

**PENGANGKAT SAMPAH TERAPUNG DENGAN KINCIR HIDROLIK  
GANDA**

*Floating Solid Waste Lifter By Double Hydraulic Wheel*

**SKRIPSI**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta



**Disusun oleh:**

**BACHRONI GUNAWAN**

**NIM. I 0108076**

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**2013**

*commit to user*

**PENGANGKAT SAMPAH TERAPUNG DENGAN KINCIR HIDROLIK  
GANDA**

*Floating Solid Waste Lifter By Double Hydraulic Wheels*

**SKRIPSI**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun Oleh :

**BACHRONI GUNAWAN**

**NIM. 1 0108076**

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

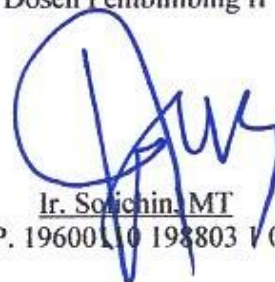
Persetujuan:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mamok Suprpto, M.Eng  
NIP. 19510710 198103 1 003

Dosen Pembimbing II



Ir. Solichin, MT  
NIP. 19600110 198803 1 002

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENGANGKAT SAMPAH TERAPUNG DENGAN KINCIR HIDROLIK**  
**GANDA**

*Floating Solid Waste Lifter By Double Hydraulic Wheels*

**SKRIPSI**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik  
Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Disusun Oleh :

**BACHRONI GUNAWAN**

**NIM. 1 0108076**

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendaratan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Hari : Senin

Tanggal : 18 Februari 2013

1. Dr. Ir. Mamok Suprpto, MEng  
NIP. 19510710 198103 1 003
2. Ir. Solichin, MT  
NIP. 19600110 198803 1 002
3. Ir. Sulastoro, RI, MSi.  
NIP. 19521105 1986011 1 001
4. Ir. Susilowati, MSi  
NIP. 19480610 198503 2 001



Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNS



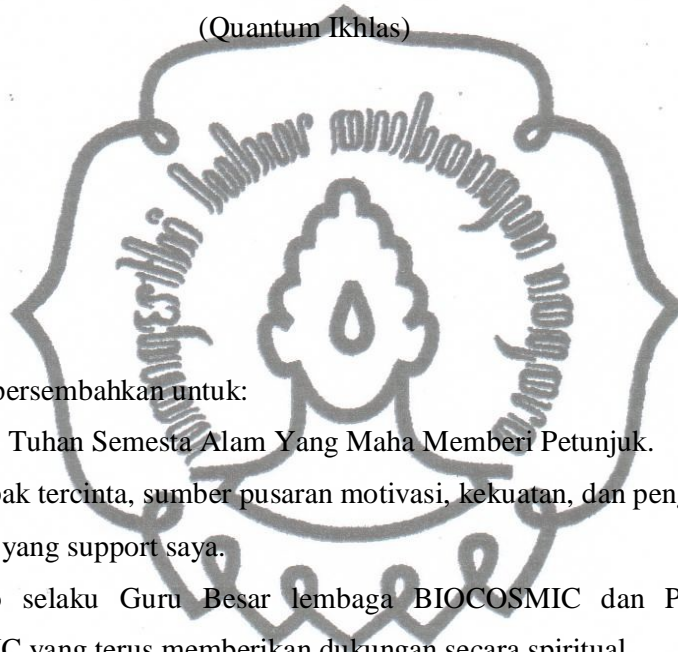
**Ir. Bambang Santosa, MT**  
NIP. 19590823 198601 1 001

## MOTO DAN PERSEMBAHAN

**Semua yang tampak berasal dari sesuatu yang tidak tampak.  
Semua yang bisa dilihat berawal dari sesuatu yang tidak bisa dilihat.**

**Impossible is nothing jika Tuhan berkehendak**

(Quantum Ikhlas)



Karya ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, Tuhan Semesta Alam Yang Maha Memberi Petunjuk.
2. Ibu dan Bapak tercinta, sumber pusaran motivasi, kekuatan, dan pengabdian.
3. Kakak saya yang support saya.
4. Pak Onggo selaku Guru Besar lembaga BIOCOSMIC dan Pak Sapto BIOCOSMIC yang terus memberikan dukungan secara spiritual.
5. Universitas Sebelas Maret, almamater tercinta.
6. Orang-orang besar dan berpengaruh dalam hidup saya.

*commit to user*

## ABSTRAK

Bachroni Gunawan, 2013. **Pengangkat Sampah Terapung Dengan Kincir Hidrolik Ganda**. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Sampah merupakan masalah yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya, menimbulkan berbagai macam masalah antara lain dapat menghambat aliran air, sehingga air meluap dan menggenangi daerah sekitarnya. Untuk mengatasi masalah sampah ini diperlukan terobosan teknologi. Dalam penelitian ini dicoba kincir dua roda penggerak sebagai penggerak kincir pengangkat sampah.

Penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan alat *multipurpose teching flume* sebagai simulasi aliran air dan tempat untuk menguji kincir pengangkat sampah tenaga air dengan dua kincir penggerak. *Prototipe* kincir air yang direncanakan adalah tipe *undershoot* dengan sudu datar. Pengujian jumlah putaran kincir menggunakan *rotatometer*. Pada percobaan ini dialirkan tiga ukuran debit, yaitu Jumlah rpm untuk debit 2,23 l/dt, 2,43 l/dt, dan 2,69 l/dt. Pengujian putaran kincir hanya dilakukan pada tiga ukuran debit tersebut. Pengujian kuat angkat kincir pengangkat sampah menggunakan 12 variasi pembebanan, yaitu: 25 gr, 50 gr, 75 gr, 100 gr, 125 gr, 150 gr, 175 gr, 200 gr, 225 gr, 250 gr, 275 gr, 300 gr.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya debit dan kecepatan aliran air berpengaruh terhadap jumlah putaran kincir (*rpm*) dan kecepatan tangensial kincir. Daya yang dihasilkan kincir berbanding terbalik dengan debit dan kecepatan aliran air, semakin besar debit dan kecepatan aliran air, maka daya yang dihasilkan oleh kincir semakin turun.

---

Kata Kunci: Sampah, Kincir Air, Tenaga Air.

## ABSTRACT

Bachroni Gunawan, 2013. *Floating Solid Waste Lifter By Double Hydraulic Wheel*. Thesis, Civil Engineering, Department Faculty of Engineering, Sebelas Maret University.

*Solid waste is a problem that can not be separated from human life. Lack of public awareness in the trash in place, causing all sorts of problems such as to inhibit the flow of water, so the water overflowed and flooded the surrounding areas. To overcome the problem of waste is necessary technological breakthroughs. In this study tested two cog wheels as drive wheels lifting garbage.*

*The study was conducted in the laboratory using a multipurpose teching flume to simulate the flow of water and a place to test mill waste water power lifter with two wheel drive. The prototype is planned waterwheel undershoot type with a flat blade. Testing the number of rounds using the rotatometer. In this experiment three sizes discharge flow, the number of debit rpm to 2.23 l / s, 2.43 l / s, and 2.69 l / s. Testing is only done on the wheel round three sizes debit. Strong Testing mill lifter lift bins using 12 variations of loading, ie: 25 g, 50 g, 75 g, 100 g, 125 g, 150 g, 175 g, 200 g, 225 g, 250 g, 275 g, 300 g.*

*The results showed that the amount of discharge and velocity of water flow affect the amount of wheel rotation (rpm) and a tangential wheel speed. Wheel generated power is inversely proportional to the flow and speed of water flow, the greater the flow and speed of water flow, the power generated by the waterwheel down.*

---

**Keywords: Solid Waste, Water Wheel, Hydropower.**

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dapat di selesaikan dengan baik.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menyusun tugas akhir dengan judul “**Pengangkat Sampah Terapung Dengan Kincir Hidrolik Ganda**”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh debit dan kecepatan aliran terhadap daya angkat kincir. Daya angkat yang dimaksud adalah sebagai pengganti sampah yang terbawa di permukaan saluran. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
2. Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
3. Dr. Ir. Mamok Soeprpto R, M. Eng selaku dosen pembimbing I.
4. Ir. Solichin, MT selaku dosen pembimbing II.
5. Setiono, ST, MSc selaku dosen Pembimbing Akademis.
6. Segenap dosen penguji Skripsi.
7. Bapak Sunyoto selaku laboran Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
8. Segenap rekan mahasiswa S1 Reguler Angkatan 2008 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Surakarta, Februari 2013

Penulis

*commit to user*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
MOTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1.1 Sampah .....	4
Sampah yang tergolong <i>Classified refuse</i> yaitu: .....	5
Sampah yang tergolong <i>Sub refuse</i> yaitu: .....	5
2.1.2 Sungai .....	7
2.1.3 Kincir Air .....	8
2.2 Landasan Teori .....	10
2.2.1 Kecepatan Turbin Air .....	10
2.2.2 Gaya Pancaran Air (F) .....	11
2.2.3 Kerja Pancaran Air .....	13
2.2.4 Efisiensi Kincir ( $\eta$ ) .....	13
2.2.5 Daya Kincir (P) .....	14
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Umum .....	15
3.2 Lokasi Penelitian .....	15
3.3 Peralatan dan Bahan .....	15
3.3.1 Peralatan .....	15
3.3.2 Bahan .....	19
3.4 Tahap Penelitian .....	19
3.4.1 Tahap Persiapan Alat <i>Multipurpose Teching Flume</i> .....	19

*commit to user*



3.4.2	Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	19
3.4.3	Kalibrasi Alat Ukur Putaran Kincir.....	21
3.4.4	Pengujian Alat dan Benda Uji.....	22
3.4.4.1	Pengujian Putaran Kincir.....	23
3.4.4.2	Pengujian Daya Angkat Kincir.....	24
3.4.5	Pengolahan Data.....	24
3.4.6	Langkah Penelitian.....	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Kalibrasi Alat Uji Penelitian.....	30
4.1.1	Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	30
4.1.2	Kalibrasi Alat Ukur Putaran Kincir.....	34
4.2	Analisis Putaran Kincir.....	35
4.2.1	<i>Rotation Per Minute</i> (RPM) Kincir.....	35
4.2.2	Analisis Kecepatan Tangensial Kincir ( $U_i$ ).....	37
4.3	Analisis Kecepatan Aliran Air.....	39
4.4	Analisis Kecepatan Relatif ( $W$ ).....	40
4.5	Analisis Daya Kincir.....	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		48
LAMPIRAN.....		49

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4-1. Data Pengamatan Debit pada <i>Hydraulic Bench</i> .....	31
Tabel 4-2. Data Pengamatan Debit pada Pompa .....	33
Tabel 4-3. Data hasil pengamatan putaran (rpm) pada <i>rotatometer</i> .....	34
Tabel 4-4. Data Pengamatan putaran dengan cara manual.....	34
Tabel 4-5. Hasil Percobaan Rpm Kincir .....	36
Tabel 4-6. Hasil Analisis Kecepatan Kincir .....	38
Tabel 4-7. Hasil Analisis Kecepatan Aliran <i>Open Flume</i> .....	40
Tabel 4-8. Hasil Analisis Kecepatan Relatif (W) .....	41
Tabel 4-9. Hasil Analisis Daya Kincir (P).....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. <i>Baltimore's Waterwheel</i> .....	6
Gambar 2-2. Kincir Air <i>Overshot</i> .....	8
Gambar 2-3. Kincir Air <i>Undershot</i> .....	9
Gambar 2-4. Kincir Air <i>Undershot</i> .....	10
Gambar 2-5. Analisis Kecepatan Relatif Turbin Air.....	10
Gambar 2-6. Pancaran pada Plat di Sekeliling Roda.....	12
Gambar 3-1 Rangkaian <i>Open Flume</i> .....	16
Gambar 3-2 (a) Kincir Pengangkat Sampah; (b) Kincir Penggerak .....	17
Gambar 3-3 Sketsa Kincir Pengangkat Sampah Terapung Dengan Kincir Berpenggerak Ganda Tampak Atas.....	17
Gambar 3-4 Sketsa Kincir Pengangkat Sampah Terapung Dengan Kincir Berpenggerak Ganda Tampak Samping.....	18
Gambar 3-5 <i>Rotatometer</i> .....	18
Gambar 3-6. Alat ukur debit <i>hydraulic bench</i> .....	21
Gambar 3-7. Prototipe Kincir Air Pengangkat Sampah Dengan Dua Kincir Penggerak. ....	22
Gambar 3-8 Diagram Alir Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	26
Gambar 3-9 Diagram Alir Kalibrasi Alat Ukur Putaran.....	27
Gambar 3-10 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 4-1. Hubungan Antara $Q_{hb}$ dan $Q_{pompa}$ .....	33
Gambar 4-2. Hubungan Antara Jumlah Putaran pada Rotatometer dan Pengamatan Manual .....	35
Gambar 4-3. Hubungan Antara Jumlah Putaran Kincir Dengan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat .....	37
Gambar 4-4. Hubungan Antara Kecepatan Tangensial Kincir Dengan Debit Aliran Dan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat .....	39
Gambar 4-5. Kecepatan relatif pada kincir.....	40
Gambar 4-6. Hubungan Antara Kecepatan Relatif Dengan Debit Aliran Dan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat.....	42
Gambar 4-7. Hubungan Antara Daya Kincir Dengan Debit Aliran Dan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat .....	46

*commit to user*

**DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL**

A	= Luas permukaan plat ( $m^2$ )
B	= Lebar penampang basah aliran air (m)
b	= Lebar sudu kincir (m)
C	= Kecepatan aliran air (m/dt)
D	= Diameter kincir (m)
$E_k$	= Energi kinetik pancaran ( $kgm^2/dt^2$ )
F	= Gaya pada kincir (N)
G	= Laju aliran air (kg/dt)
H	= Kedalaman aliran air (m)
h	= Panjang sudu kincir (m)
K	= Kerja yang dilakukan pancaran pada kincir (Nm)
M	= Massa zat cair (kg)
n	= Jumlah putaran kincir
P	= Daya yang dihasilkan kincir (HP)
$Q_{hb}$	= Besarnya debit pada alat <i>Hydraulic Bench</i> ( $m^3/dt$ )
$Q_{pompa}$	= Besarnya debit yang dikeluarkan oleh pompa ( $m^3/dt$ )
U	= Kecepatan tangensial kincir (m/dt)
W	= Kecepatan relatif (m/dt)
$\eta$	= Efisiensi kincir (%)
$\rho$	= Berat jenis air ( $1000 kg/m^3$ )

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan masalah yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Setiap aktifitas manusia selalu menghasilkan sampah. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, bertambah pula jumlah sampahnya. Jika tidak ada penanganan yang cermat dan serius, sampah dapat mengakibatkan perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan berupa pencemaran air, tanah, dan udara. Salah satu kebiasaan negatif masyarakat adalah membuang sampah di sungai atau saluran drainase. Kebiasaan ini menyebabkan menumpuknya sampah di hulu infrastruktur yang ada. Kondisi ini dapat mengakibatkan terhambatnya laju air sehingga air dapat meluap dan menggenangi daerah sekitarnya.

Aliran air di sungai adalah salah satu pilar kehidupan. Sejak dari hulu hingga hilir, sungai sangat bermanfaat bagi lingkungan. Namun, manfaat itu kian pudar seiring dengan pudarnya kesadaran manusia dalam memanfaatkan sungai. Kondisi seperti ini mudah di jumpai di sekitar alur sungai yang melintasi pemukiman.

Contoh masalah yang ditimbulkan oleh sampah dapat dijumpai di sungai-sungai diantaranya sungai Bengawan Solo dan Sungai Ciliwung. Sungai Bengawan Solo adalah sungai terpanjang di Jawa, yang melintasi kota Surakarta. Sungai yang menjadi kebanggaan warga Solo itu tercoreng karena masalah sampah yang semakin menumpuk. Sepanjang Bengawan Solo banyak ditemukan tebing sungai yang dijadikan tempat pembuangan sampah, terutama di dekat permukiman penduduk. Kondisi Sungai Bengawan Solo semakin parah karena tingkat kesadaran masyarakat yang masih rendah, yaitu membuang sampah di anak sungai yang kemudian mencemari Bengawan Solo (KRjogja.com, 16 Maret 2012).

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang melewati Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta. Sungai Ciliwung dimanfaatkan sebagai sumber air minum, sumber air baku industri, dan lain-lain. Sungai Ciliwung mempunyai permasalahan jumlah sampah yang sangat besar, sehingga aliran sungai tersendat yang pada akhirnya menimbulkan banjir. Sampah yang menyumbat di Sungai Ciliwung pada saat banjir bisa mencapai 5 ton. Apabila sampah tersebut disebar dengan tinggi timbunan sampah sekitar 20 cm maka setiap harinya ada timbunan sampah sebanyak 7 lapangan sepak bola (detik.com, 12 Januari 2012).

Berdasarkan uraian tersebut maka permasalahan sampah di sungai maupun di saluran, khususnya perkotaan, menarik untuk dikaji, khususnya bagaimana menyikapi masalah sampah yang dapat mengganggu fungsi infrastruktur air, dengan suatu teknologi yang tepat guna dan murah dalam biaya operasional.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu:

1. Berapa kecepatan aliran di *flume* yang mampu menggerakkan dua kincir sebagai penggerak utama alat pengangkat sampah ?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan aliran terhadap daya angkat alat pengangkat sampah terapung tersebut ?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar penelitian ini lebih terarah dan tidak meluas maka perlu adanya pembatasan sebagai berikut:

1. Alat yang dirancang sesuai dengan kapasitas yang ada sesuai dengan peralatan yang ada di laboratorium hidro Fakultas Teknik UNS.
2. Alat berupa prototipe.
3. Sampah yang diangkat dalam percobaan ini digantikan dengan beragam berat beban karena keterbatasan alat dalam penelitian. Pembebanan menggunakan besi pemberat untuk menggambarkan volume sampah dengan variasi pembebanan sebagai berikut: 25 gr, 50 gr, 75 gr, 100 gr, 125 gr, 150 gr, 175 gr, 200 gr, 225 gr, 250 gr, 275 gr, 300 gr.

4. Alat yang dirancang menggunakan bahan dasar kayu dan *stainless steel* dengan tebal 1,2 mm. Untuk lebih detail dapat dilihat pada BAB 3 peralatan dan bahan.
5. Alat tidak skalatis.
6. Kehilangan energi pada sistem *gear* dan puli diabaikan.
7. Aliran yang digunakan menggunakan debit: 2,23 l/dt, 2,43 l/dt, dan 2,69 l/dt.
8. Kincir penggerak diletakkan dibagian hulu saluran dikarenakan keterbatasan alat di laboratorium.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan beragam kecepatan aliran dalam *flume* untuk menggerakkan dua kincir sebagai penggerak utama alat pengangkat sampah.
2. Mengetahui hubungan antara debit dan kecepatan terhadap daya angkat alat pengangkat sampah permukaan dengan dua kincir penggerak.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis: dapat menambah pengetahuan mengenai penanganan masalah sampah permukaan berupa sampah plastik dan sampah kertas dalam bidang ilmu rekayasa lingkungan.
2. Manfaat praktis: dapat menambah ragam alat yang fungsi utamanya adalah untuk mengangkat sampah permukaan berupa sampah plastik dan sampah kertas.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1 Sampah

Sampah merupakan suatu bahan yang terbuang dari suatu aktivitas manusia maupun proses alami. Jika penanganan sampah tidak serius dapat berdampak negatif yaitu berupa pencemaran.

Sampah dapat ditemui dibanyak tempat. Menurut Soewedo Hadiwiyoto (1983), penggolongan sampah dapat didasarkan atas beberapa kriteria, yaitu: asal, komposisi, bentuk, lokasi, proses terjadinya, sifat, dan jenisnya. Berdasarkan asalnya, sampah dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Sampah dari hasil kegiatan rumah tangga.
2. Sampah dari kegiatan industri ringan maupun berat.
3. Sampah dari hasil kegiatan pertanian.
4. Sampah dari kegiatan perdagangan.
5. Sampah dari hasil pembangunan.
6. Sampah dari jalan raya.

Jenis sampah dapat dibedakan berdasarkan maksud atau tujuan pengelompokan tersebut.

1. Menurut asal sumber: a) kayu, b) pertanian, c) logam, d) plastik
2. Berdasarkan asal pemakai: a) domestik, b) komersial, c) sisa bongkaran, d) buangan padat industri.
3. Berdasarkan cara pengumpulan dan pengolahan: a) *Classified refuse*, b) *Sub refuse*.



Sampah yang tergolong *Classified refuse* yaitu:

1. *Garbage* (sampah basah): sampah basah biasanya disebut dengan sampah organik yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan yang mudah terurai. Misalnya adalah sisa makanan, daun-daunan, sampah dapur, dll.
2. *Rubbish* (sampah kering): sampah kering biasa disebut sebagai sampah anorganik yaitu sampah yang sulit terurai secara biologis sehingga penghancurannya membutuhkan penanganan khusus. Misalnya plastik dan *styrofoam*.

Sampah yang tergolong *Sub refuse* yaitu:

1. *Combustible* (dapat dimusnahkan): sampah ini biasanya mudah terurai atau terbakar. Misal kertas, kain, plastik, kayu, dan sebagainya.
2. *Non combustible* (tidak dapat dimusnahkan): sampah ini biasanya tidak bisa terurai ataupun terbakar. Misalnya kaleng, kaca, besi, atau logam.
3. *Ashes* (debu): benda yang tertinggal dari pembakaran kayu, arang atau benda yang terbakar.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2000, dari 384 kota yang menimbulkan sampah sebesar 80.235,87 ton setiap harinya, 4,2% diangkut dan dibuang tempat penampungan akhir (TPA); 37,6% dibakar; 4,9% dibuang ke sungai; dan 53,3% tidak tertangani (Arianto Wibowo dan Darwin T Djajawinata, 2002). Dari data BPS diketahui bahwa sampah yang dibuang disungai sekitar 53,3% atau sekitar 3.931,56 ton sampah dibuang di sungai setiap hari. Sampah yang dibuang di sungai ini menyebabkan penyumbatan disungai, sehingga menyebabkan banjir.

Sampah plastik dapat dijumpai disekitar wilayah hulu (daerah pegunungan), tengah (pemukiman penduduk, industri, perdagangan), dan daerah hilir (sungai, danau, laut). Dampak yang paling buruk terasa pada musim hujan, daerah hilir akan menerima sampah dan menjadi tempat penampungan sampah.

Beberapa penanganan sampah di sungai yang telah dilakukan di dunia antara lain:

1. *Baltimore's Waterwheel*, Marlyland. Kota Marlyland memiliki permasalahan sampah sungai tepatnya di *Baltimore's Inner Harbor*. Warga Baltimore yang bernama John Kellett menemukan sebuah alat untuk mengangkat sampah tersebut dan dinamakan *Baltimore's Waterwheel*. Kincir ini digerakkan oleh air sebagai penggerak utamanya (baltimorewaterwheel.blogspot.com,2008). *Baltimore's Waterwheel* ditampilkan seperti Gambar 2-1 sebagai berikut:



Gambar 2-1. *Baltimore's Waterwheel*

Sumber: *Baltimore's Waterwheel*, 2008. Dipublikasikan melalui <http://baltimorewaterwheel.blogspot.com/>

2. Penggaru sampah sungai “Sistem Peralatan Penyaring Sampah Otomatis Mekanikal Elektrikal Hidrolik”. Pembersih sampah sungai otomatis adalah sebuah sistem terpadu. Alat ini terdiri dari sistem pengarah sampah apung, sistem garu sampah, sistem ban berjalan (*conveyor belt*) pembawa sampah, dan sistem pengepresan. Sampah yang terbawa secara otomatis akan terkumpul ke mulut garu. Ada 13 lengan garu yang berfungsi mengangkat sampah menuju ban berjalan (*conveyor belt*) untuk dibawa ke pinggir sungai. Setiap lengan garu memiliki 20 mata, yang sanggup menggaruk sampah di sungai hingga total 1 ton atau 1,5 m<sup>3</sup>/mnt. Sampah yang masih basah itu lalu ditampung ke mesin pengepres sampah. Mesin ini secara otomatis memampatkan sampah dan mengeluarkan air yang terserap sampah. Sampah selanjutnya siap diangkut ke tempat pembuangan akhir. Seluruh sistem mesin anti-sampah itu dapat dioperasikan secara otomatis atau manual (digilib-ampl.net, 2008).

*commit to user*

### 2.1.2 Sungai

Aliran air sungai merupakan suatu proses yang cukup kompleks. Energi aliran sungai meningkat sejalan dengan peningkatan kemiringan dan volume air, sehingga mampu membawa sedimen. Aliran sungai sangat fluktuatif dari waktu ke waktu dan pada beragam tempat. Beberapa variabel yang mempengaruhi dinamika sungai: debit air (*discharge*), kecepatan (*velocity*), kemiringan dasar sungai, dan muatan sedimen (*sediment load*). (www.chan22.wordpress.com, 2012). Berikut beberapa variabel yang mempengaruhi dinamika sungai:

#### 1. Debit

Debit adalah jumlah air yang melalui suatu titik tertentu dengan interval waktu tertentu. Debit diukur dalam satuan meter kubik per detik. Debit aliran sangat bermanfaat untuk mengetahui perubahan pasokan air ke sungai utama. Dengan melakukan pengamatan pada debit, dapat diketahui sumber air di sungai apakah dari aliran permukaan atau dari rembesan air tanah yang masuk kedalam kanal sungai.

#### 2. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran tidak sama sepanjang tubuh kanal sungai, hal ini tergantung dari bentuk, kekasaran kanal sungai dan pola sungai. Kecepatan maksimum pada kanal yang lurus berada pada bagian atas dan bagian tengah dari kanal sungai. Kecepatan air mengalir secara proporsional terhadap kemiringan kanal sungai. Tingkat kelerengan yang besar menghasilkan aliran yang lebih cepat dimana biasa terjadi pada sungai di daerah pegunungan. Lereng yang sangat curam mendorong berkembangnya air terjun dimana air bergerak jatuh bebas. Pada kelerengan landai, menghasilkan kecepatan lambat bahkan mendekati nol. Aliran juga tergantung dari volume air.

#### 3. Kemiringan dasar sungai

Kemiringan dasar sungai yang lebih curam biasa dijumpai di daerah hulu. Penampang memanjang sungai dapat memperlihatkan kenampakan yang

mulus, cekung, cembung yang kemudian menjadi sangat datar pada bagian hilir sungai.

#### 4. Muatan sedimen (*sediment load*)

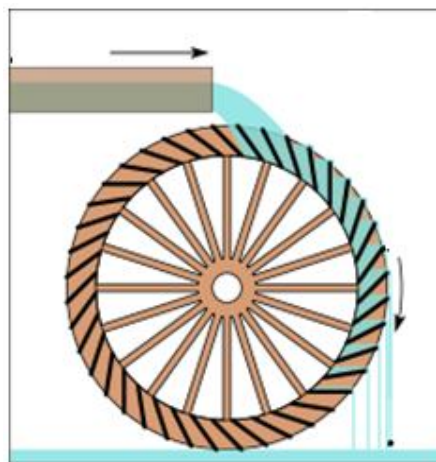
Air yang mengalir secara alamiah membawa material menuju daerah hilir.. Pada musim hujan kapasitas aliran sungai untuk mengangkut sedimen dapat meningkat 3 hingga 4 kali dari kekuatan kecepatan aliran semula. Air mengalir mampu mengabrasi dan mengerosi saluran.

Energi air dapat dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi energi lain seperti listrik. Selain untuk pembangkit listrik, energi ini bisa dimanfaatkan untuk penggerak kincir air.

##### 2.1.3 Kincir Air

Kincir air merupakan sarana untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Menurut Wikipedia.org (2012), ada beberapa tipe kincir air yaitu: kincir air *overshot*, kincir air *undershot*, dan kincir air *breastshot*.

1. Kincir Air *overshot*: Kincir air *overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke bagian sudu-sudu sisi bagian atas. Karena adanya gaya berat air, maka roda kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain. Kincir air *overshot* ditampilkan pada Gambar 2-2.

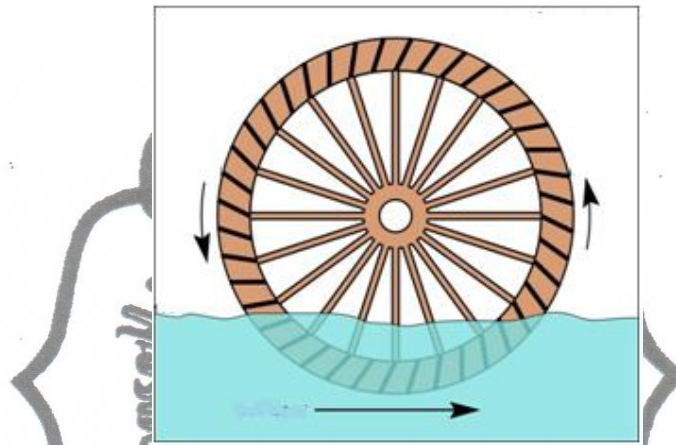


Gambar 2-2. Kincir Air *Overshot*

Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Waterwheel> (2012)

*commit to user*

2. Kincir Air *Undershot*: Kincir air *undershot* bekerja bila ada air yang mengalir dan mengenai dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *undershot* tidak memerlukan *head* atau beda tinggi. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Tipe ini disebut juga dengan "Vitruvian". Kincir Air *Undershot* ditampilkan pada Gambar 2-3.

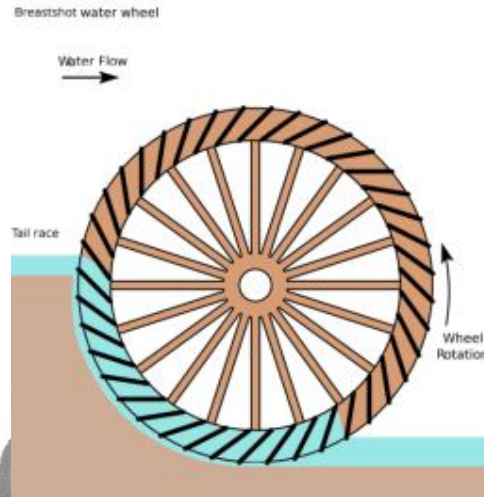


Gambar 2-3. Kincir Air *Undershot*

Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Waterwheel> (2012)

3. Kincir Air *Breastshot*

Kincir air *Breastshot*: Kincir air *Breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot*. Jarak tinggi jatuh air tidak melebihi diameter kincir pada arah aliran air yang menggerakkan kincir. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*. Kincir air *Breastshot* ditampilkan pada Gambar 2-4.



Gambar 2-4. Kincir Air *Undershot*

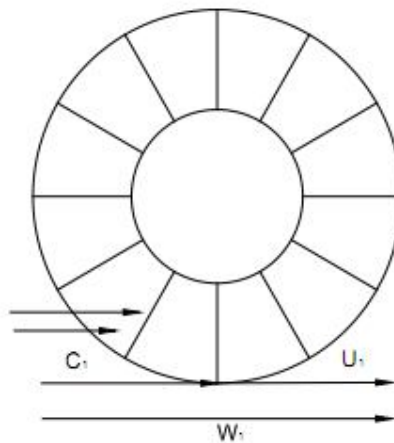
Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Waterwheel> (2012)

Pada penelitian ini digunakan kincir air tipe *undershot*, karena diperuntukkan untuk aliran dangkal.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Kecepatan Turbin Air

Gaya-gaya dari aliran air yang masuk maupun keluar pada sudu turbin dapat diuraikan menjadi kecepatan absolut  $C$ , kecepatan relatif  $W$  dan kecepatan tangensial  $U$  (Jhon Aryanto Glad Saragih, 2009). Gambaran kecepatan relatif yang terjadi pada turbin dapat ditampilkan pada Gambar 2-5 berikut:



Gambar 2-5. Analisis Kecepatan Relatif Turbin Air

Sumber: <http://library.usu.ac.id> (2009)

Keterangan Gambar 2-5:

$C_1$  : Kecepatan Aliran Air,

$U_1$  : Kecepatan Tangensial / Kecepatan Keliling Sudu Turbin yang arahnya searah dengan arah putaran turbin,

$W_1$ : Kecepatan Relatif Aliran Air terhadap Sudu Turbin.

Nilai  $C_1$  diperoleh dari hasil percobaan menggunakan *current meter* dan nilai  $U_1$  diperoleh dengan analisis menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$U_1 = \frac{\pi \times D \times n}{60} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

$D$  = diameter turbin air yang direncanakan (m)

$n$  = putaran turbin air yang dihasilkan (rpm)

Maka harga  $W_1$  dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$W_1^2 = C_1^2 + U_1^2 - 2 \cdot C_1 \cdot U_1 \cdot \cos \alpha \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

$W_1$  = Kecepatan Relatif Aliran Air terhadap Sudu Turbin (m/dt),

$C_1$  = Kecepatan Aliran Air (m/dt),

$U_1$  = Kecepatan Tangensial/Kecepatan Keliling Sudu Turbin yang arahnya searah dengan arah putaran turbin (m/dt).

**2.2.2 Gaya Pancaran Air (F)**

Apabila plat terkena pancaran zat cair yang bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam arah pancaran, maka pancaran kecepatan relatifnya adalah  $(V-v)$ . setelah menghantam plat, pancaran zat cair akan mempunyai kecepatan  $v$  (Bambang Triatmodjo, 1993). Dengan demikian massa zat cair yang menghantam plat tiap detik diberikan oleh:

$$M = A \cdot (V-v) \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

$M$  = Massa zat cair

$A$  = Luas permukaan plat

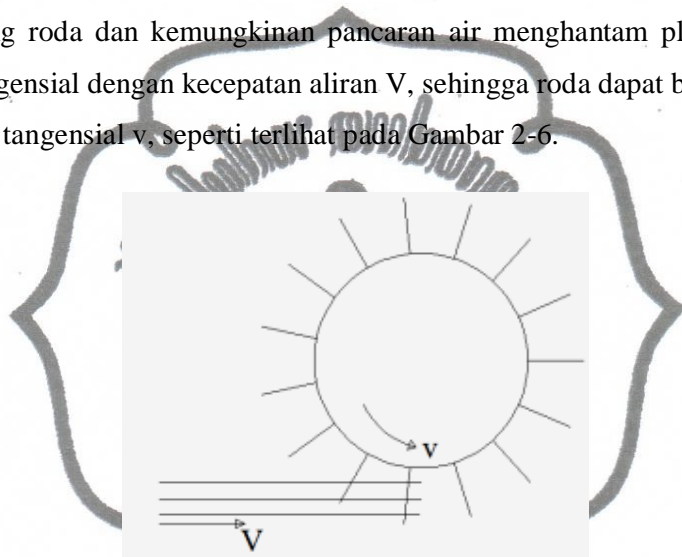
$V-v$  = Kecepatan relatif

Kecepatan awal relatif terhadap plat dalam arah pancaran adalah (V-v), sedang kecepatan akhir relatif terhadap plat adalah nol (kecepatan plat sama dengan kecepatan pancaran). Gaya yang ditimbulkan oleh pancaran pada plat adalah:

$$R = -F = -M[0 - (V-v)] = -\rho A(V-v)[0 - (V-v)]$$

$$F = \rho A(V-v)^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Jumlah plat dapat ditambah menjadi beberapa plat datar yang dipasang disekeliling roda dan kemungkinan pancaran air menghantam plat-plat tersebut secara tangensial dengan kecepatan aliran V, sehingga roda dapat bergerak dengan kecepatan tangensial v, seperti terlihat pada Gambar 2-6.



Gambar 2-6. Pancaran pada Plat di Sekeliling Roda  
 Sumber: *Hidraulika I*, Bambang Triatmodjo, 1993.

Apabila dianggap bahwa jumlah plat adalah sedemikian sehingga tidak ada pancaran air yang terbuang (tidak mengenai plat), maka gaya yang ditimbulkan oleh zat cair pada plat diberikan oleh persamaan sebagai berikut:

$$R = -F = -\rho AV(V-v)$$

atau

$$F = \rho AV(V-v) \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan:

- F = Gaya (N)
- $\rho$  = Massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- A = Luas permukaan plat (m<sup>2</sup>)
- V-v = Kecepatan relatif (m/dt)



**2.2.3 Kerja Pancaran Air**

Oleh karena titik yang terkena gaya bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam arah gaya, maka: (Bambang Triatmodjo, 1993)

$$K = \rho \cdot A \cdot V \cdot (V-v) \cdot v \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

- K = Kerja yang dilakukan pancaran air tiap detik (Nm)
- $\rho$  = Massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- A = Luas permukaan plat (m<sup>2</sup>)
- V = Kecepatan aliran air (m/dt)
- v = Kecepatan tangensial kincir (m/dt)

**2.2.4 Efisiensi Kincir ( $\eta$ )**

Energi kinetik pancaran, yang dalam hal ini merupakan sumber energi, diberikan dalam persamaan: (Bambang Triatmodjo, 1993)

$$E_k = \frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}\rho AVV^2$$

$$E_k = \frac{1}{2}\rho AV^3 \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

- Ek = Energi kinetik
- $\rho$  = Massa jenis zat cair (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- A = Luas permukaan plat (m<sup>2</sup>)
- V = Kecepatan aliran air (m/dt)

Efisiensi kerja yang dilakukan oleh kincir sangat erat hubungannya dengan kecepatan keliling ( $u$ ) dan kecepatan aliran air ( $V$ ). Persamaan (2.6) dan (2.7) disubstitusikan dan memberikan efisiensi kerja yang dilakukan kincir, diberikan dalam persamaan:

$$\eta = \frac{K}{E_k} = \frac{\rho \cdot a \cdot V \cdot W \cdot v}{\frac{1}{2}\rho AV^3}$$

Atau

$$\eta = \frac{2 \cdot W \cdot v}{V^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan:

- $\eta$  = Efisiensi kerja kincir (%)

**2.2.5 Daya Kincir (P)**

Bila laju aliran air adalah = volume x masa jenis (Bambang Triatmodjo, 1993)

$$G = (b.h.V) \cdot \rho \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan:

- G = Laju aliran air (kg/dt)
- b = lebar sudu (m)
- h = tinggi sudu (m)
- V = kecepatan aliran air (m/dt)
- $\rho$  = massa jenis air

Maka daya yang dihasilkan oleh kincir dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= K.G \\
 P &= (\rho \cdot A \cdot V \cdot W \cdot v) \cdot (b.h.V) \cdot \rho \\
 P &= \rho^2 \cdot A^2 \cdot V^2 \cdot v \cdot W \dots\dots\dots(2.10)
 \end{aligned}$$

dengan:

- P = Daya yang dihasilkan kincir (w)
- $\rho$  = Massa jenis air
- A = Luas permukaan plat (m<sup>2</sup>)
- V = Kecepatan aliran air (m/dt)
- v = Kecepatan tangensial kincir (m/dt)
- W = Kecepatan relatif (m/dt)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kecepatan sudu kincir dan pengujian kuat angkat kincir.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Hidrolika, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

#### 3.3 Peralatan dan Bahan

##### 3.3.1 Peralatan

Peralatan di Laboratorium Hidrolika antara lain:

1. Timbangan/Neraca, yang berfungsi menimbang alat dan bahan.
2. *Multi Purpose Teching Flume* merupakan alat utama dalam percobaan pelimpah air. Sebagian besar komponen terbuat dari *acrilic* dan memiliki bagian-bagian penting, yaitu:
  - a) Saluran air, tempat utama dalam percobaan ini, untuk meletakkan model pelimpah. Saluran berupa talang dengan penampang  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  dan panjang 180 cm. Saluran terbuat dari *akrilik* sehingga memiliki dinding transparan untuk mempermudah pengamatan.
  - b) *Hydraulic Bench*, bak penampung yang berfungsi menampung air yang akan dialirkan ke talang maupun yang keluar dari saluran.
  - c) Pompa air, terletak di *hydraulic bench*, berfungsi untuk memompa air agar bisa didistribusikan sepanjang talang air. Pompa ini dilengkapi dengan tombol *on/off* otomatis untuk *supply* listrik 220/240 V, 50 Hz.
  - d) Kran debit, merupakan kran yang berfungsi mengatur besar-kecilnya debit yang keluar dari pompa. Memiliki skala bukaan debit 6-9 *range*.
  - e) *Reservoir* digunakan untuk menampung air yang keluar dari *open flume* bagian hilir.

*commit to user*

*Open Flume* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3-1 Rangkaian *Open Flume*

### 3. Kincir

Dalam prototipe, kincir air menggunakan tipe *undershoot* dengan model sudu datar dengan bentuk persegi panjang untuk dua kincir penggerak kincir pengangkat sampah. Untuk kincir pengangkat sampah menggunakan sudu cekung dengan menggunakan kawat kasa 0,5 mm yang berfungsi untuk mengangkat sampah itu sendiri.

Gambar 3-2. Detail desain kincir yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a) Kincir penggerak dengan detail sebagai berikut:

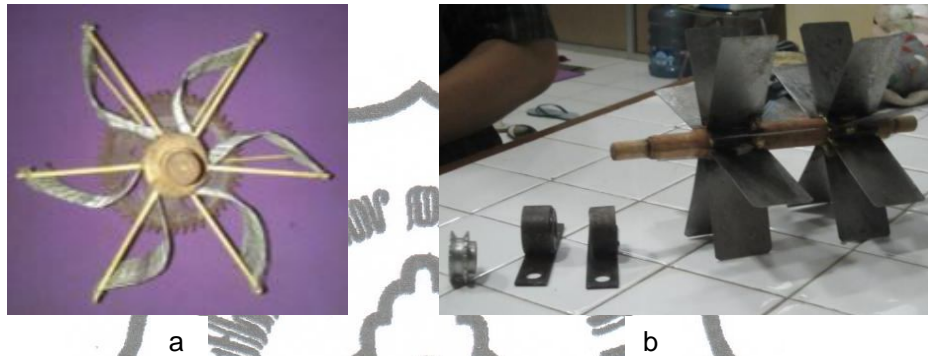
Diameter kincir penggerak	: 19 cm
Lebar Kincir penggerak	: 5 cm
Bahan Kincir	: <i>stainless steel</i> dengan tebal 1,2 mm
Model Sudu	: Datar
Jumlah Sudu	: 8 buah
Panjang sudu	: 5 cm
Lebar	: 8 cm

b) Kincir pengangkat dengan detail sebagai berikut:

Diameter kincir pengangkat	: 16 cm
Lebar Kincir pengangkat	: 10 cm

*commit to user*

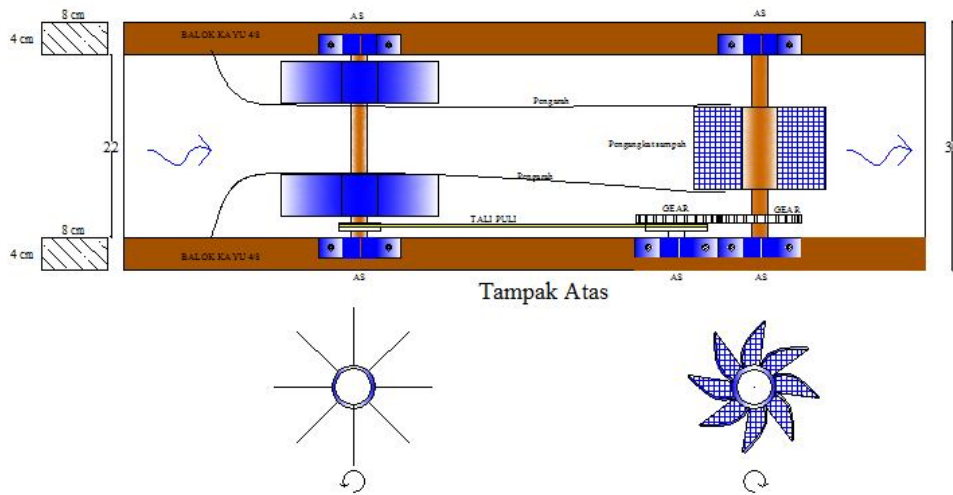
Bahan Kincir	: kawat kasa dengan ukuran 0,5 mm
Model Sudu	: Cekung Terbuka
Jumlah Sudu	: 6 buah
Panjang sudu	: 10 cm
Lebar	: 7 cm



Gambar 3-2 (a) Kincir Pengangkat Sampah; (b) Kincir Penggerak

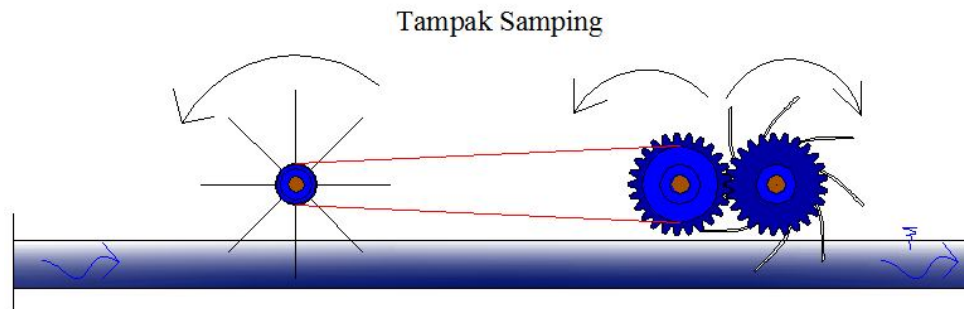
Sedangkan sketsa untuk rancangan *prototipe* kincir pengangkat sampah dengan dua kincir penggerak dapat dilihat pada Gambar 3-3:

SKETSA RENCANA KINCIR PENGANGKAT TAMPAH



Gambar 3-3 Sketsa Kincir Pengangkat Sampah Terapung Dengan Kincir Berpenggerak Ganda Tampak Atas

### SKETSA RENCANA KINCIR PENGANGKAT SAMPAH



Gambar 3-4 Sketsa Kincir Pengangkat Sampah Terapung Dengan Kincir Berpenggerak Ganda Tampak Samping

4. *Rotatometer* untuk menghitung jumlah putaran kincir.



Gambar 3-5 *Rotatometer*

5. *Stopwatch*

*Stopwatch* dipakai untuk mengukur waktu sesuai volume yang ditentukan untuk perhitungan debit aliran.

6. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air agar air yang masuk ke *hydraulic bench* dapat dialirkan kembali ke bagian hulu *open flume*.

7. Kamera

Kamera digunakan untuk mendokumentasikan gambar maupun video saat penelitian dilakukan.

8. Alat bantu lain: penggaris, balok kayu, selang, obeng, ember, dll.

Gambar peralatan yang digunakan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran gambar L-1 sampai L-17.

### 3.3.2 Bahan

Pada penelitian ini bahan dan benda uji yang digunakan antara lain:

1. Air
2. Malam digunakan sebagai pelapis yang menutupi celah antara pelimpah dengan dasar atau dinding *flume* dan celah antara balok kayu dengan dinding *flume*, agar tidak terjadi kebocoran maupun rembesan.
3. Sampah digantikan dengan pemberat lempengan besi yang dimasukkan kedalam plastik, karena keterbatasan alat dalam penelitian. Pemberat berupa lempengan besi dengan berat 25 gr, 50 gr, 75 gr, 100 gr, 125 gr, 150 gr, 175 gr, 200 gr, 225 gr, 250 gr, 275 gr, 300 gr.

### 3.4 Tahap Penelitian

#### 3.4.1 Tahap Persiapan Alat *Multipurpose Teching Flume*

Alat yang pertama disiapkan adalah *flume*. Langkah-langkah untuk menyiapkan *flume* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan *flume* berupa talang dengan penampang 30 x 30 cm<sup>2</sup> dan panjang 180 cm.
2. Mempersiapkan model kincir pengangkat sampah dengan dua kincir penggerak.
3. Mempersiapkan *rotatometer*.
4. Mengisi *hydraulic bench* dengan air bersih.
5. Memasang bantalan balok kayu pada *open flume*.
6. Menutup celah antara bantalan balok kayu dengan dinding dan dasar saluran menggunakan malam agar tidak terjadi kebocoran saat penelitian.
7. Persiapan alat tidak hanya diawal, tetapi juga pada setiap pergantian setting percobaan.

#### 3.4.2 Kalibrasi Alat Ukur Debit

Pengecekan alat dilakukan setelah alat siap dipakai. Pengecekan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian akan nilai pembacaan alat. Kalibrasi debit dilakukan sebagai berikut:

1. Mengisi *hydraulic bench* dengan air bersih.

*commit to user*

2. Menghidupkan pompa untuk membuat sirkulasi aliran.
3. Membuka kran pengatur debit aliran pada skala yang diinginkan.
4. Pengukuran debit dengan menggunakan alat ukur debit yang terdapat pada *hydraulic bench*, pengukuran dilakukan setelah aliran pada saluran stabil. Langkah-langkah pengukuran debit adalah sebagai berikut:
  - a) Menutup katup pada *hydraulic bench*.
  - b) Pada saat yang bersamaan permukaan air pada pipa pengukur akan naik yang terlihat pada skala volume.
  - c) Waktu dihitung saat menutup katup sampai dengan saat permukaan air pada pipa pengukur sudah mencapai volume yang diinginkan. Waktu dihitung menggunakan *stopwatch*.
  - d) Debit diperoleh dengan membandingkan antara volume dengan waktu.
5. Pengukuran debit pada aliran yang dialirkan oleh pompa. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:
  - a) Menyiapkan ember dengan volume  $\pm 10$  liter untuk menampung air.
  - b) Menampung air yang keluar dari saluran sebelum air masuk ke *hydraulic bench*.
  - c) Saat air mulai masuk ke ember, dihitung waktu yang diperlukan untuk mengisi ember tersebut dengan *stopwatch*.
  - d) Menghitung volume air yang tertampung dalam ember dengan menggunakan gelas ukur.
  - e) Volume yang diperoleh dibagi waktu sehingga diperoleh debit aliran yang terjadi.
6. Mengulangi kegiatan ke-2 dan kegiatan ke-3 pada beberapa variasi skala kran pengatur debit yang diinginkan.



Data yang dibutuhkan pada pengukuran debit dari alat ukur debit di *hydraulic bench* adalah volume yang dicapai oleh air di dalam pipa ukur dan waktu yang ditempuhnya. Sedangkan untuk debit yang keluar dari saluran atau tertampung di ember, dibutuhkan data volume air yang tertampung di ember dan waktu yang dibutuhkan. Data yang diperoleh dibuat dalam bentuk tabel dan dibuat grafik dengan bantuan MS Excel sehingga didapat suatu persamaan. Alat *hydraulic bench* dapat dilihat pada Gambar 3-6:



Gambar 3-6. Alat ukur debit *hydraulic bench*

### 3.4.3 Kalibrasi Alat Ukur Putaran Kincir

Kalibrasi alat ukur jumlah putaran dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah putaran yang terbaca pada *rotatometer* sama dengan yang jumlah putaran hasil penghitungan manual dalam 1 menit. Sehingga diketahui bahwa alat ukur jumlah putaran (*rotatometer*) berfungsi baik. Kalibrasi jumlah putaran dilakukan sebagai berikut:

1. Memasang sensor pada kincir penggerak yang dihubungkan dengan *rotatometer*.
2. Menghidupkan pompa setelah *hydraulic bench* terisi cukup oleh air untuk membuat sirkulasi aliran dan kincir dapat berputar.
3. Pengukuran jumlah putaran dengan menggunakan alat ukur *rotatometer* yaitu dengan mengamati hasil jumlah putaran kincir yang terdapat pada *rotatometer*.
4. Pengukuran jumlah putaran secara langsung yaitu dengan menghitung jumlah putaran kincir yang selama 1 menit.

*commit to user*

5. Mengulangi kegiatan ke-3 dan kegiatan ke-4 pada beberapa variasi skala kran pengatur debit yang diinginkan.

Hasilnya kita akan mendapatkan data jumlah putaran dari alat *rotatometer* dengan dengan jumlah putaran hasil penghitungan manual dalam beberapa variasi skala bukaan debit 7,0; 7,2; 7,4; 7,6; 7,8; 8,0; 8,2; 8,4; 8,6 dan 8,8. Data diplot dalam grafik dengan program Ms Excel, dan dicari regresinya, nilai R dan y nya. Jika R mendekati 1, maka hubungan antara jumlah putaran pada *rotatometer* dengan jumlah putaran hasil penghitungan manual adalah linear atau sama, artinya alat ukur *rotatometer* bisa digunakan. Begitu juga sebaliknya, jika nilai R jauh dari 1, maka hubungan keduanya tidak linear, sehingga alat ukur *rotatometer* tidak bisa digunakan. Data yang diperoleh dibuat dalam bentuk tabel dan dibuat grafik dengan bantuan MS Excel sehingga didapat suatu persamaan. Rancangan prototipe kincir air pengangkat sampah dengan dua kincir penggerak dapat dilihat pada Gambar 3-7:



Gambar 3-7. Prototipe Kincir Air Pengangkat Sampah Dengan Dua Kincir Penggerak.

#### 3.4.4 Pengujian Alat dan Benda Uji

Dalam pengujian benda uji, dilakukan pengujian kuat angkat kincir dalam mengangkat variasi berat sampah terapung dalam hal ini digunakan pemberat berupa lempengan besi sebagai pengganti sampah terapung karena keterbatasan alat, yang gunanya untuk mengetahui kuat angkat maksimum. Penelitian ini

menggunakan 5 variabel penelitian yaitu variabel debit, variabel kecepatan aliran air, variabel berat, variabel rpm dan variabel waktu. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

1. Variabel terikat (*Dependent variabel*) meliputi berat, rpm dan waktu.
2. Variabel bebas (*Independent variabel*), dalam hal ini adalah debit dan kecepatan aliran air.

Terdapat 5 variabel yang digunakan dalam analisis penelitian ini. Secara operasional variabel ini dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Debit: Jumlah debit yang dibutuhkan untuk menaikkan kedalaman aliran sehingga kincir dapat tercelup oleh air dan bisa berputar ( $m^3/dt$ ).
2. Kecepatan aliran air: Kecepatan aliran air akan dihitung dengan cara analisis karena kedalaman yang tidak memungkinkan untuk menggunakan alat *current meter* ( $m/dt$ ).
3. Berat: Pemberat berupa kepingan logam yang diletakkan pada kincir pengangkat guna memperoleh kuat angkat maksimum (gram).
4. Rpm: Adalah putaran yang dihasilkan oleh kincir per satuan waktu, dalam hal ini per menit. Rpm dihitung untuk menganalisis jumlah putaran kincir (rpm).
5. Waktu: Waktu diukur dengan menggunakan *stopwatch*, yang gunanya untuk menghitung dan mengetahui berapa debit yang dibutuhkan sehingga mampu memutar kincir air (detik).

#### **3.4.4.1 Pengujian Putaran Kincir**

Pengujian putaran kincir dilakukan pada saat kincir bekerja. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah putaran yang dihasilkan kincir pada saat mengangkat beban dengan menggunakan alat uji *rotatometer*.

1. Menyiapkan kincir yang akan di uji.
2. Meletakkan/mengatur kincir di alat *Multi Purpose Teching Flume*.
3. Memasang sensor *magnetic* ke kincir dan dihubungkan dengan *rotatometer*.
4. Menyalakan pompa sehingga air mengalir pada *open flume* dan mengamati apakah kincir bisa berputar, kalau belum bisa berputar kincir di set ulang.

5. Menyalakan *rotatometer* kemudian membaca angka yang muncul pada layar dan mencatat jumlah putaran yang dihasilkan selama 1 menit.
6. Mengulangi langkah 4 dan 5 sebanyak lima kali untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

#### 3.4.4.2 Pengujian Daya Angkat Kincir

1. Pada percobaan ini variasi berat beban yang digunakan adalah 25 gr, 50 gr, 75 gr, 100 gr, 125 gr, 150 gr, 175 gr, 200 gr, 225 gr, 250 gr, 275 gr, 300 gr. Beban dimasukkan kedalam plastik supaya beban menjadi terapung.
2. Pemberat dipasang pada salah satu permukaan kawat kasa atau sudu kincir pengangkat sampah.
3. Saat kincir mulai berputar, diperhatikan apakah kincir mampu mengangkat beban yang terpasang.
4. Mencatat jumlah putaran kincir saat mengangkat tersebut.
5. Mengulangi langkah 2, 3, dan 4.

#### 3.4.5 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan proses analisis dari data hasil penelitian yang didapat melalui percobaan. Pengolahan data mengacu pada rumus-rumus yang telah dicantumkan pada Bab 2 yang terdapat pada landasan teori.

##### 1. Kecepatan Tangensial Kincir ( $U$ )

Kecepatan tangensial kincir air dihitung dengan persamaan berikut:

$$U_i = \frac{\pi \times D \times n}{60}$$

##### 2. Kecepatan Relatif Kincir ( $W$ )

Kecepatan relatif kincir air dihitung dengan persamaan berikut:

$$W_i^2 = C_i^2 + U_i^2 - 2 \cdot C_i \cdot U_i \cdot \cos \alpha$$

##### 3. Gaya ( $F$ ) Pada Kincir

Perhitungan gaya yang diakibatkan oleh aliran air pada kincir dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$F = \rho \times A_x \times V_x (V - v)$$

Disubstitusikan dengan kecepatan relatif turbin air ( $W$ ) pada ( $V-v$ ), sehingga persamaan menjadi sebagai berikut:

$$F = \rho x A x V x W$$

4. Kerja yang dilakukan oleh aliran air pada kincir ( $K$ )

Untuk menghitung kerja yang dilakukan oleh aliran air pada kincir digunakan persamaan sebagai berikut:

$$K = \rho \cdot a \cdot V \cdot (V-v) \cdot v$$

Substitusi kecepatan relatif  $W$  untuk mengganti ( $V-v$ ), sehingga persamaannya menjadi:

$$K = \rho \cdot a \cdot V \cdot W \cdot v$$

5. Laju aliran air ( $G$ )

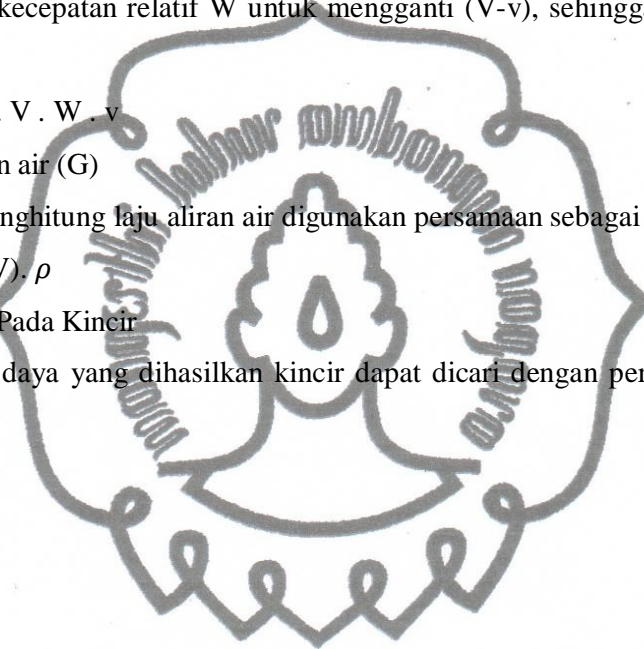
Untuk menghitung laju aliran air digunakan persamaan sebagai berikut:

$$G = (b.h.V) \cdot \rho$$

6. Daya ( $P$ ) Pada Kincir

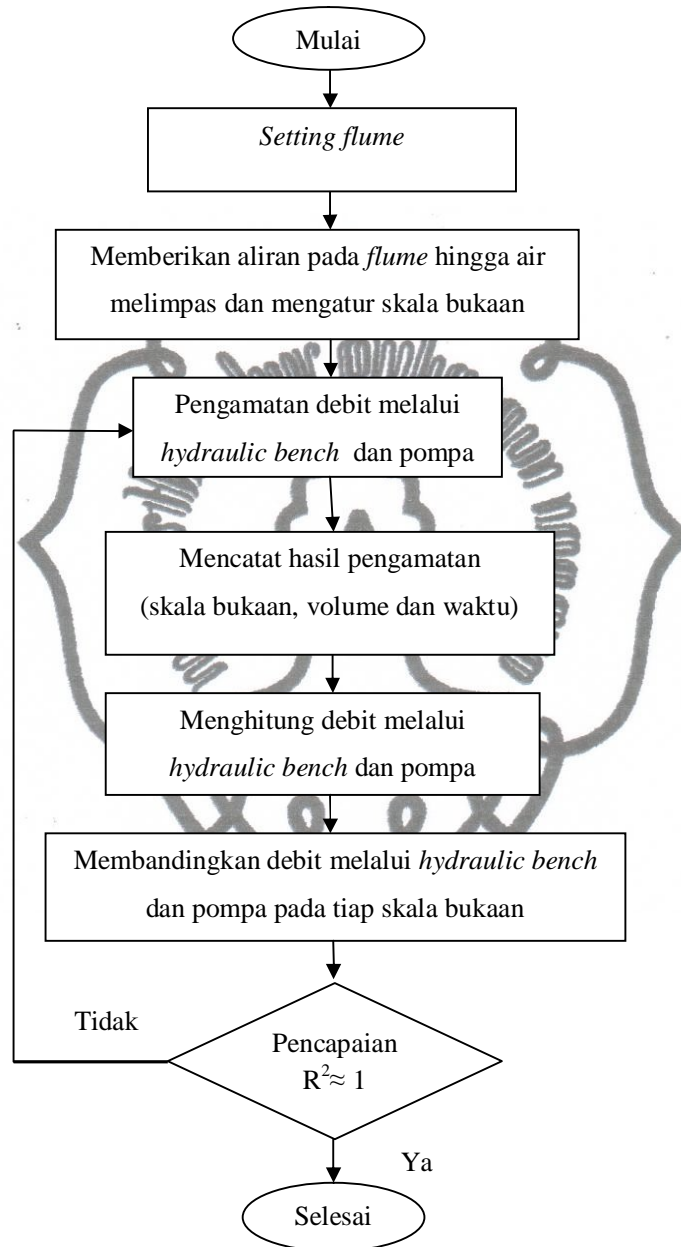
Besarnya daya yang dihasilkan kincir dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = K \cdot G$$

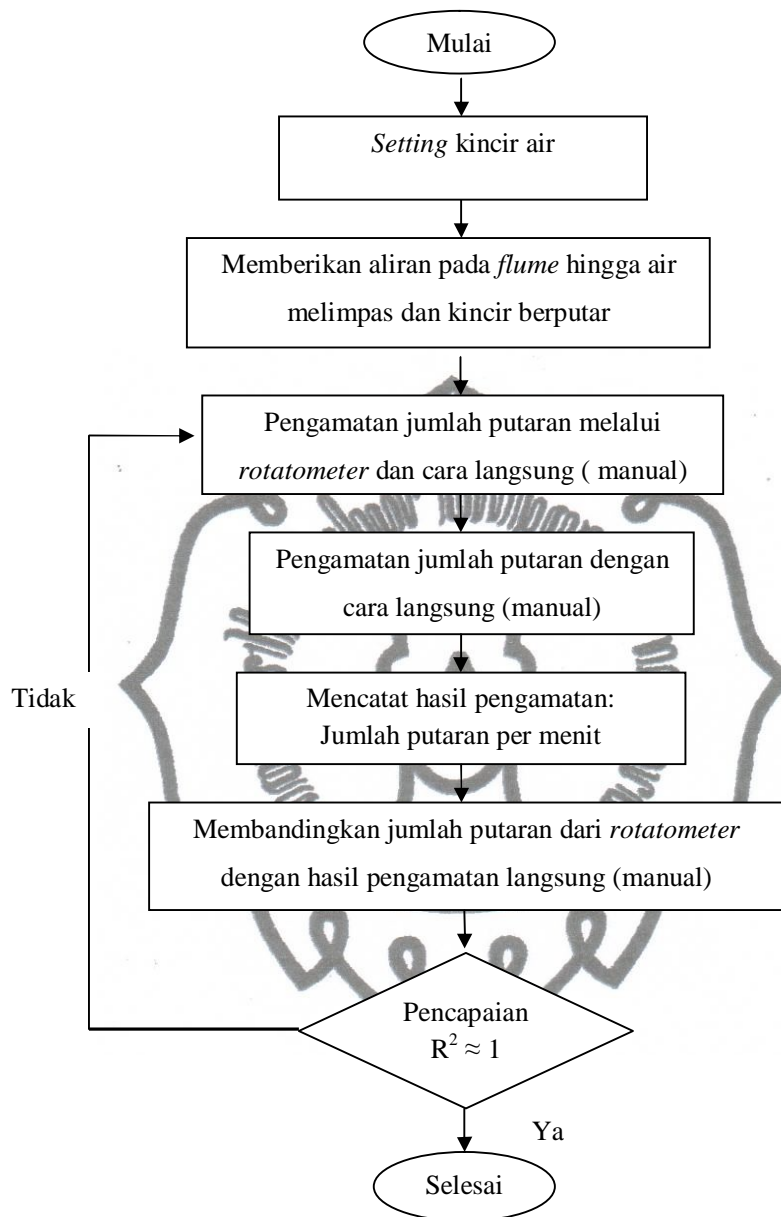


### 3.4.6 Langkah Penelitian

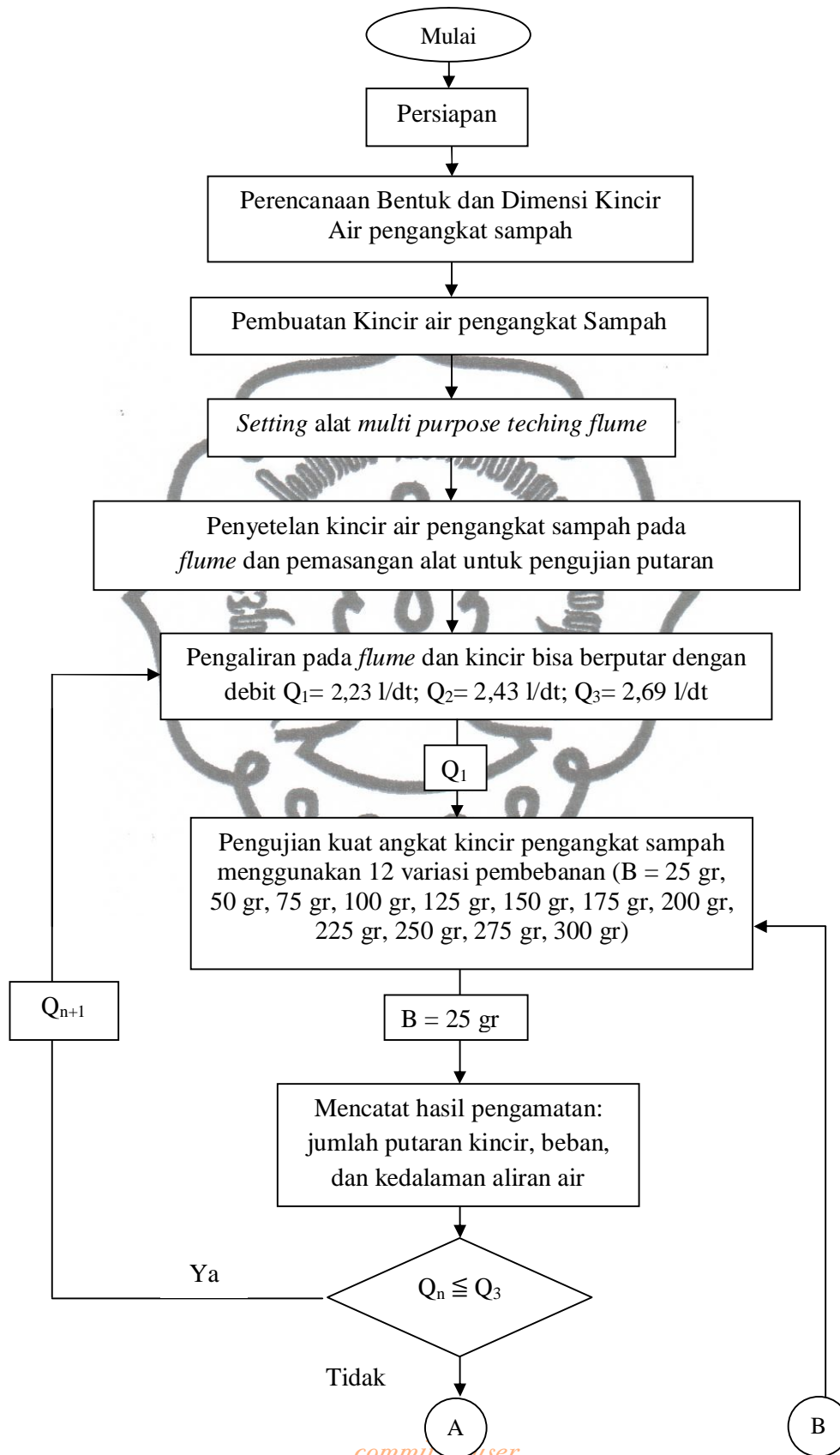
Langkah penelitian dapat dilihat dalam Gambar 3-8, 3-9 dan 3-10:



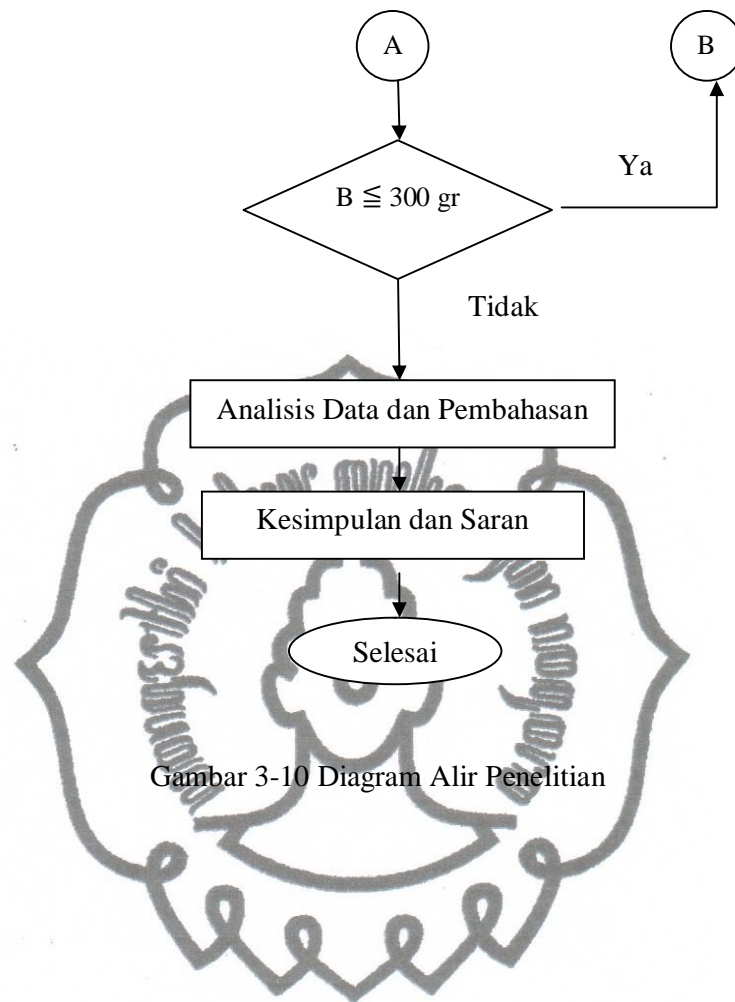
Gambar 3-8 Diagram Alir Kalibrasi Alat Ukur Debit



Gambar 3-9 Diagram Alir Kalibrasi Alat Ukur Putaran







Gambar 3-10 Diagram Alir Penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kalibrasi Alat Uji Penelitian

Ketelitian dan ketepatan hasil suatu penelitian ilmiah, terutama penelitian yang menggunakan model laboratorium, dipengaruhi oleh baik tidaknya kondisi alat pengujian atau model, untuk itu perlu dilakukan kalibrasi alat.

##### 4.1.1 Kalibrasi Alat Ukur Debit

Ketebalan aliran di flume yang relatif kecil menyebabkan baling-baling *current meter* tidak dapat tenggelam dalam air secara keseluruhan, maka pengukuran kecepatan menggunakan *current meter* tidak dapat digunakan.

Kalibrasi alat ukur debit dilakukan untuk mengetahui apakah debit yang terbaca pada *hydraulic bench* sama dengan yang dialirkan oleh pompa. Dengan demikian, alat ukur debit pada *hydraulic bench* diketahui berfungsi baik.

Besaran debit dapat dihitung sebagai berikut:

1. Pengukuran debit dengan menggunakan *hydraulic bench* ( $Q_{hb}$ )

Perhitungan debit terukur pada *hydraulic bench* ( $Q_{hb}$ )

Tabel 4-1. Data Pengamatan Debit pada *Hydraulic Bench*

No.	Skala Bukaan	Volume	t
	(mm)	(cm <sup>3</sup> )	(dt)
1	7.00	5000	31.56
2	7.20	5000	23.68
3	7.40	5000	12.32
4	7.60	5000	8.64
5	7.80	5000	6.24
6	8.00	5000	5.48
7	8.20	5000	3.57
8	8.40	5000	2.24
9	8.60	5000	2.06
10	8.80	5000	1.86

*commit to user*

$$\text{Dengan } V = \text{volume air} = 5000 \text{ cm}^3$$

$$\text{dan } t_1 = \text{lama waktu pengamatan alat ukur} = 31,56 \text{ dt}$$

$$Q_1 = \frac{V}{t_1}$$

$$Q_1 = \frac{5000}{31,56}$$

$$= 158,43 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

Jadi, debit terukur ( $Q_{hb}$ ) pada skala bukaan 7,00 mm adalah 158,43 cm<sup>3</sup>/dt. Untuk selanjutnya besaran debit pada *hydraulic bench* ditunjukkan pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2. Data Hasil Pengamatan Debit pada *Hydraulic Bench*

No.	Skala Bukaan	Volume	t	$Q_{hb}$
	(mm)	(cm <sup>3</sup> )	(dt)	(cm <sup>3</sup> /dt)
1	7.00	5000	31.56	158.43
2	7.20	5000	23.68	211.15
3	7.40	5000	12.32	405.84
4	7.60	5000	8.64	578.70
5	7.80	5000	6.24	801.28
6	8.00	5000	5.48	912.41
7	8.20	5000	3.57	1400.35
8	8.40	5000	2.24	2234.82
9	8.60	5000	2.06	2430.72
10	8.80	5000	1.86	2693.97

2. Pengukuran debit pada aliran yang dialirkan oleh pompa ( $Q_{pompa}$ )

Pengambilan data disesuaikan dengan skala bukaan debit. Pengukuran ini mengganti tampungan air yang telah digunakan pada pengukuran sebelumnya (*hydraulic bench*) dengan penampung air (ember).

Perhitungan debit terukur pada pompa ( $Q_{pompa}$ )

Tabel 4-3. Data Pengamatan Debit pada Pompa

No.	Skala bukaan	Volume	t
	(mm)	(cm <sup>3</sup> )	(dt)
1	7.00	3100	21.29
2	7.20	2900	14.27
3	7.40	3200	8.42
4	7.60	3100	5.51
5	7.80	3300	4.06
6	8.00	3300	3.79
7	8.20	3400	2.46
8	8.40	3200	1.61
9	8.60	2900	1.23
10	8.80	2900	1.12

Dengan  $V$  = volume air = 3100 cm<sup>3</sup>

dan  $t_1$  = lama waktu pengamatan alat ukur = 21,29 dt

$$Q_1 = \frac{V}{t_1}$$

$$Q_1 = \frac{3100}{21,29}$$

$$= 145,62 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

Jadi, debit pada pompa ( $Q_{pompa}$ ) pada skala bukaan 7,00 mm adalah 145,62 cm<sup>3</sup>/dt.

Untuk selanjutnya besaran debit pada pompa ditunjukkan pada Tabel 4-4.

Tabel 4-4. Data Hasil Pengamatan Debit pada Pompa

No.	Skala bukaan	Volume	t	$Q_{pompa}$
	(mm)	( $\text{cm}^3$ )	(dt)	( $\text{cm}^3/\text{dt}$ )
1	7.00	3100	21.29	145.62
2	7.20	2900	14.27	203.17
3	7.40	3200	8.42	379.94
4	7.60	3100	5.51	562.75
5	7.80	3300	4.06	813.67
6	8.00	3300	3.79	871.08
7	8.20	3400	2.46	1382.11
8	8.40	3200	1.61	1992.04
9	8.60	2900	1.23	2358.24
10	8.80	2900	1.12	2583.98

Berdasarkan Tabel 4-4 didapat lengkung hubungan antara  $Q_{hb}$  dan  $Q_{pompa}$  yang ditampilkan pada Gambar 4-1. Sesuai dengan grafik yang diperoleh dengan bantuan Ms. Excel diperoleh persamaan  $y = 0,943x + 12,89$ , dengan nilai  $R^2 = 0,996$ .

Gambar 4-1. Hubungan Antara  $Q_{hb}$  dan  $Q_{pompa}$ 

Dari Gambar 4-1 diperoleh nilai korelasi sebesar 0,996. Nilai ini mendekati 1, maka hubungan antara  $Q_{hb}$  dengan  $Q_{pompa}$  adalah linear atau sama, artinya alat ukur debit di *hydraulic bench* dapat digunakan.

#### 4.1.2 Kalibrasi Alat Ukur Putaran Kincir

Kalibrasi *rotatometer* dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah putaran (rpm) yang terbaca pada *rotatometer* sama dengan putaran sesungguhnya dalam jangka waktu 1 menit, sehingga diketahui bahwa *rotatometer* berfungsi baik. Jumlah putaran kincir dapat dihitung sebagai berikut:

##### 1. Pengukuran rpm dengan menggunakan *rotatometer*

Pengambilan data dilakukan dengan cara mencatat jumlah putaran kincir yang dihasilkan oleh *rotatometer*. Jumlah putaran pada *rotatometer* ditunjukkan pada Tabel 4-5. Data percobaan putaran kincir dengan menggunakan *rotatometer* dapat dilihat dalam table lampiran L-1

Tabel 4-5. Data hasil pengamatan putaran (rpm) pada *rotatometer*

NO	Debit	Waktu	<i>rotatometer</i>					rpm	rpm
	l/dt	detik	1	2	3	4	5	Total	Rerata
1	2.2348	60	19	20	19	20	21	99	19.8
2	2.4307	60	23	23	22	23	21	112	22.4
3	2.6940	60	24	24	25	24	23	120	24

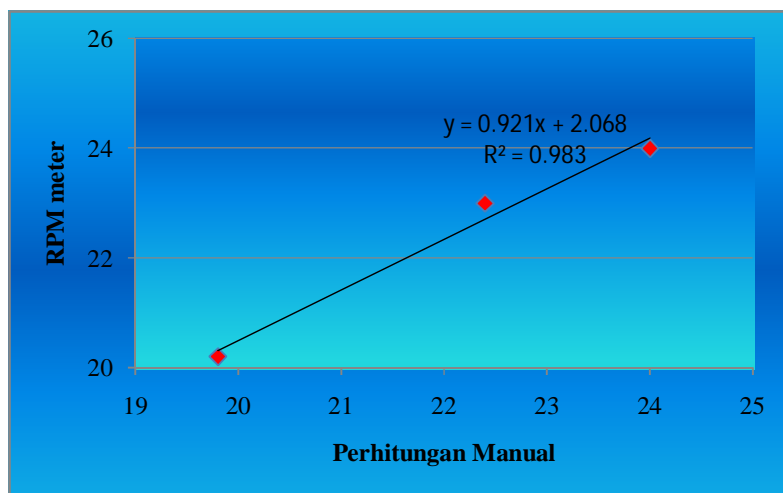
##### 2. Pengukuran rpm dengan cara perhitungan manual

Pengambilan data dilakukan dengan cara menghitung jumlah putaran kincir dalam jangka waktu 60 detik. Jumlah putaran dengan perhitungan manual ditunjukkan pada Tabel 4-6.

Tabel 4-6. Data Pengamatan putaran dengan cara manual

NO	Debit	Waktu	Perhitungan Manual					rpm	rpm
	l/dt	detik	1	2	3	4	5	Total	Rerata
1	2.2348	60	21	21	20	19	20	101	20.2
2	2.4307	60	24	24	21	24	22	115	23
3	2.6940	60	25	24	26	23	22	120	24

Berdasarkan Tabel 4-6 didapat lengkung hubungan antara jumlah putaran pada *rotatometer* dan jumlah putaran dengan perhitungan manual yang ditampilkan pada Gambar 4-4. Sesuai dengan grafik yang diperoleh dengan bantuan Ms. Excel diperoleh persamaan  $y = 0,921x + 2,068$ , dengan nilai  $R^2 = 0,983$ . Data percobaan putaran kincir dengan cara manual dapat dilihat dalam table lampiran L-2.



Gambar 4-2. Hubungan Antara Jumlah Putaran pada *Rotatometer* dan Pengamatan Manual

Dari Gambar 4-2 diperoleh nilai korelasi sebesar 0,983. Nilai ini mendekati 1, maka hubungan antara hubungan antara jumlah putaran pada *rotatometer* dan pengamatan manual adalah linear atau sama, artinya *rotatometer* dapat digunakan.

## 4.2 Analisis Putaran Kincir

Penelitian ini menggunakan dua kincir penggerak tipe *undershot* dengan sudu datar yang berdiameter 19 cm dengan panjang sudu 8 cm dan lebar sudu 5 cm. Kincir diletakkan pada *open flume* yang diberi aliran air, sehingga dapat berputar pada debit dan kecepatan aliran tertentu. Pada percobaan ini kincir dapat berputar dengan lancar dan tidak macet hanya pada tiga ukuran debit, yaitu 2,23 l/dt, 2,43 l/dt, dan 2,69 l/dt. Sehingga perhitungan putaran kincir hanya dilakukan pada tiga ukuran debit tersebut.

### 4.2.1 *Rotation Per Minute (RPM) Kincir*

Pembacaan jumlah putaran (rpm) dilakukan untuk mengetahui banyaknya putaran kincir pada debit dan kecepatan aliran tertentu. Banyaknya putaran kincir juga dipengaruhi oleh beban yang diberikan pada kincir pangangkat sampah. Data hasil percobaan rpm kincir ditampilkan pada Tabel 4-7. Data percobaan jumlah putaran (rpm) dapat dilihat dalam table lampiran L-3 sampai tabel lampiran L-5.

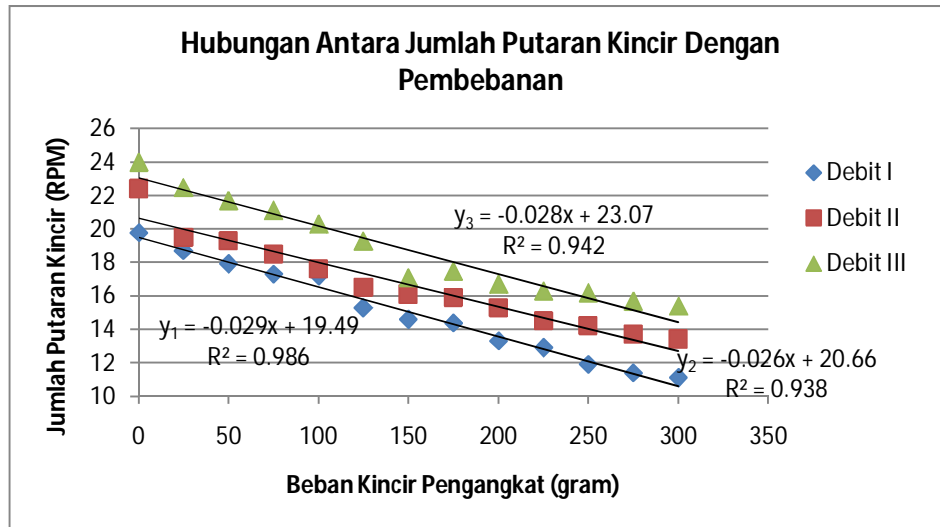
Tabel 4-7. Hasil Percobaan Rpm Kincir

DEBIT	H	BEBAN	rpm					rpm
			l/dt	cm	gr			
2.23	4	0	19	20	19	20	21	19.8
		25	18	18.5	20.5	18	18.5	18.7
		50	17.5	19	18	16.5	18.5	17.9
		75	15.5	16	18.5	18	18.5	17.3
		100	19	16.5	17.5	18	15	17.2
		125	15.5	15	14.5	15.5	16	15.3
		150	14.5	14	14	15	15.5	14.6
		175	14	14.5	14	14.5	15	14.4
		200	13	13	15	13	12.5	13.3
		225	13	13.5	12	13.5	12.5	12.9
		250	11.5	12	12	11.5	12.5	11.9
275	12	11	11	11.5	11.5	11.4		
300	11	11.5	10.5	11.5	11	11.1		
2.43	4.2	0	23	23	22	23	21	22.4
		25	21	16	20	20.5	20	19.5
		50	18	17.5	21.5	20.5	19	19.3
		75	18.5	20.5	17	19	17.5	18.5
		100	20	17.5	17.5	15.5	17.5	17.6
		125	17.5	16	17.5	16	15.5	16.5
		150	16	16	17.5	15.5	15.5	16.1
		175	16.5	15	15.5	17	15.5	15.9
		200	16	16.5	14.5	16	13.5	15.3
		225	15	15	14.5	14	14	14.5
		250	15	13	14	14	15	14.2
275	15	13	13.5	13.5	13.5	13.7		
300	13	14	13.5	13	13.5	13.4		
2.69	4.5	0	24	24	25	24	23	24
		25	23	22.5	23	22.5	21.5	22.5
		50	22	21	21.5	21.5	22.5	21.7
		75	21.5	21	20.5	21	21.5	21.1
		100	20.5	20.5	20	20	20.5	20.3
		125	19	19	18.5	20.5	19.5	19.3
		150	17	18	16	15.5	19	17.1
		175	18	17.5	16.5	18	17.5	17.5
		200	16	16.5	17	17.5	16.5	16.7
		225	15	17	16.5	16	17	16.3
		250	15	17.5	16.5	16	16	16.2
275	16.5	15	16.5	15	15.5	15.7		
300	15	16	15.5	15	15.5	15.4		

Keterangan tabel: (Debit) debit *hydraulic bench*; (H) kedalaman aliran air; (Beban) pembebanan yang diberikan pada kincir pengangkat; (rpm) jumlah putaran kincir hasil pengamatan pada *rotatometer*.

Dari Tabel 4-7 diperoleh hubungan antara jumlah putaran kincir dengan debit aliran dan juga beban yang diberikan pada kincir pengangkat seperti yang ditampilkan pada gambar Gambar 4-3:





Gambar 4-3. Hubungan Antara Jumlah Putaran Kincir Dengan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat

Dari Gambar 4-3 diketahui bahwa jumlah putaran kincir (rpm) berbanding terbalik dengan berat pembebanan. Semakin berat beban yang diberikan, maka jumlah putaran semakin berkurang. Selain itu jumlah putaran kincir (rpm) berbanding lurus dengan debit aliran. Semakin besar debit aliran, maka jumlah putaran kincir yang terjadi semakin banyak.

#### 4.2.2 Analisis Kecepatan Tangensial Kincir ( $U_i$ )

Hasil perhitungan rpm diatas kemudian digunakan untuk analisis kecepatan kincir dengan menggunakan Persamaan (2.1) sebagai berikut.

$$U_i = \frac{\pi D n}{60}$$

dengan,  $U_i$  = Kecepatan Tangensial

$D$  = Diameter kincir = 19 cm = 0,19 m

$n$  = jumlah rpm = 19,8

$$U_i = \frac{\pi \times 0,19 \times 19,8}{60} = 0,20 \text{ m/dt}$$

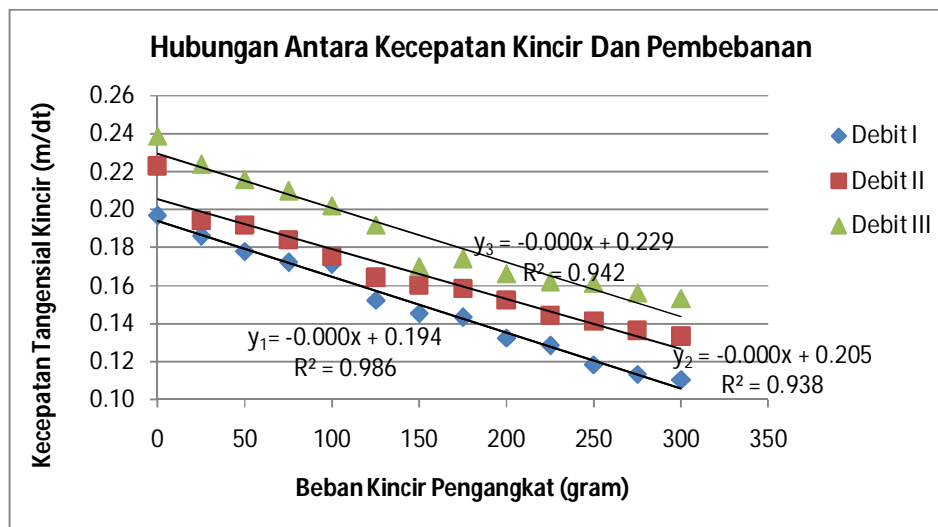
Jadi, kecepatan kincir pada debit 2,23 l/dt dengan pembebanan 0 gr adalah 0,20 m/dt. Hasil analisis kecepatan kincir selengkapnya disajikan dalam Tabel 4-8.

Tabel 4-8. Hasil Analisis Kecepatan Kincir

DEBIT	H	BEBAN	Kecepatan Tangensial Kincir					Ui
			m/dt					Rerata
2.23	4	0	0.19	0.20	0.19	0.20	0.21	0.20
		25	0.18	0.18	0.20	0.18	0.18	0.19
		50	0.17	0.19	0.18	0.16	0.18	0.18
		75	0.15	0.16	0.18	0.18	0.18	0.17
		100	0.19	0.16	0.17	0.18	0.15	0.17
		125	0.15	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15
		150	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15
		175	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14
		200	0.13	0.13	0.15	0.13	0.12	0.13
		225	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13
		250	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12
		275	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
		300	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
2.43	4.2	0	0.23	0.23	0.22	0.23	0.21	0.22
		25	0.21	0.16	0.20	0.20	0.20	0.19
		50	0.18	0.17	0.21	0.20	0.19	0.19
		75	0.18	0.20	0.17	0.19	0.17	0.18
		100	0.20	0.17	0.17	0.15	0.17	0.18
		125	0.17	0.16	0.17	0.16	0.15	0.16
		150	0.16	0.16	0.17	0.15	0.15	0.16
		175	0.16	0.15	0.15	0.17	0.15	0.16
		200	0.16	0.16	0.14	0.16	0.13	0.15
		225	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
		250	0.15	0.13	0.14	0.14	0.15	0.14
		275	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14
		300	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13
2.69	4.5	0	0.24	0.24	0.25	0.24	0.23	0.24
		25	0.23	0.22	0.23	0.22	0.21	0.22
		50	0.22	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22
		75	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21
		100	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
		125	0.19	0.19	0.18	0.20	0.19	0.19
		150	0.17	0.18	0.16	0.15	0.19	0.17
		175	0.18	0.17	0.16	0.18	0.17	0.17
		200	0.16	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17
		225	0.15	0.17	0.16	0.16	0.17	0.16
		250	0.15	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16
		275	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16
		300	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15

Keterangan tabel: (Ui) kecepatan tangensial kincir.

Dari Tabel 4-8 diperoleh hubungan antara kecepatan tangensial kincir dengan debit aliran dan juga beban yang diberikan pada kincir pengangkat seperti yang ditampilkan pada gambar Gambar 4-4:



Gambar 4-4. Hubungan Antara Kecepatan Tangensial Kincir Dengan Debit Aliran Dan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat

Dari Gambar 4-4 diketahui bahwa kecepatan tangensial kincir berbanding terbalik dengan pembebanan, semakin berat pembebanan yang diberikan maka kecepatan tangensial kincir semakin berkurang. Selain itu kecepatan tangensial kincir berbanding lurus dengan debit aliran. Semakin besar debit aliran, maka kecepatan tangensial kincir yang terjadi semakin tinggi.

### 4.3 Analisis Kecepatan Aliran Air

Perhitungan kecepatan aliran air diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

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

dengan,  $Q = \text{Debit open flume} = 2,23 \text{ l/dt} = 2,23 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$

$A = \text{Luas penampang basah} = 0,22 \text{ m} \times 0,04 \text{ m} = 0,0088 \text{ m}^2 = 0,01 \text{ m}^2$

maka,

$$V = \frac{2,23}{0,01} = 0,25 \text{ m/dt}$$

Jadi, aliran air dengan debit 2,23 l/dt memiliki kecepatan 0,25 m/dt. Hasil perhitungan kecepatan aliran selengkapnya ditampilkan pada Tabel 4-9.

*commit to user*

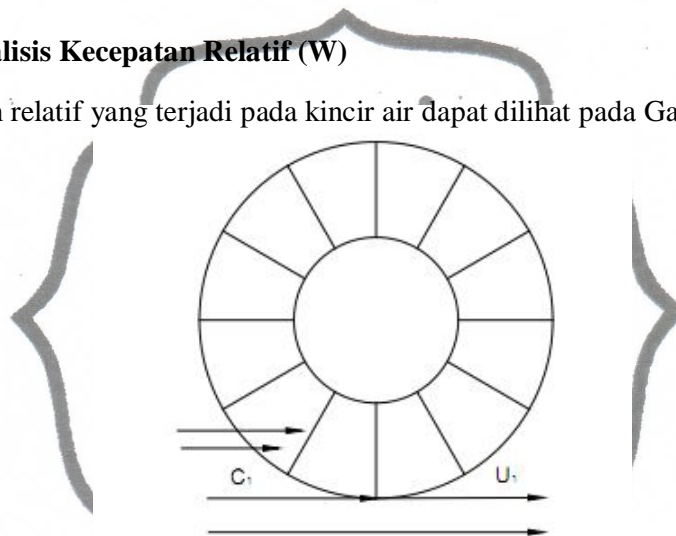
Tabel 4-9. Hasil Analisis Kecepatan Aliran *Open Flume*

NO	Debit l/dt	Debit m <sup>3</sup> /dt	Luas Penampang Basah		V Air m/dt
			B m	H m	
1	2.23	0.0022	0.22	0.04	0.25
2	2.43	0.0024	0.22	0.042	0.26
3	2.69	0.0027	0.22	0.045	0.27

Keterangan tabel: (Debit) debit *hydraulic bench*; (H) kedalaman aliran air; (B) lebar aliran air; (V air) kecepatan aliran air

#### 4.4 Analisis Kecepatan Relatif (W)

Kecepatan relatif yang terjadi pada kincir air dapat dilihat pada Gambar 4-5:



Gambar 4-5. Kecepatan relatif pada kincir

Dari hasil analisis kecepatan kincir dan kecepatan aliran dapat diperoleh kecepatan relatif (W) antara keduanya dengan Persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$W_i^2 = C_i^2 + U_i^2 - 2 C_i U_i \cos \alpha$$

Dengan  $C_i$  = Kecepatan aliran air = 0,25 m/dt

$U_i$  = Kecepatan tangensial kincir = 0,20 m/dt

$\alpha$  = Sudut yang terjadi antara  $C_i$  dan  $U_i = 0^0$

maka,  $W^2 = 0,25^2 + 0,20^2 - 2 \times 0,25 \times 0,20 \times \cos 0^0$

$$W^2 = 0,0569 \text{ m/dt}$$

$$W = 5,69 \times 10^{-2} \text{ m/dt}$$

Jadi, kecepatan relatif antara kecepatan kincir dan kecepatan aliran pada debit 2,23 l/dt dan pembebanan 0 gr adalah  $5,69 \times 10^{-2}$  m/dt. Hasil analisis kecepatan relatif selengkapnya disajikan pada Tabel 4-10:

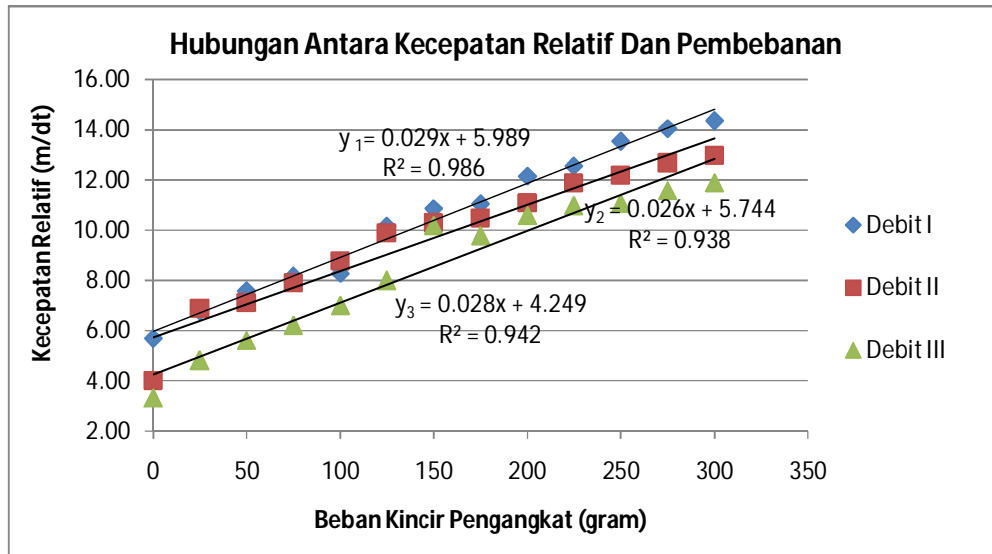
Tabel 4-10. Hasil Analisis Kecepatan Relatif (W)

DEBIT	H	BEBAN	U <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	W
l/dt	cm	gr	m/dt	m/dt	$\times 10^{-2}$ m/dt
2.23	4	0	0.20	0.25	5.69
		25	0.19		6.78
		50	0.18		7.58
		75	0.17		8.18
		100	0.17		8.28
		125	0.15		10.17
		150	0.15		10.86
		175	0.14		11.06
		200	0.13		12.16
		225	0.13		12.56
		250	0.12		13.55
		275	0.11		14.05
300	0.11		14.35		
2.43	4.2	0	0.22	0.26	4.01
		25	0.19		6.90
		50	0.19		7.10
		75	0.18		7.89
		100	0.18		8.79
		125	0.16		9.89
		150	0.16		10.28
		175	0.16		10.48
		200	0.15		11.08
		225	0.14		11.88
		250	0.14		12.17
		275	0.14		12.67
300	0.13		12.97		
2.69	4.5	0	0.24	0.27	3.33
		25	0.22		4.82
		50	0.22		5.62
		75	0.21		6.21
		100	0.20		7.01
		125	0.19		8.00
		150	0.17		10.19
		175	0.17		9.80
		200	0.17		10.59
		225	0.16		10.99
		250	0.16		11.09
		275	0.16		11.59
300	0.15		11.89		

Keterangan tabel: (Debit) debit *hydraulic bench*; (H) kedalaman aliran air; (Beban) pembebanan yang diberikan pada kincir pengangkat; (U<sub>i</sub>) kecepatan tangensial kincir; (C<sub>i</sub>) kecepatan aliran air; (W) kecepatan relatif kincir.

*commit to user*

Dari Tabel 4-10 diperoleh hubungan antara kecepatan relatif antara kecepatan aliran air dengan kecepatan tangensial kincir, dengan debit aliran dan juga beban yang diberikan pada kincir pengangkat seperti yang ditampilkan pada gambar Gambar 4-6:



Gambar 4-6. Hubungan Antara Kecepatan Relatif Dengan Debit Aliran Dan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat

Dari Gambar 4-6 diketahui bahwa kecepatan relatif berbanding lurus dengan pembebanan, semakin berat pembebanan yang diberikan maka kecepatan relatif semakin besar.

#### 4.5 Analisis Daya Kincir

Sampel analisa daya yang dihasilkan oleh kincir dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

Dengan kecepatan aliran :  $V = 0,25 \text{ m/dt}$

dan putaran kincir :  $n = 20 \text{ rpm}$

##### 1. Kecepatan Linier /Tangensial ( $U$ )

$$U = \frac{\pi \times D \times n}{60}$$

$$U = 0,20 \text{ m/dt}$$

##### 2. Gaya ( $F$ ) Pada Kincir

Perhitungan gaya yang diakibatkan oleh aliran air pada kincir dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2.5) berikut:

$$F = \rho \times A \times V \times (V - v)$$

Dengan substitusi kecepatan relatif turbin air ( $W$ ) pada ( $V-v$ ), persamaan menjadi sebagai berikut:

$$F = \rho \times A \times V \times W$$

dengan:

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

$$A = \text{Luas penampang plat/sudu} = 0,10 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V = \text{Kecepatan aliran air} = 0,25 \text{ m/dt}$$

$$W = \text{Kecepatan relatif} = 5,69 \times 10^{-2} \text{ m/dt}$$

Maka,

$$F = 1000 \times 8 \times 10^{-3} \times 0,25 \times 5,69 \times 10^{-2}$$

$$F = 11,56 \times 10^{-2} \text{ N}$$

### 3. Kerja yang dilakukan oleh aliran air pada kincir (K)

Untuk menghitung kerja yang dilakukan oleh aliran air pada kincir digunakan Persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$K = \rho \cdot a \cdot V \cdot (V-v) \cdot v$$

Substitusi kecepatan relatif  $W$  untuk mengganti  $(V-v)$ , sehingga persamaannya menjadi:

$$K = \rho \cdot a \cdot V \cdot W \cdot v$$

$$K = F \cdot v$$

$$K = 11,56 \times 10^{-2} \times 0,20 = 22,8 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

### 4. Laju aliran air (G)

Untuk menghitung laju aliran air digunakan Persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$G = (b \cdot h \cdot V) \cdot \rho$$

$$G = 2,23 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt} \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 2,23 \text{ kg/dt}$$

### 5. Daya (P) Pada Kincir

Besarnya daya yang dihasilkan kincir dapat dicari dengan Persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$P = K \cdot G$$

$$P = 22,8 \times 10^{-3} \times 2,23 = 5,09 \times 10^{-3} \text{ watt}$$

Yang bila dikonversikan kedalam besaran tenaga kuda (*Horse Power*) akan menjadi:

$$P = 5,09 \times 10^{-3} / 745,70$$

$$P = 6,83 \times 10^{-5} \text{ HP}$$

Maka daya kincir yang dihasilkan untuk debit 2,23 l/dt dan pembebanan 0 gr adalah  $6,83 \times 10^{-5} \text{ HP}$ . Hasil analisis daya yang dihasilkan oleh kincir selengkapnya ditampilkan pada Tabel 4-11:

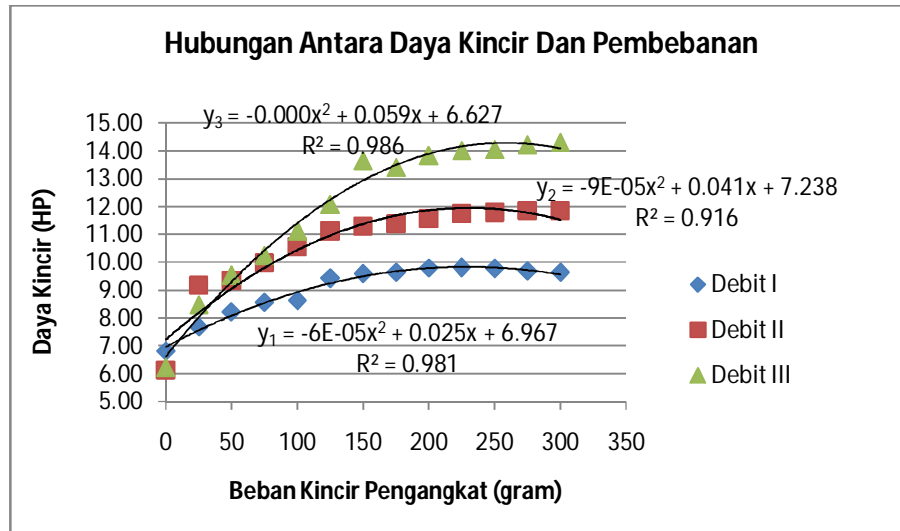


Tabel 4-11. Hasil Analisis Daya Kincir (P)

DEBIT $\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$	H cm	BEBAN gr	V Kincir m/dt	V air m/dt	W $\times 10^{-3} \text{ m/dt}$	F $\times 10^{-3} \text{ N}$	K $\times 10^{-3} \text{ Nm}$	G kg/dt	P $\times 10^{-5} \text{ HP}$
2.23	4	0	0.20	0.25	5.69	11.56	22.78	2.23	6.83
		25	0.19		6.78	13.78	25.65		7.69
		50	0.18		7.58	15.40	27.44		8.22
		75	0.17		8.18	16.61	28.61		8.57
		100	0.17		8.28	16.82	28.79		8.63
		125	0.15		10.17	20.66	31.46		9.43
		150	0.15		10.86	22.07	32.07		9.61
		175	0.14		11.06	22.48	32.21		9.65
		200	0.13		12.16	24.70	32.70		9.80
		225	0.13		12.56	25.51	32.75		9.82
		250	0.12		13.55	27.53	32.61		9.77
		275	0.11		14.05	28.54	32.39		9.71
		300	0.11		14.35	29.15	32.20		9.65
2.43	4.2	0	0.22	0.26	4.01	8.45	18.83	2.43	6.14
		25	0.19		6.90	14.52	28.18		9.19
		50	0.19		7.10	14.94	28.69		9.35
		75	0.18		7.89	16.61	30.59		9.97
		100	0.18		8.79	18.50	32.40		10.56
		125	0.16		9.89	20.80	34.16		11.14
		150	0.16		10.28	21.64	34.68		11.30
		175	0.16		10.48	22.06	34.91		11.38
		200	0.15		11.08	23.32	35.50		11.57
		225	0.14		11.88	24.99	36.07		11.76
		250	0.14		12.17	25.62	36.21		11.80
		275	0.14		12.67	26.67	36.36		11.85
		300	0.13		12.97	27.30	36.40		11.87
2.69	4.5	0	0.24	0.27	3.33	7.24	17.29	2.69	6.25
		25	0.22		4.82	10.49	23.49		8.49
		50	0.22		5.62	12.22	26.40		9.54
		75	0.21		6.21	13.52	28.40		10.26
		100	0.20		7.01	15.26	30.82		11.14
		125	0.19		8.00	17.42	33.47		12.09
		150	0.17		10.19	22.19	37.76		13.64
		175	0.17		9.80	21.32	37.14		13.42
		200	0.17		10.59	23.06	38.32		13.84
		225	0.16		10.99	23.92	38.81		14.02
		250	0.16		11.09	24.14	38.92		14.06
		275	0.16		11.59	25.22	39.41		14.24
		300	0.15		11.89	25.87	39.65		14.33

Keterangan tabel: (Debit) debit *hydraulic bench*; (H) kedalaman aliran air; (Beban) pembebanan yang diberikan pada kincir pengangkat; (F) gaya pada kincir; (K) kerja yang dilakukan pancaran pada kincir; (G) laju aliran air; (P) daya pada kincir.

Dari Tabel 4-11 diperoleh hubungan antara daya yang dihasilkan oleh kincir dengan debit aliran dan juga beban yang diberikan pada kincir pengangkat seperti yang ditampilkan pada Gambar 4-7:



Gambar 4-7. Hubungan Antara Daya Kincir Dengan Debit Aliran Dan Beban Yang Diberikan Pada Kincir Pengangkat

Dari Gambar 4-7 diketahui bahwa daya yang dihasilkan kincir berbanding lurus dengan beban yang diberikan. Semakin ringan beban yang diberikan berarti putaran kincir besar, dan daya yang dihasilkan oleh kincir tersebut semakin kecil.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan alat ini dipengaruhi oleh debit aliran, kecepatan aliran dan beban sampah. Jumlah rpm untuk debit 2,23 l/dt, 2,43 l/dt, dan 2,69 l/dt dengan beban 300 gr berturut-turut adalah 11,1 putaran, 13,4 putaran, dan 15,4 putaran, sedangkan besar kecepatan tangensial kincir berturut-turut adalah 0,11 m/dt, 0,13 m/dt, dan 0,15 m/dt. Besarnya daya yang dihasilkan pada debit 2,23 l/dt, 2,43 l/dt, dan 2,69 l/dt dengan beban 300 gr berturut-turut adalah  $9,65 \times 10^{-5}$  HP,  $11,87 \times 10^{-5}$  HP, dan  $14,33 \times 10^{-4}$  HP. Apabila debit aliran dan kecepatan aliran terlalu rendah maka kincir tidak dapat berputar.
2. Daya yang dihasilkan kincir berbanding terbalik dengan debit dan kecepatan aliran air, karena semakin besar debit dan kecepatan aliran air, maka daya yang dihasilkan oleh kincir semakin turun.

#### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat disampaikan:

1. Perhitungan sistem gear dan puli sebaiknya dianalisis.
2. Sebaiknya kincir diuji dengan skala pada saluran yang sesungguhnya yang terjadi dilapangan agar diketahui hasilnya secara maksimal. Dan dengan menggunakan sampah terapung dilapangan.
3. melakukan variasi percobaan dengan meletakkan kincir penggerak dibagian hilir saluran, dan juga variasi jarak antara kincir penggerak dengan kincir pengangkat sampah.