliran akan berkurang dan tekanannya akan kembali naik, sehingga air bisa dialirkan keluar lewat saluran air bawah dengan tekanan seperti keadaan sekitarnya. Jalannya tekanan dan kecepatan air ketika melewati dan berproses di dalam turbin secara informatif terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 : Jalannya tekanan dan kecepatan air di dalam turbin tekanan lebih
(Fritz Dietzel 1992, hal. 44)

Pipa isap pada turbin ini mempunyai tugas yang mirip dengan sudu hantar yang terdapat pada pompa sentrifugal, yaitu sama-sama mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan.



Gambar 2.4 : Turbin francis dengan rumah keong (Fritz Dietzel 1992, hal. 15)

Air akan berputar di dalam cincin yang berbentuk spiral (rumah keong) lebih dahulu, baru kemudian lewat sudu pengarah yang bisa diukur menuju sudu jalan. Kemudian air akan meninggalkan roda turbin dengan arah horizontal. Daya yang dihasilkan turbin bisa diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah, dengan demikian kapasitas air yang masuk ke dalam roda turbin bisa diperbesar atau diperkecil.

Turbin Francis dilaksanakan dengan posisi poros vertikal atau horisontal.

2.2.4 Daya yang dihasilkan turbin

Dari kapasitas air \dot{V} dan tinggi air jatuh H dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin.

$$P = \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_T \text{ (W)}$$

$$\dot{V} = \text{kapasitas air (m}^3\text{/detik)}$$

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

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/detik}^2\text{)}$$

$$H = \text{head total (m)}$$

$$\eta_T = \text{efisiensi turbin}$$

2.2.5 Rem blok tunggal

Rem blok yang paling sederhana terdiri dari satu blok rem yang ditekan terhadap drum rem, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.4. Biasanya pada

blok rem tersebut pada permukaan geseknya dipasang lapisan rem atau bahan gesek yang dapat diganti bila telah aus.

Tabel 2.1 : Koefisien gesek dan tekanan rem (Sularso 2004, hal. 80)

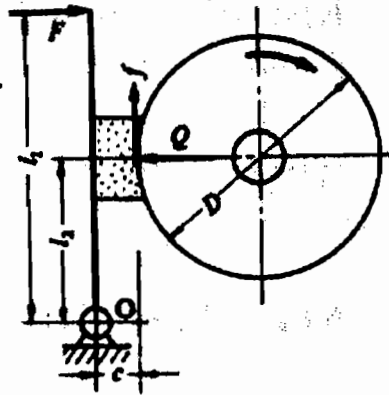
Bahan drum	Bahan gesek	Koefisien gesek μ	Tekanan permukaan p_s (kg/mm ²)	Keterangan
Besi cor, baja cor, besi cor khusus	Besi cor	0,10-0,20	0,09-0,17	Kering
		0,08-0,12		Dilumasi
	Perunggu	0,10-0,20	0,05-0,08	Kering-dilumasi
	Kayu	0,10-0,35	0,02-0,03	Dilumasi
	Tenunan	0,35-0,60	0,007-0,07	Kapas, asbes
	Cetakan (pasta)	0,30-0,60	0,003-0,18	Damar, asbes, setengah logam
	Paduan sinter	0,20-0,50	0,003-0,10	Logam

Dalam Gambar 2.4, jika gaya tekan blok terhadap drum adalah Q (kg), koefisien gesek adalah μ dan gaya gesek yang ditimbulkan pada rem adalah f (kg), maka

$$f = \mu \cdot Q$$

Momen T yang diserap oleh drum rem adalah

$$T = f \cdot (D/2) \text{ atau } T = \mu \cdot Q \cdot (D/2)$$



Gambar 2.5 : Rem blok tunggal (Sularso 2004, hal. 78)

Jika panjang tuas rem adalah l_1 , jarak engsel tuas sampai garis kerja Q adalah l_2 dan gaya yang diberikan pada tuas adalah F dan jika engsel menjauhi gaya kerja f dengan jarak c dalam arah sumbu poros, maka untuk arah putaran sesuai dengan jarum jam.

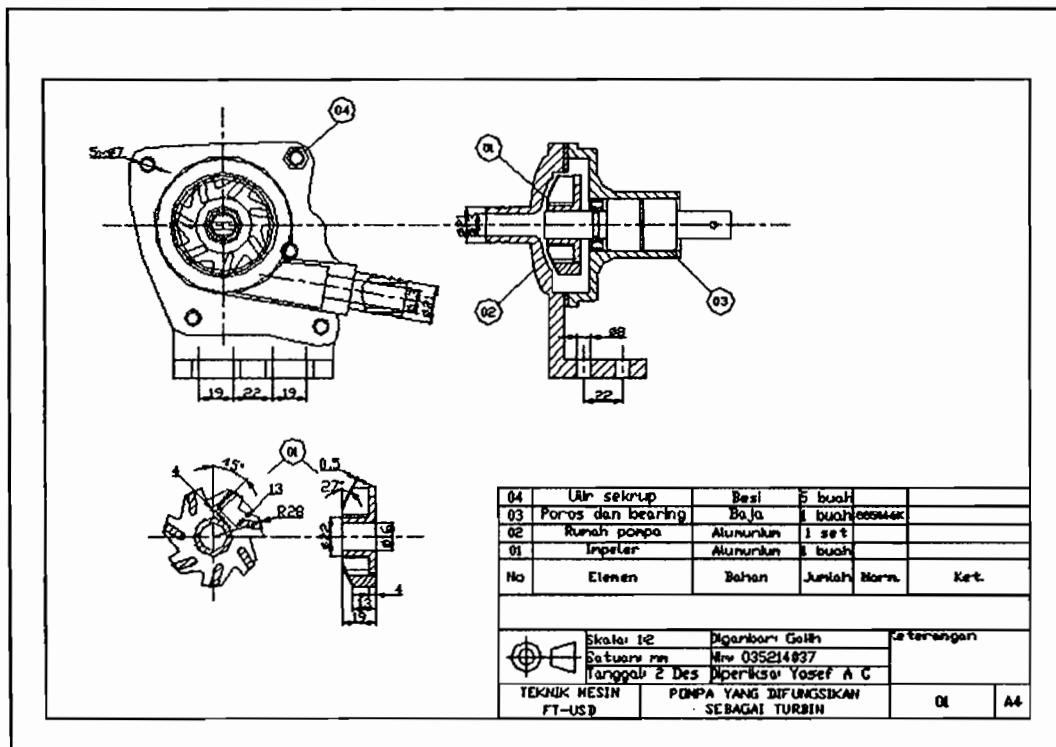
$$F = f \cdot \frac{l_2 - \mu c}{\mu l_1}$$

BAB III

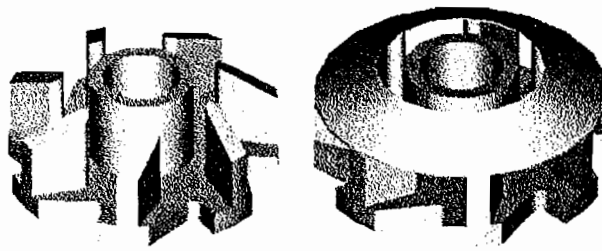
PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan atau materi penelitian adalah pompa sirkulasi merk GMB yang dimodifikasi impelernya dengan jenis impeler semi terbuka. Modifikasi dengan model impeler semi terbuka (sebelum dimodifikasi berupa impeler terbuka) dilakukan untuk memperbaiki efisiensi karena akan mengurangi kebocoran aliran air dalam impeler.



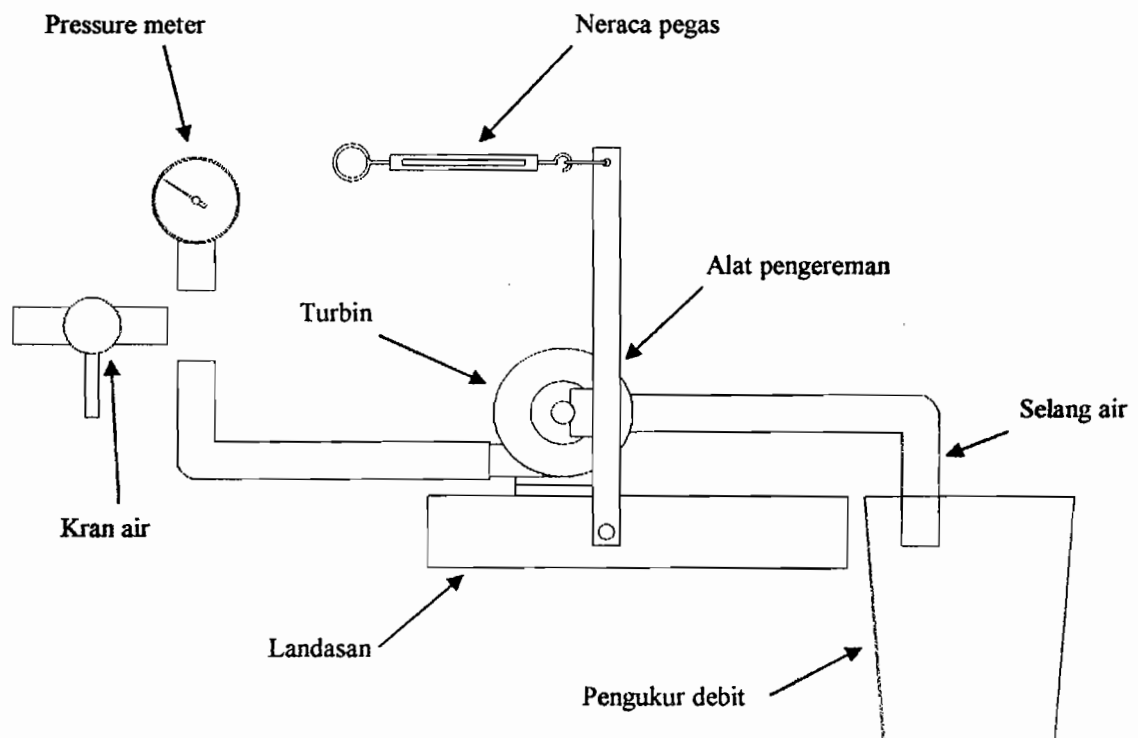
Gambar 3.1 : Dimensi pompa yang difungsikan sebagai turbin



Gambar 3.2 : Jenis impeler sebelum dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi

3.1.1 Peralatan penelitian

Skema dari peralatan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. Peralatan penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi seperti berikut :



Gambar 3.3 : Skema peralatan penelitian

a. Aliran air

Aliran air akan dimanfaatkan energinya untuk memutar poros turbin. Air yang digunakan sebagai fluida kerja berasal dari sistem saluran air rumah tangga yang ada di Kampus III Universitas Sanata Dharma.

b. Alat pengereman

Alat pengereman digunakan untuk membebani putaran poros, sehingga dapat diukur torsinya. Alat pengereman yang digunakan berupa rem blok tunggal dengan bahan sepatu rem kayu dan drum rem merupakan poros keluaran turbin. Sepatu rem dipasang pada tuas rem vertikal dengan engsel tuas terletak dibawah.

c. Neraca pegas

Neraca pegas digunakan untuk mengukur gaya pengereman. Neraca pegas yang digunakan mempunyai skala minimum yang dapat dibaca sebesar 0,01 kg. Neraca pegas dipasang pada tuas rem bagian atas.

d. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengukur putaran poros keluaran turbin. *Tachometer* yang digunakan merupakan *tachometer* berjenis digital light *tachometer*, yang prinsip kerjanya dengan memancarkan sinar untuk membaca sensor yang berupa pemantul cahaya yang dipasang pada poros.

e. Pressure meter

Pressure meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan yang terjadi di pipa air keluaran. *Pressure meter* yang digunakan adalah *pressure meter* yang umum dipakai untuk mengukur tekanan udara kompresor dengan skala minimum yang dapat dibaca sebesar 0,1 kg/cm².

Karena pressure meter yang digunakan merupakan *pressure meter* untuk fluida udara, maka sebelum dipasang pada saluran air yang rapat, saluran air harus diberi kolom udara terlebih dahulu.

f. Pengukur debit

Pengukur debit digunakan untuk mengukur debit air yang dilewatkan di turbin. Pengukur debit merupakan gabungan dua alat yaitu alat pengukur volume yang berupa ember bervolume 20 liter dan alat pengukur waktu berupa stop watch.

g. Pengatur variasi debit

Pengatur variasi debit berupa kran air yang dipasang pada saluran air sebelum masuk turbin.

3.2 Jalannya Penelitian

3.2.1 Persiapan

a. Persiapan Pendahuluan

Peralatan dirangkai sedemikian rupa. Turbin yang akan dicoba dirangkai dengan alat pengereman, neraca pegas diikatkan pada tuas pengeraman. Alat pengukur disiapkan, alumunium foil direkatkan pada poros keluaran turbin sebagai sensor yang akan dibaca tachometer. Selang air dipasang pada saluran masuk dan keluar turbin. Selang yang dipasang pada saluran keluaran turbin diarahkan pada pengukur volume. Selang yang dipasang pada saluran masukan turbin diarahkan pada pipa air sumber yang sudah memiliki kran sebagai pengatur debit.

Setelah peralatan terpasang dan dipastikan tidak ada kebocoran air pada saluran maupun pada turbin, kran air dibuka penuh untuk beberapa saat. Hal ini dilakukan agar turbin benar-benar sudah terisi air, jangan sampai ada udara yang terjebak diantara saluran maupun sudu turbin.

b. Percobaan Awal

Percobaan awal dilakukan untuk mengetahui penurunan tekanan yang terjadi pada tiap waktu. Hal ini dilakukan karena saluran air yang digunakan untuk masukan turbin merupakan saluran air kampus yang terdistribusi menyeluruh pada taman kampus. Pada pengambilan data yang telah dilakukan sebanyak 2x pada waktu siang hari dimana kegiatan rumah tangga kampus sedang “aktif”, banyak terjadi kejanggalan dimana putaran turbin sering naik turun pada bukaan kran yang tetap, setelah diselidiki ternyata terjadi fluktuasi tekanan air yang berkisar antara 1-2 kg/cm^2 . Fluktuasi yang terjadi terlalu besar sehingga sangat berpengaruh pada hasil pengamatan yang mengasumsikan tekanan air adalah tetap. Sehingga ada inisiatif untuk melakukan pengukuran tekanan air pada malam hari dimana kegiatan rumah tangga kampus sedang “pasif”, pada pengukuran malam hari yang dilakukan beberapa kali ternyata tekanan air pada malam hari adalah tetap.

3.2.2 Pelaksanaan penelitian

- (1) Pengukuran tekanan air dilakukan pada awal dan akhir penelitian, hal ini dilakukan untuk mengetahui rata-rata tekanan air yang terjadi.

- (2) Pengukuran torsi poros keluaran turbin dilakukan pada tiap 1x variasi debit. Pada tiap bukaan kran, dilakukan 5x pengukuran torsi dengan melakukan variasi pembebanan rem sebanyak 5x dan pencatatan putaran poros pada tiap pembebanan rem. Hal ini dilakukan untuk mengukur daya maksimum yang dihasilkan turbin tiap 1x variasi debit.
- (3) Pengukuran pengaruh debit terhadap daya yang dihasilkan turbin. Dilakukan dengan melakukan variasi debit dan pengukuran torsi keluaran turbin sebanyak 5x.

3.3 Persamaan Yang Digunakan

Persamaan-persamaan yang digunakan pada saat pengolahan dan perhitungan data antara lain:

- a. Persamaan untuk menghitung daya air (P_m)
- Konversi satuan tekanan *pressure meter* (p (kg/cm²)) menjadi head (H (m))

$$H = \frac{p \cdot g \cdot 10000}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan: H = head total air (m)

p = tekanan *pressure meter* rata-rata (kg/cm²)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/detik²)

- Konversi satuan waktu untuk mencapai 20 liter (q (detik/20liter) menjadi

debit (\dot{V} ($m^3/detik$))

$$\dot{V} = \frac{1/q/20}{1000} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan: \dot{V} = debit air ($m^3/detik$)

q = waktu untuk mencapai 20 liter

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya air adalah:

$$P_{in} = \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot H \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan: P_{in} = daya air (W)

\dot{V} = debit air ($m^3/detik$)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi ($m/detik^2$)

H = head total air (m)

- b. Persamaan untuk menghitung daya turbin (P_{out})

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung gesek yang ditimbulkan rem adalah:

$$f = F \cdot \frac{\mu l_1}{l_2 - \mu c} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan: f = gaya gesek yang ditimbulkan rem (kg)

F = gaya pelayanan (kg)

μ = koefisien gesek

l_1 = panjang tuas rem (mm)

l_2 = jarak engsel tuas sampai garis kerja Q (mm)

c = jarak engsel tuas sampai garis kerja f (mm)

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung torsi adalah:

$$T = \frac{f \cdot D}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan: T = torsi (kg mm)

f = gaya gesek pengereman (kg)

D = diameter drum rem (mm)

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah:

$$P_{out} = \frac{T}{9,74 \cdot 10^5} \times n \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan: P_{out} = daya turbin (kW)

T = torsi (kg mm)

n = putaran turbin (rpm)

- c. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin (η_T)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi turbin adalah:

$$\eta_T = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan: η = efisiensi turbin

P_{in} = daya air (W)

P_{out} = daya turbin (W)

BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

4.1.1 Data pada sarana penelitian

Data yang diperoleh dari sarana penelitian adalah sebagai berikut:

a. Air

tekanan *pressure meter*

awal : $p_1 = 5,4 \text{ kg/cm}^2$

akhir : $p_2 = 5,5 \text{ kg/cm}^2$

massa jenis air : $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Tabel 4.1 : Tabel variasi debit

	q (detik/20liter)	\dot{V} (m ³ /detik)
1	23.01	8,6919E-4
2	17.89	11,1794E-4
3	16.19	12,3533E-4
4	15.46	12,9366E-4
5	13.95	14,3369E-4

b. Mekanisme pengereman

panjang tuas rem : $l_1 = 465 \text{ mm}$

jarak engsel tuas sampai garis kerja : $l_2 = 125 \text{ mm}$

diameter drum rem : $D = 16 \text{ mm}$

koefisien gesek : $\mu = 0,2$

jarak engsel ke titik pengereman : $c = 37,5 \text{ mm}$

4.1.2 Data hasil penelitian

a. Data variasi debit pertama

Data yang diperoleh pada saat pengujian turbin dengan variasi debit pertama adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 : Data variasi debit pertama

Variasi debit 1 $\dot{V} : 8,6919E-4 \text{ m}^3/\text{detik}$

	F (gram)	n (rpm)
	300	0
1	50	270
2	100	205
3	150	128
4	200	66
5	250	39
	0	510

b. Data variasi debit kedua

Data yang diperoleh pada saat pengujian turbin dengan variasi debit kedua adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 : Data variasi debit kedua

Variasi debit 2 $\dot{V} : 11,1794E-4 \text{ m}^3/\text{detik}$

	F (gram)	n (rpm)
	450	0
1	75	575
2	150	402
3	225	245
4	300	133
5	375	61
	0	726

c. Data variasi debit ketiga

Data yang diperoleh pada saat pengujian turbin dengan variasi debit ketiga adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 : Data variasi debit ketigaVariasi debit 3 $\dot{V} : 12,3533E-4 \text{ m}^3/\text{detik}$

	F (gram)	n (rpm)
	700	0
1	106	764
2	143	626
3	350	360
4	466	155
5	583	63
	0	944

d. Data variasi debit keempat

Data yang diperoleh pada saat pengujian turbin dengan variasi debit keempat adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 : Data variasi debit keempatVariasi debit 4 $\dot{V} : 12,9366E-4 \text{ m}^3/\text{detik}$

	F (gram)	n (rpm)
	840	0
1	140	922
2	280	784
3	420	553
4	560	230
5	700	93
	0	1167

e. Data variasi debit kelima

Data yang diperoleh pada saat pengujian turbin dengan variasi debit kelima adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 : Data variasi debit kelimaVariasi debit 5 $\dot{V} : 14,3369E-4 \text{ m}^3/\text{detik}$

	F (gram)	n (rpm)
	1200	0
1	200	1098
2	400	937
3	600	837
4	800	561
5	1000	435
	0	1383

4.2 Pengolahan dan Perhitungan Data

Perhitungan dilakukan dengan sistem komputasi menggunakan program Microsoft Excel. Penulis memberikan cuplikan jalan perhitungan dengan menggunakan data satu data variasi debit pertama. Hasil perhitungan lainnya akan ditampilkan dengan bentuk tabel.

4.2.1 Perhitungan untuk variasi debit pertama $\dot{V} = 8,6919E - 4m^3 / detik$

a. Perhitungan daya air

Dengan menggunakan (Pers. 2.1), maka diperoleh head :

$$\begin{aligned} H &= \frac{p \cdot g \cdot 10000}{\rho \cdot g} \\ &= \frac{5,45 \cdot 9,81 \cdot 10000}{1000 \cdot 9,81} \\ &= 54,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan (Pers. 2.2), maka diperoleh debit air :

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \frac{1/q/20}{1000} \\ &= \frac{1/23,01/20}{1000} \\ &= 8,6919E-4 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan (Pers. 2.3), maka diperoleh daya air :

$$\begin{aligned} P_m &= \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot H \\ &= 8,6919E - 4 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 54,5 \\ &= 464,706649 \text{ Watt} \end{aligned}$$

b. Perhitungan daya turbin

Dengan menggunakan (Pers. 2.4), maka diperoleh gaya gesek yang ditimbulkan rem :

$$\begin{aligned} f &= F \cdot \frac{\mu_1}{l_2 - \mu c} \\ &= 0,05 \cdot \frac{0,2 \cdot 465}{125 - 0,2 \cdot 37,5} \\ &= 0,03957 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan (Pers. 2.5), maka diperoleh torsi poros :

$$\begin{aligned} T &= \frac{f \cdot D}{2} \\ &= \frac{0,03957 \cdot 16}{2} \\ &= 0,31660 \text{ kg mm} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan (Pers. 2.6), maka diperoleh daya poros :

$$\begin{aligned} P_{out} &= \frac{T}{9,74 \cdot 10^5} \times n \\ &= \frac{0,31660}{9,74 \cdot 10^5} \times 270 \\ &= 0,00008776 \text{ kW} \\ &= 0,08776 \text{ W} \end{aligned}$$

c. Perhitungan efisiensi tubin

Setelah seluruh data dalam variasi debit pertama dihitung akan dihasilkan :

Tabel 4.7 : Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit pertama

	F (gram)	n (rpm)	F (kg)	f (kg)	T(kg mm)	Pout (W)
	300	0	0,30	0,23745	1,89957	0,00000
1	50	270	0,05	0,03957	0,31660	0,08776
2	100	205	0,10	0,07915	0,63319	0,13327
3	150	128	0,15	0,11872	0,94979	0,12482
4	200	66	0,20	0,15830	1,26638	0,08581
5	250	39	0,25	0,19787	1,58298	0,06338
	0	510	0	0	0	0

Dari Tabel 4.7 diketahui bahwa daya keluaran terbesar $P_{out} = 0,13327$ W, daya inilah yang dipakai sebagai daya poros pada saat variasi pertama.

Selanjutnya Dengan menggunakan (Pers. 2.7), maka diperoleh efisiensi turbin :

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{0,13327}{464,706649} \times 100\% \\ &= 0,02867815 \%\end{aligned}$$



4.2.2 Perhitungan untuk variasi debit kedua $\dot{V} = 0,00111794 \text{ m}^3 / \text{detik}$

a. Daya air

$$P_m = 597,702627 \text{ Watt}$$

b. Daya turbin

Tabel 4.8 : Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit kedua

F (gram)	n (rpm)	F (kg)	f (kg)	T(kg mm)	Pout (W)
450	0	0,450	0,35617	2,84936	0,00000
75	575	0,075	0,05936	0,47489	0,28035
150	402	0,150	0,11872	0,94979	0,39201
225	245	0,225	0,17809	1,42468	0,35836
300	133	0,300	0,23745	1,89957	0,25939
375	61	0,375	0,29681	2,37447	0,14871
0	726	0	0	0	0

Dari Tabel 4.8 diketahui bahwa daya keluaran terbesar $P_{out} = 0,39201 W$, daya inilah yang dipakai sebagai daya poros pada saat variasi kedua.

c. Efisiensi turbin

$$\eta_T = 0,065585564 \%$$

4.2.3 Perhitungan untuk variasi debit ketiga $\dot{V} = 0,00123533 m^3 / det\ ik$

a. Daya air

$$P_{in} = 660,463249 \text{ Watt}$$

b. Daya turbin

Tabel 4.9 : Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit ketiga

F (gram)	n (rpm)	F (kg)	f (kg)	T(kg mm)	Pout (W)
700	0	0,700	0,55404	4,43234	0,00000
106	764	0,106	0,08390	0,67118	0,52647
143	626	0,143	0,11318	0,90546	0,58195
350	360	0,350	0,27702	2,21617	0,81912
466	155	0,466	0,36883	2,95067	0,46956
583	63	0,583	0,46144	3,69151	0,23877
0	944	0	0	0	0

Dari Tabel 4.9 diketahui bahwa daya keluaran terbesar $P_{out} = 0.81912 W$, daya inilah yang dipakai sebagai daya poros pada saat variasi ketiga.

c. Efisiensi turbin

$$\eta_T = 0,124021792 \%$$

4.2.4 Perhitungan untuk variasi debit keempat $\dot{V} = 0,00129366m^3 / \text{detik}$

a. Daya air

$$P_m = 691,649418 \text{ Watt}$$

b. Daya turbin

Tabel 4.10 : Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit keempat

F (gram)	n (rpm)	F (kg)	f (kg)	T(kg mm)	Pout (W)
840	0	0,84	0,66485	5,31881	0,00000
140	922	0,14	0,11081	0,88647	0,83914
280	784	0,28	0,22162	1,77294	1,42709
420	553	0,42	0,33243	2,65940	1,50991
560	230	0,56	0,44323	3,54587	0,83732
700	93	0,70	0,55404	4,43234	0,42321
0	1167	0	0	0	0

Dari Tabel 4.10 diketahui bahwa daya keluaran terbesar $P_{out} = 1,50991 \text{ W}$, daya inilah yang dipakai sebagai daya poros pada saat variasi keempat.

c. Efisiensi turbin

$$\eta_T = 0,21830542 \%$$

4.2.5 Perhitungan untuk variasi debit kelima $\dot{V} = 0,00143369m^3 / \text{detik}$

a. Daya air

$$P_m = 766,516129 \text{ Watt}$$

b. Daya turbin

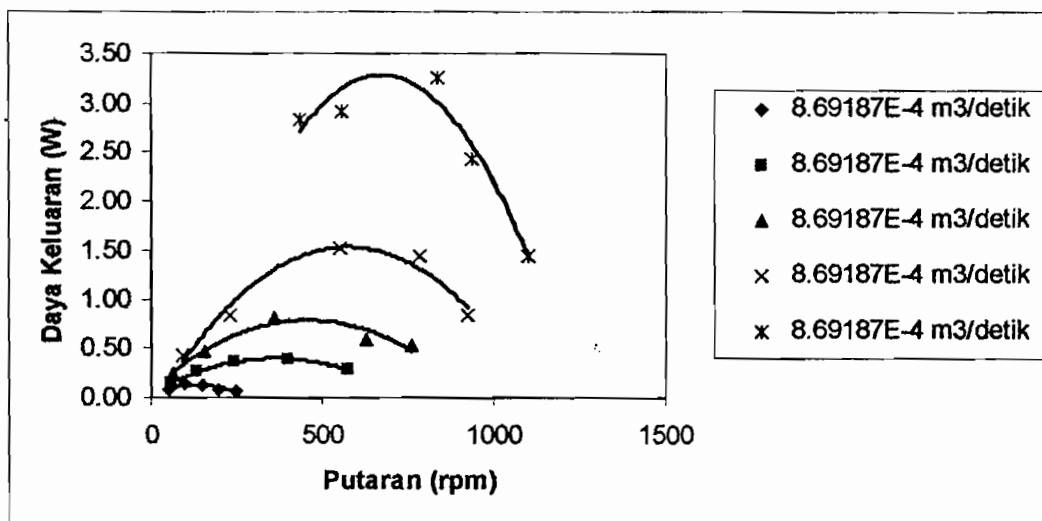
Tabel 4.11 : Tabel perhitungan daya poros keluaran variasi debit kelima

F (gram)	n (rpm)	F (kg)	f (kg)	T(kg mm)	Pout (W)
1200	0	1,2	0,94979	7,59830	0,00000
200	1098	0,2	0,15830	1,26638	1,42761
400	937	0,4	0,31660	2,53277	2,43655
600	837	0,6	0,47489	3,79915	3,26477
800	561	0,8	0,63319	5,06553	2,91762
1000	435	1	0,79149	6,33191	2,82791
0	1383	0	0	0	0

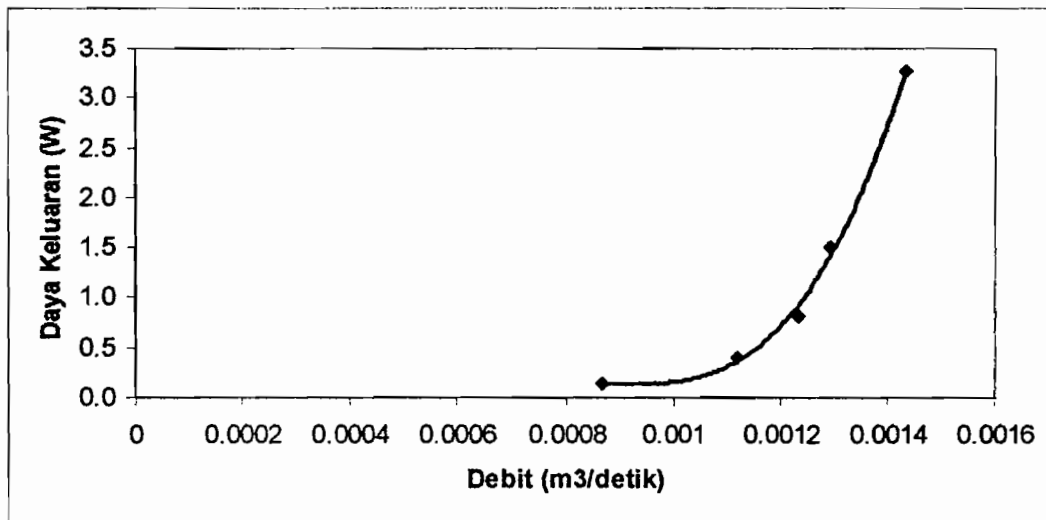
Dari Tabel 4.11 diketahui bahwa daya keluaran terbesar $P_{out} = 3,26477$ W, daya inilah yang dipakai sebagai daya poros pada saat variasi kelima.

c. Efisiensi turbin

$$\eta_T = 0,425923422 \%$$



Gambar 4.1 : Grafik daya keluaran dengan putaran tiap variasi debit

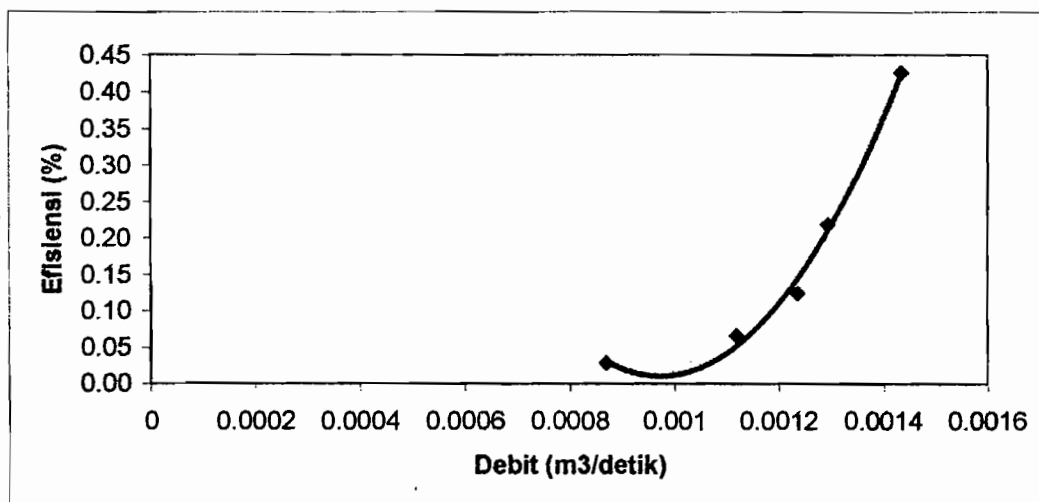


Gambar 4.2 : Grafik daya keluaran dengan debit

4.2.6 Perhitungan efisiensi turbin

Tabel 4.12 : Tabel perhitungan efisiensi turbin

Pin (W)	Pout (W)	η
464,706649	0,13327	0,028678147 %
597,702627	0,39201	0,065585564 %
660,463249	0,81912	0,124021792 %
691,649418	1,50991	0,21830542 %
766,516129	3,26477	0,425923422 %



Gambar 4.3 : Grafik hasil perhitungan efisiensi turbin

4.3 Pembahasan

- a. Grafik daya keluaran dengan putaran tiap variasi debit (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa daya keluaran akan naik pada tiap kenaikan debit. Hal ini disebabkan karena besar daya turbin berbanding lurus terhadap debit.
- b. Dari debit yang tersedia, dapat diketahui bahwa semakin besar debit air masuk, maka semakin besar pula efisiensi turbin yang dihasilkan.
- c. Didapatkan efisiensi turbin maksimum $\eta_T = 0,425923422 \%$, pada debit air masuk $\dot{V} = 0,00143369 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan pada head $H = 54,5 \text{ m}$.
- d. Grafik hasil perhitungan efisiensi turbin (Gambar 4.3) tidak menunjukkan titik balik maksimum dimana akan terlihat efisiensi maksimum dari berbagai variasi debit, hal ini dikarenakan keterbatasan debit air masuk.
- e. Grafik hasil perhitungan efisiensi turbin (Gambar 4.3) menunjukkan bahwa kurva efisiensi masih naik dengan terjal dan belum terlihat kurva yang mendatar. Hal ini menunjukkan bahwa turbin yang diuji akan memberikan efisiensi yang lebih baik apabila dioperasikan pada debit air masuk $\dot{V} > 0,00143369 \text{ m}^3/\text{detik}$ hingga batas debit tertentu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian mengenai prestasi turbin air dengan variasi debit air masuk dapat disimpulkan:

- (1) Dari debit yang tersedia antara 0,869 liter/detik sampai dengan 1,434 liter/detik, dengan head sebesar 54,5 m dapat diketahui bahwa semakin besar debit air masuk, maka semakin besar pula efisiensi turbin yang dihasilkan.
- (2) Didapatkan efisiensi turbin maksimum $\eta_t = 0,425923422$ %, pada debit air masuk $\dot{V} = 1,43369$ liter/detik dan pada head $H = 54,5$ m.
- (3) Dari grafik hasil perhitungan efisiensi turbin, dapat disimpulkan bahwa dengan head $H = 54,5$ m, turbin yang diuji akan memberikan efisiensi yang lebih baik apabila dioperasikan pada debit air masuk $\dot{V} > 1,43369$ liter/detik hingga batas debit tertentu.

5.2 Saran

Beberapa saran yang penting untuk berbagai pihak yang ingin mengembangkan penelitian pada bidang sejenis dengan penelitian ini :

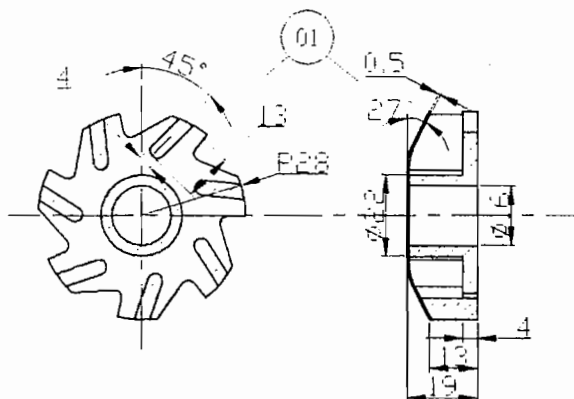
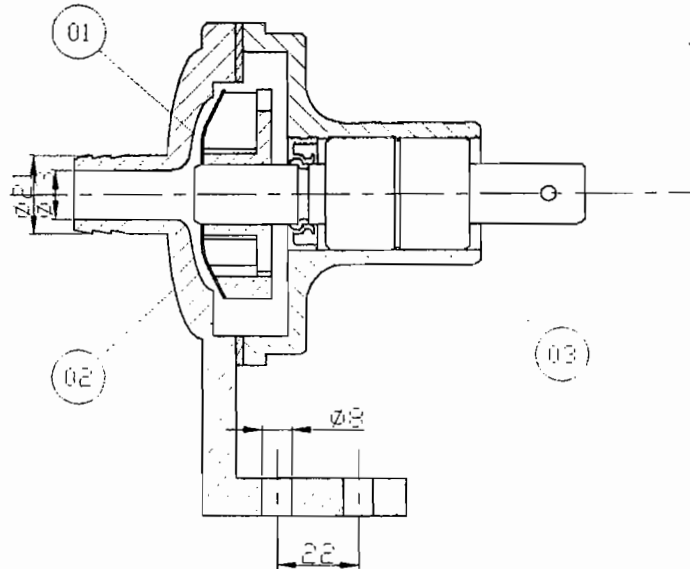
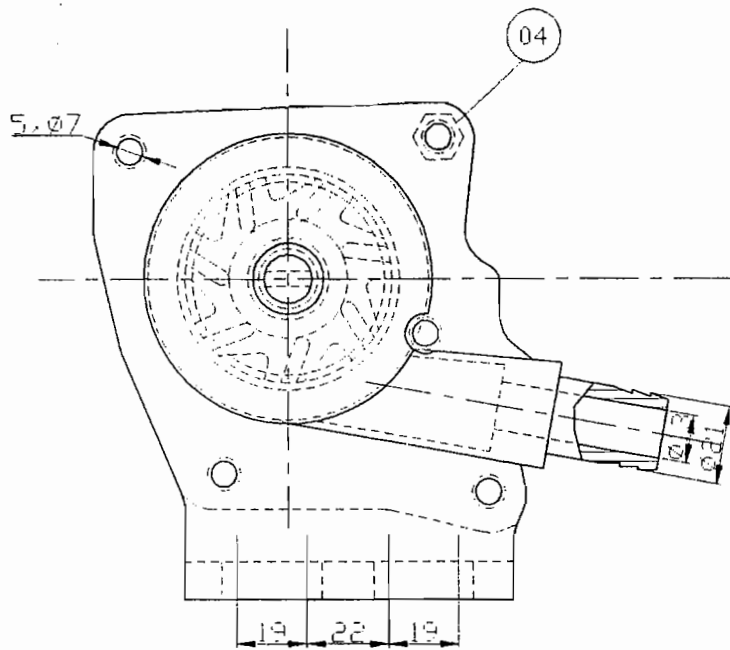
1. Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini mendapatkan fenomena unjuk kerja pompa yang digunakan sebagai turbin, sehingga untuk pengukuran yang

- lebih teliti hendaknya menggunakan peralatan yang lebih sesuai. Hendaknya menggunakan pengukur head dan pengukur daya keluaran yang teliti.
2. Menyediakan alat sebagai pemberi masukan air turbin yang mempunyai rentang debit yang luas, sehingga apabila melakukan penelitian pengaruh variasi debit terhadap efisiensi turbin, nantinya akan menghasilkan efisiensi maksimum dari rentang debit yang luas.
 3. Merancang dan membuat alat sebagai pemberi masukan turbin yang dapat divariasikan headnya, sekaligus mempunyai alat pengukur head yang tepat dalam segala bentuk variasi debit. Sehingga dapat melakukan penelitian pengaruh variasi head terhadap efisiensi turbin.
 4. Merancang dan membuat alat sebagai pengukur daya keluaran turbin yang lebih teliti. Dapat pula menggunakan generator listrik yang sudah ditera.
 5. Meneliti prestasi dari jenis-jenis pompa yang lain yang difungsikan sebagai turbin.

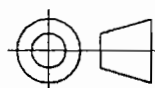
DAFTAR PUSTAKA

- Chris Greacen.** 2006. *Project report – Huai Kra Thing Micro-hydro project.*
- Dakso Sriyono dan Fritz Dietzel.** 1994. *TURBIN, POMPA DAN KOMPRESOR.* Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sularso dan Haruo Tahara.** 2004. *POMPA DAN KOMPRESOR Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan.* Cetakan kedelapan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga.** 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan ELEMEN MESIN.* Cetakan kesebelas. Jakarta: Pradnya Paramita.

LAMPIRAN



04	Ulir sekrup	Besi	5 buah		
03	Poros dan bearing	Baja	1 buah	885166K	
02	Rumah pompa	Aluminium	1 set		
01	Impeler	Aluminium	1 buah		
No	Elemen	Bahan	Jumlah	Norm.	Ket.



Skala: 1:2
 Satuan: mm
 Tanggal: 2 Des

Digambar: Galih
 Nim: 035214037
 Diperiksa: Yosef A C

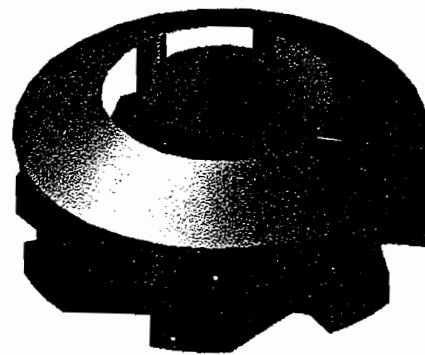
Keterangan

TEKNIK MESIN
 FT-USD

POMPA YANG DIFUNGSIKAN
 SEBAGAI TURBIN

01

A4



	Skala: 1:1	Digambari: Galih	Keterangan	
	Satuan: mm	Nim: 035214037		
	Tanggal: 2 Des	Diperiksa: Yosef A C		
TEKNIK MESIN FT-USD	IMPELER		01	A4

