

**PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA
KINCIR AIR TIPE SUDU LENGKUNG
OVERSHOT**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**HARDIANTO DWI S.
NIM. 0910623049-62**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA KINCIR AIR TIPE SUDU LENGKUNG OVERSHOT

SKRIPSI KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
HARDIANTO DWI SISWANDI
NIM. 0910623049 – 62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.
NIP. 19490911 198403 1 001

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng
NIP. 19541009 198303 1 002

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA KINCIR AIR TIPE SUDU LENGKUNG OVERSHOT

SKRIPSI KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Disusun oleh:

HARDIANTO DWI SISWANDI
NIM. 0910623049-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 4 Februari 2014

Skripsi I

Skripsi II

Dr. Eng Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

Ir. Hastono Wijaya, MT.
NIP. 19601204 198601 1 002

Skripsi III

Francisca Gayuh Utami Dewi, S.T., M.T.
NIP. 820919 06 12 0259

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., Dr.Eng.
NIP. 19740121 199903 1 001

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat-Nyalah penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Kedua orang tua penulis beserta keluarga atas doa dan dukungannya.
2. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Purnami, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Agung Sugeng Widodo, ST., MT., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng., Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang juga telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Djoko Sutikno, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
7. Nabila Wahyu Kusuma yang sangat setia dan sabar menemani dalam penyusunan skripsi ini.
8. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2009 "Black Mamba".
9. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak memungkinkan penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan masukan, saran dan kritik dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan juga bagi pembaca pada umumnya.

Malang, Januari 2014

Penulis

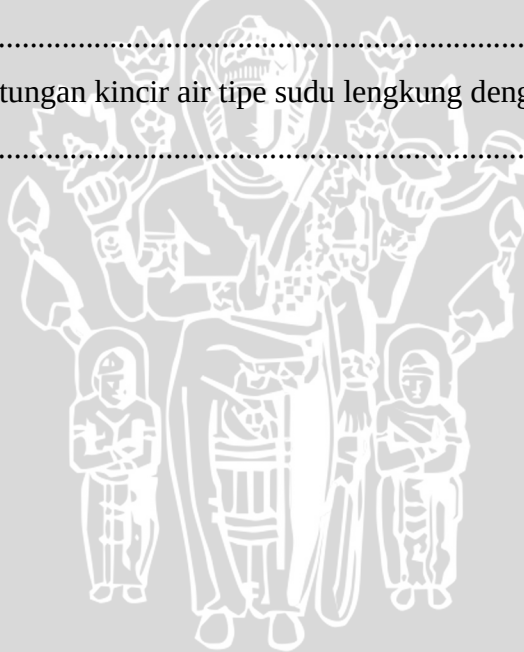
DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Penelitian Sebelumnya	3
2.2 Turbin Air.....	4
2.2.1 Definisi Turbin Air.....	4
2.2.2 Klasifikasi Turbin Air	4
2.2.2.1 Turbin Impuls.....	4
2.2.2.2 Turbin Reaksi.....	7
2.2.3 Kincir Air	10
2.3 Kinerja kincir air	15
2.3.1 Debit Aliran Air	15
2.3.2 Rasio (U/Vs)	15
2.3.3 <i>Brake Horse Power</i> (BHP).....	16
2.3.4 <i>Water Horse Power</i> (WHP).....	16
2.3.5 Efisiensi Kincir Air	17
2.4 Hipotesis.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Metode Penelitian.....	18
3.2 Variabel Penelitian	18
3.3 Alat-alat yang Digunakan.....	19

3.4 Instalasi Penelitian	24
3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	24
3.6 Tempat Penelitian.....	25
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisa Data.....	26
4.1.1. Data Hasil Penelitian.....	26
4.1.2. Perhitungan Data.....	28
4.1.3. Data Hasil Perhitungan.....	31
4.2 Analisa Grafik dan Pembahasan.....	33
4.2.1. Analisa Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Poros (BHP) Kincir Air <i>Overshot</i>	33
4.2.2. Analisa Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air <i>Overshot</i>	35
4.2.3. Pengaruh rasio U/Vs dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air <i>Overshot</i>	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Hasil pengambilan data pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 3.....	26
Tabel 4.2	Hasil pengambilan data pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 4.....	27
Tabel 4.3	Hasil pengambilan data pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 5.....	28
Tabel 4.4	Data hasil perhitungan kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 3.....	31
Tabel 4.5	Data hasil perhitungan kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 4.....	32
Tabel 4.6	Data hasil perhitungan kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 5.....	32

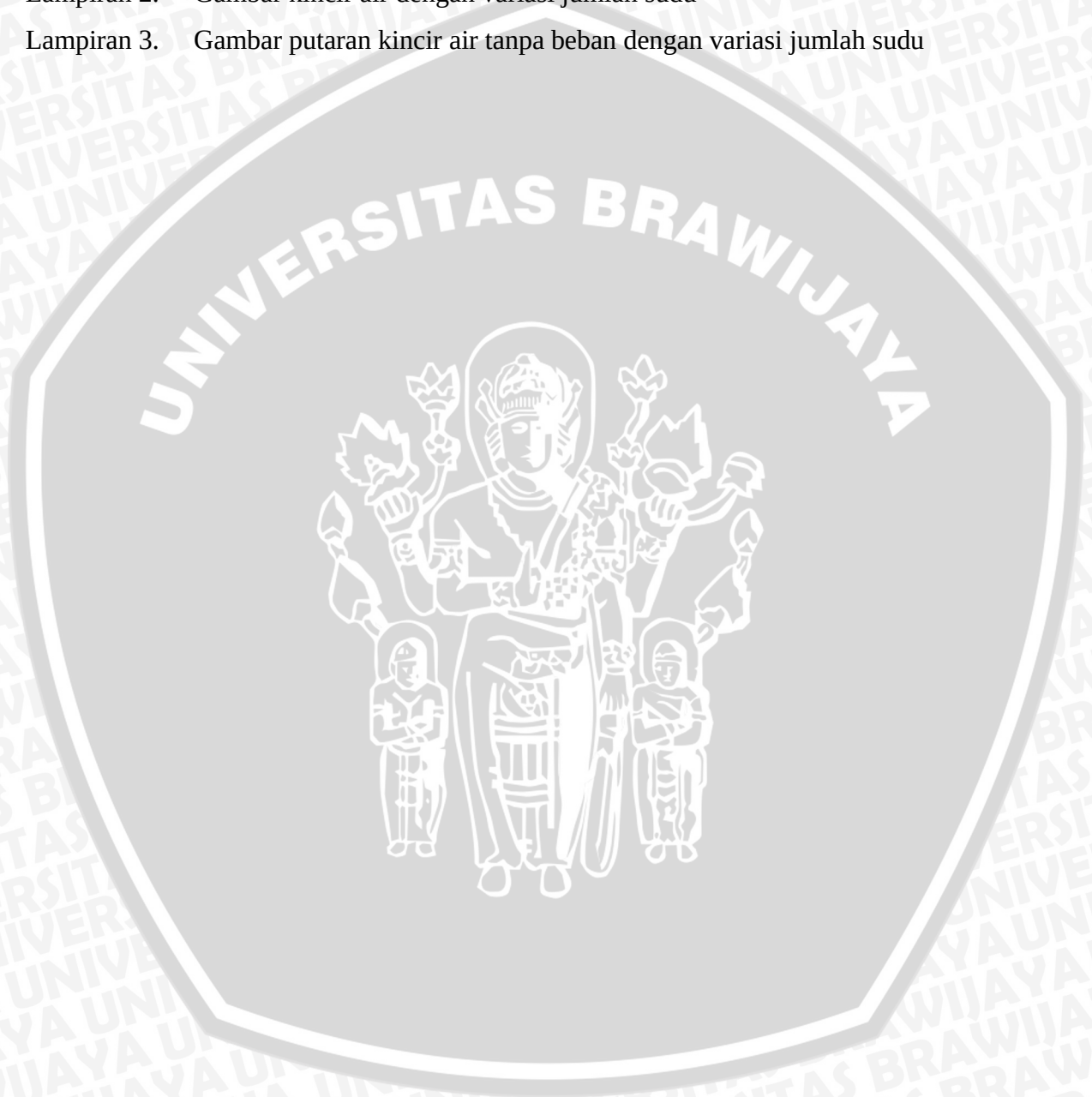


DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Turbin impuls.....	5
Gambar 2.2	Turbin Air Pelton.....	6
Gambar 2.3	Turbin Air Turgo.....	6
Gambar 2.4	Konstruksi dari Turbin Michael Banki.....	7
Gambar 2.5	Turbin reaksi.....	8
Gambar 2.6	Turbin Air Kaplan.....	8
Gambar 2.7	Instalasi Turbin Propeller.....	9
Gambar 2.8	Turbin Francis.....	10
Gambar 2.9	kincir air <i>overshot</i>	10
Gambar 2.10	kincir air <i>undershot</i>	11
Gambar 2.11	kincir air <i>Breastshot</i>	12
Gambar 2.11	kincir air <i>Tub</i>	13
Gambar 3.1	pompa.....	18
Gambar 3.2	<i>Magnetic Flowmeter</i>	19
Gambar 3.3	Saluran terbuka.....	20
Gambar 3.4	Kincir air dengan jumlah sudu 3 buah.....	20
Gambar 3.5	Kincir air dengan jumlah sudu 4 buah.....	21
Gambar 3.6	Kincir air dengan jumlah sudu 5 buah.....	21
Gambar 3.7	Neraca pegas.....	22
Gambar 3.8	<i>Digital Tachometer</i>	22
Gambar 3.9	Instalasi penelitian.....	23
Gambar 3.10	Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Poros (BHP) Kincir Air <i>Overshot</i>	34
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air <i>Overshot</i>	36
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara rasio U/Vs Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air <i>Overshot</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Gambar instalasi penelitian
Lampiran 2.	Gambar kincir air dengan variasi jumlah sudu
Lampiran 3.	Gambar putaran kincir air tanpa beban dengan variasi jumlah sudu



RINGKASAN

HARDIANTO DWI SISWANDI, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Januari 2014, *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung Overshot* Dosen Pembimbing : Rudy Soenoko dan Djoko Sutikno.

Masalah pemenuhan kebutuhan akan energi listrik pun dapat diselesaikan dengan membangun sebuah instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan salah satu jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah kincir air. Penelitian tentang kincir dan turbin impuls lainnya telah banyak dilakukan diantaranya lebar sudu turbin mempengaruhi kinerja kincir air tipe sudu datar *overshot*, dan sistem aliran fluida mempengaruhi kinerja kincir air, tinggi sudu mempengaruhi kinerja kincir air tipe sudu datar *overshot*, tebal sudu mempengaruhi kinerja kincir air tipe sudu datar *overshot*. Kincir air yang sudah banyak digunakan adalah kincir air dengan tipe sudu datar, sedangkan bentuk sudu yang lain, seperti bentuk mangkuk atau lengkung banyak digunakan pada turbin air impuls jenis Pelton. Selama ini kincir air masih mempunyai efisiensi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan turbin-turbin air yang lain, padahal instalasi kincir air lebih mudah untuk dibuat jika dibandingkan dengan turbin air jenis lain.

Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensinya maka dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja kincir air tipe sudu lengkung *overshot*. Pada penelitian ini akan menguji pengaruh variasi jumlah sudu yaitu 3 buah, 4 buah, dan 5 buah terhadap kinerja kincir air yang meliputi daya poros (BHP), rasio U/Vs, daya air (WHP), serta efisiensi dengan menggunakan bentuk sudu lengkung dengan sudut kelengkungan terhadap pusat poros 15°, dan sistem aliran *overshot*. Dari pengujian tersebut didapatkan Daya poros tertinggi adalah pada variasi jumlah sudu 5 yaitu sebesar 0.05 watt, kemudian variasi jumlah sudu 4 yaitu sebesar 0.04 watt, dan variasi jumlah sudu 3 yaitu sebesar 0.03 watt. Semakin banyak jumlah sudu, maka daya poros semakin meningkat. Daya poros tertinggi adalah pada debit 10 m³/jam, pada jumlah sudu 3 yaitu sebesar 0.1 watt, pada jumlah sudu 4 yaitu sebesar 0.12 watt, pada jumlah sudu 5 sebesar 0.17 watt. Efisiensi tertinggi adalah pada jumlah sudu 5 yaitu sebesar 50,4 %, kemudian variasi jumlah sudu 4 yaitu sebesar 38,5 %, dan variasi jumlah sudu 3 yaitu 36,3 %. Semakin banyak jumlah sudu maka efisiensi semakin meningkat.

Kata kunci : Jumlah sudu, sudu lengkung, *overshot*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi dalam kehidupan manusia tiap tahun kian meningkat seiring dengan kemajuan teknologi dan perkembangan zaman, baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri. Ketergantungan yang berlebihan terhadap sumber energi tak terbarukan akan menimbulkan beberapa masalah yang harus dihadapi misalnya: ketersediaan bahan bakar tersebut semakin hari semakin berkurang hingga suatu saat akan habis dan tidak dapat diperbaharui lagi. Satu hal yang perlu juga diperhatikan bahwa penggunaan bahan bakar tak terbarukan tersebut akan menambah jumlah karbondioksida (CO_2) di udara bebas semakin meningkat yang dapat mengganggu dan mencemari kehidupan lingkungan.

Masalah pemenuhan kebutuhan akan energi listrik pun dapat diselesaikan dengan membangun sebuah instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan salah satu jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah kincir air. Untuk kebutuhan listrik skala kecil, khususnya di daerah-daerah pedalaman, kincir air masih merupakan alternatif solusi yang bisa diaplikasikan karena bentuknya yang sederhana dan perawatannya yang mudah.

Penelitian tentang kincir dan turbin impuls lainnya telah banyak dilakukan diantaranya lebar sudu turbin mempengaruhi kinerja kincir air tipe sudu datar *overshot*, dan sistem aliran fluida mempengaruhi kinerja kincir air, tinggi sudu mempengaruhi kinerja kincir air tipe sudu datar *overshot*, tebal sudu mempengaruhi kinerja kincir air tipe sudu datar *overshot*. Kincir air yang sudah banyak digunakan adalah kincir air dengan tipe sudu datar, sedangkan bentuk sudu yang lain, seperti bentuk mangkuk atau lengkung banyak digunakan pada turbin air impuls jenis Pelton. Selama ini kincir air masih mempunyai efisiensi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan turbin-turbin air yang lain, padahal instalasi kincir air lebih mudah untuk dibuat jika dibandingkan dengan turbin air jenis lain. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensinya maka dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja kincir air tipe sudu lengkung *overshot*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan sebuah permasalahan, yaitu bagaimana kinerja kincir air tipe sudu lengkung pada sistem aliran *overshot* dengan variasi jumlah sudu ?.

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Kondisi dianggap *steady state / steady flow*.
2. Kinerja yang diteliti meliputi rasio U/V_s , daya, dan efisiensi kincir air.
3. Jenis saluran yang digunakan adalah saluran terbuka.
4. Sistem aliran yang digunakan adalah *overshot*.
5. Konstruksi kincir air
 - Lebar sudu yang digunakan 0.3 m
 - Tinggi sudu yang digunakan 0.07 m
 - Bahan yang dipakai adalah pipa pvc dibelah menjadi dua, kecuali bantalan dan pulley.
 - Diameter kincir 0.2 m
 - Sudut kelengkungan 15°

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja kincir air tipe sudu lengkung pada sistem aliran *overshot* dengan variasi jumlah sudu.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

- Sebagai bahan pertimbangan bagi kalangan umum bahwa kinerja kincir air masih bisa ditingkatkan efisiensinya.
- Sumbangan pemikiran bagi dunia pendidikan khususnya bidang teknik.
- Mendapatkan hasil analisis kinerja kincir air tipe sudu lengkung pada sistem aliran *overshot* dengan variasi jumlah sudu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Saiful Amri (2012), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi lebar sudu pada kincir air tipe sudu datar dengan sistem aliran *overshot* di Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Pada penelitiannya digunakan dua variasi lebar sudu pada kincir air *overshot* tipe sudu datar yang terbuat dari kayu, yaitu 0,4 m dan 0,5 m dengan tinggi sudu yang sama yaitu 0,16 m, jumlah sudu yang digunakan berjumlah 4 buah yang terdiri dari satu roda. Debit air yang digunakan pada pengujian adalah 10 (m^3/jam), 12 (m^3/jam), 14 (m^3/jam), 16 (m^3/jam), 18 (m^3/jam), 20 (m^3/jam).

Dari penelitiannya didapatkan efisiensi terbesar dari lebar sudu 0,4 m adalah pada debit 20 (m^3/jam) yaitu 70,02 %, sedangkan efisiensi terendah adalah pada debit 10 (m^3/jam) yaitu 51,48 %. Pada lebar sudu 0,5 m memiliki efisiensi tertinggi pada debit 20 (m^3/jam) yaitu 62,36 %, sedangkan efisiensi terendah pada debit 10 (m^3/jam) yaitu 39,07 %, Efisiensi tertinggi adalah pada lebar sudu 0,4 m yaitu 70,02 %. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa yang memiliki efisiensi tertinggi adalah pada lebar sudu 0,4 m, dan efisiensi dipengaruhi oleh besarnya debit air, semakin tinggi debit air, maka efisiensi kincir air juga semakin tinggi pula.

Edis Sudioanto Sihombing (2009), melakukan penelitian tentang bentuk sudu lengkung yang digunakan pada kincir air terapung, dengan spesifikasi dimensi lebar sudu 19 cm, panjang sudu 49 cm, bahan sudu dibuat dari plat ST-37 dengan tebal 2 mm, jumlah sudu yang digunakan adalah 12 buah dengan posisi sudut kelengkungan 30° terhadap sumbu poros turbin dengan variasi pembebanan lampu dari arus listrik yang dihasilkan alternator kincir air tersebut, variasi pembebanannya yaitu tanpa menggunakan lampu, menggunakan 1 lampu (25 watt), menggunakan 2 lampu (50 watt), menggunakan 3 lampu (75 watt), menggunakan 4 lampu (100 watt).

Beliau membandingkan banyaknya pembebanan lampu terhadap daya listrik yang dihasilkan alternator, hasilnya adalah jika tanpa menggunakan pembebanan

lampu daya yang dihasilkan alternator 125,97 watt, jika 1 lampu daya yang dihasilkan alternator 101,92 watt, jika 2 lampu daya yang dihasilkan alternator 75,92 watt, jika 3 lampu daya yang dihasilkan alternator 50,92 watt, jika 4 lampu daya yang dihasilkan alternator 26,85 watt. Semakin tinggi pembebanan lampu yang dipasang, maka semakin rendah daya yang dihasilkan putaran alternator.

2.2 Turbin Air

2.2.1 Definisi Turbin Air

Turbin air adalah mesin konversi energi yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada poros turbin. Bagian yang berputar disebut runner. Air yang diam pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Energi ini dapat dimanfaatkan untuk kepentingan yang lebih luas dengan jalan mengubah ke bentuk lain. Apabila air pada ketinggian tertentu terhadap suatu tempat dialirkan ke tempat yang lebih rendah maka energi potensial yang dimiliki berangsur – angsur berubah menjadi kinetik. Energi ini kemudian diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin berupa putaran. Selanjutnya turbin akan memutar poros untuk menggerakkan beban generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling, ataupun mesin-mesin lainnya.

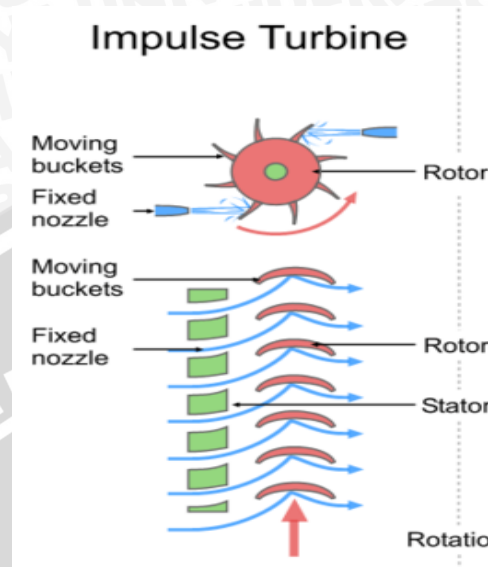
2.2.2 Klasifikasi Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan reaksi.

2.2.2.1 Turbin Impuls

Turbin impuls (*impulse turbine*), yaitu turbin yang digerakkan oleh sebuah atau beberapa pancaran air (*water jet*) berkecepatan tinggi dari *nozzle*. Prinsip kerjanya yaitu mengubah energi potensial dari air menjadi energi kinetik pada *nozzle*. Air keluar dari *nozzle* dengan kecepatan tinggi menumbuk sudu turbin. Setelah menumbuk sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls) akibatnya roda turbin akan berputar. Seluruh energi yang tersedia diubah oleh *nozzle* menjadi kinetik pada tekanan atmosfer sebelum fluida menyentuh sudu-sudu bergerak seperti pada gambar 2.1 turbin impuls ini cocok untuk head yang tinggi dengan kapasitas air yang rendah. Jenis turbin ini mengubah

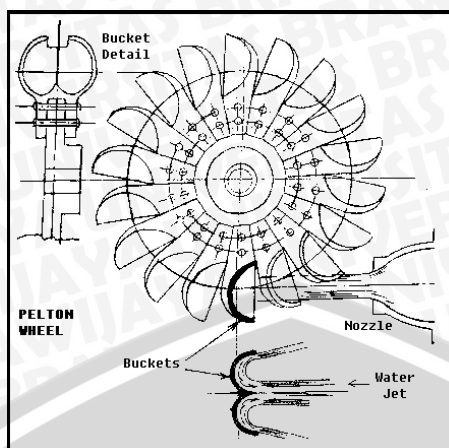
head yang tinggi menjadi semburan kecepatan tinggi pada *nozzle*. Jenis-jenis turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin Turgo, dan turbin *Crossflow*.



Gambar 2.1 Turbin impuls
Sumber : Anonymus 1: 2013

1. Turbin Pelton

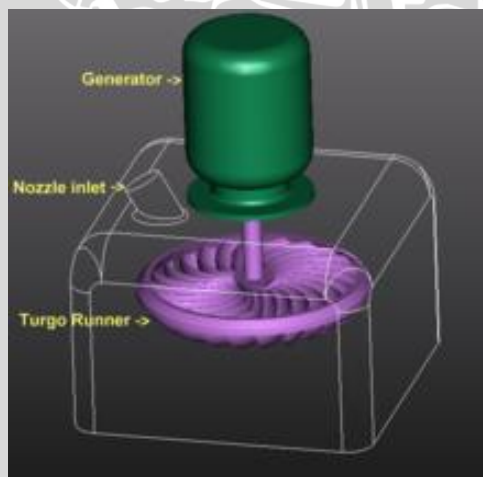
Turbin pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut *nozzle*. Turbin pelton termasuk salah satu jenis turbin paling efisien, turbin pelton cocok digunakan untuk head yang tinggi (>300) dengan aliran kecil. Turbin pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head kurang lebih 150 meter tetapi untuk skala mikro head 20 meter.



Gambar 2.2 Turbin Air Pelton
Sumber : Anonymus 2: 2013

2. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi hingga head 30 s/d 300 meter. Seperti turbin pelton merupakan turbin impuls tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nozzle membentur sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.

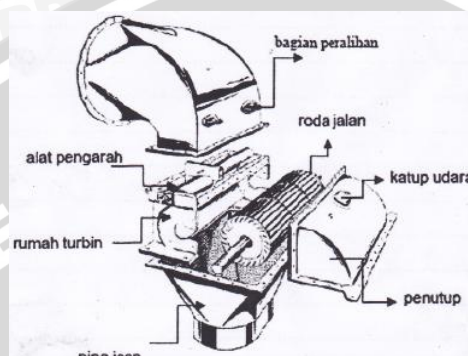


Gambar 2.3 Turbin Air Turgo
Sumber : Anonymus 3: 2013

3. Turbin *Crossflow* (Michael Banki)

Adalah jenis turbin impuls yang bisa beroperasi pada head rendah. Kerja dari turbin ini adalah sebagai berikut, aliran air dilewatkan melalui suatu sudu

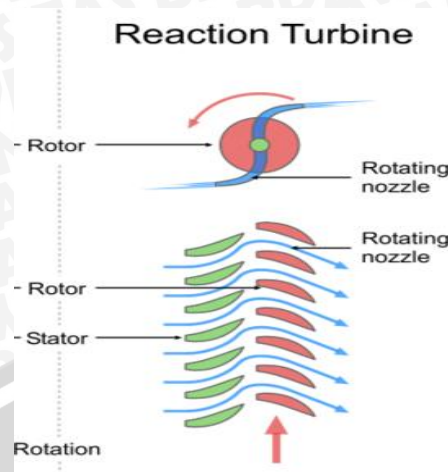
jalan yang berbentuk silinder, kemudian aliran air dari dalam silinder dan air keluar silinder. Energi yang diperoleh 20% -nya dari tahap pertama. Air yang masuk sudu diarahkan oleh alat pengarah yang sekaligus berfungsi sebagai nozel. Seperti pada turbin pelton, prinsip perubahan energi adalah sama dengan turbin impuls. Pelton yaitu energi kinetik dan penggerak dikenakan pada sudu-sudu pada tekanan yang sama kemudian pada roda jalan, energi diubah menjadi energi mekanik pada putaran poros.



Gambar 2.4 Konstruksi dari Turbin Michael Banki
Sumber : Basyiran, mesin konversi energi (65)

2.2.2.2 Turbin Reaksi

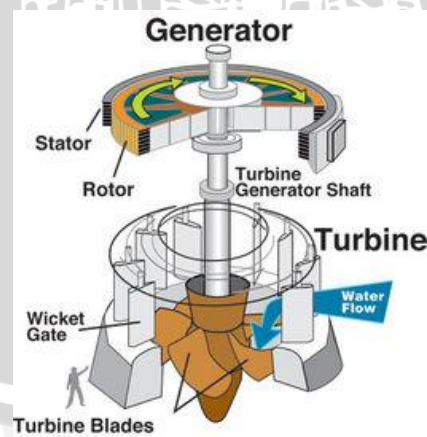
Turbin reaksi (*reaction turbine*), yaitu turbin yang digerakkan oleh gaya tekanan air. Rotor dari turbin reaksi terbenam secara keseluruhan dalam air dan ditutupi oleh selubung tekan (*pressure casing*). Sudu-sudu runner mempunyai bentuk profil sedemikian rupa sehingga perbedaan tekanan air yang melewatinya menimbulkan gaya-gaya hidrodinamis yang selanjutnya gaya-gaya tersebut memutar turbin dengan cepat. Jenis-jenis turbin reaksi adalah turbin Propeler, turbin Kaplan, dan turbin Francis.



Gambar 2.5 Turbin reaksi
Sumber : Anonymus 1: 2013

1. Turbin Kaplan

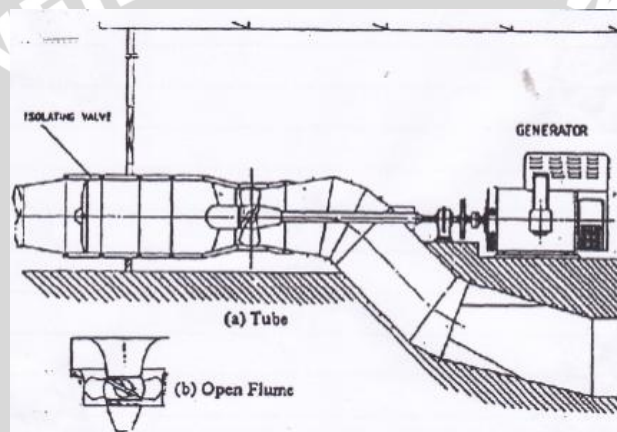
Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada kaplan berfungsi untuk menghasilkan gaya F yaitu gaya putar yang bisa menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada francis, sudu-sudu pada roda jalan dapat diatur posisinya untuk menyelesaikan kondisi beban turbin. Turbin ini digunakan untuk head air yang rendah, yaitu di bawah 20 meter.



Gambar 2.6 : Turbin Air Kaplan
Sumber : Anonymus 3: 2013

2. Turbin propeller

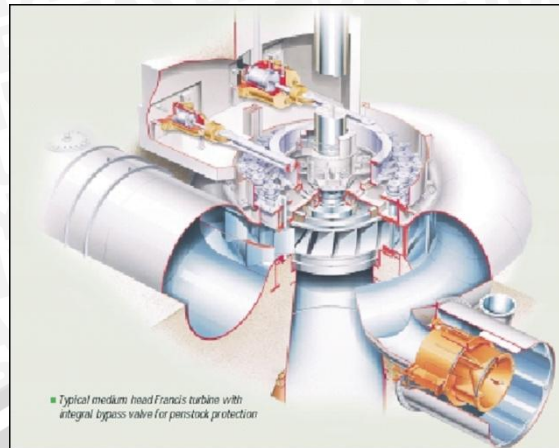
Turbin propeller dapat dipasang pada posisi poros horizontal maupun vertikal. Turbin ini mempunyai 3 bagian utama yaitu runner, guide vane, rumah turbin (casing). Pada prinsipnya, turbin ini mirip dengan turbin francis hanya terdapat perbedaan pada sudu runner dan poros serta hubungannya. Turbin ini digunakan untuk pemanfaatan potensio hidro yang dimiliki head rendah hingga menengah dengan kapasitas aliran besar dan putaran operasi tidak terlalu tinggi antara 1,5 -60 m. Akan tetapi, turbin ini sering digunakan pada head yang kurang dari 30 m. Batas pengoperasian turbin ini adalah 75% - 95 % dari efisiensi terbaiknya.



Gambar 2.7 Instalasi Turbin Propeller
Sumber : Warnick ce, Hydro Power Engineering (19)

3. Turbin Francis

Turbin francis digunakan untuk berbagai keperluan dengan tinggi terjun menengah (medium head). Turbin francis memiliki 3 bagian utama yaitu runner, guide vane, dan rumah turbin (casing). Runner turbin dari poros dan sudu turbin. Guide vane serupa dengan sudu turbin yang berfungsi untuk mengarahkan aliran air. Turbin francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih saat air masuk ke roda jalan. Sebagian head yang ada pada sudu pengarah diubah sebagai kecepatan arus masuk jika energi head dimanfaatkan pada sudu jalan. Pada saat runner terdapat tekanan yang rendah (kurang dari 1 atm) dan kecepatan aliran yang tinggi dalam pipa akan berkurang. Turbin francis digunakan pada head menengah dan putaran operasinya tidak terlalu tinggi. Turbin francis dapat dioperasikan pada lebih dari 50% efisiensi terbaiknya. Di bawah 40% yang menyatakan efisiensi yang rendah menyebabkan operasinya tidak stabil dan kasar.

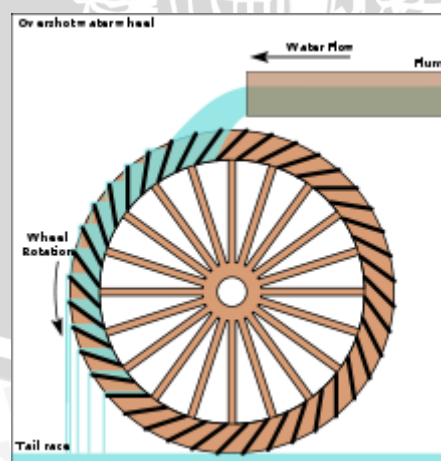


Gambar 2.8 Turbin Francis
Sumber : Anonymus 4: 2013

2.2.3 Kincir Air

Kincir air adalah jenis turbin air yang paling kuno sudah sejak lama digunakan oleh masyarakat. Teknologinya sederhana, material kayu bisa dipakai untuk membuat kincir air, tetapi untuk operasi pada tinggi jatuh air yang besar biasanya kincir air dibuat dengan besi. Kincir air bekerjanya pada tinggi jatuh yang rendah biasanya antara 0,1 m sampai 12 m dengan kapasitas aliran yang berkisar antara $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Dari data tersebut pemakai kincir air adalah di daerah yang alirannya tidak besar dan tinggi jatuh yang kecil. Jenis kincir air antara lain :

1. Kincir Air Overshot



Gambar 2.9 kincir air overshot
Sumber : Anonymus 5: 2013

Keuntungan :

- Kerugian :

- ## 2. Kincir Air *Undershot*



perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "Vitruvian". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

Keuntungan :

- Konstruksi lebih sederhana
- Lebih ekonomis
- Mudah untuk dipindahkan

Kerugian :

- Efisiensi kecil
- Daya yang dihasilkan relatif kecil

3. Kincir Air *Breastshot*



Gambar 2.11 kincir air *Breastshot*
Sumber :Anonymus 6 : 2013

Kincir air Breastshot merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.

Keuntungan :

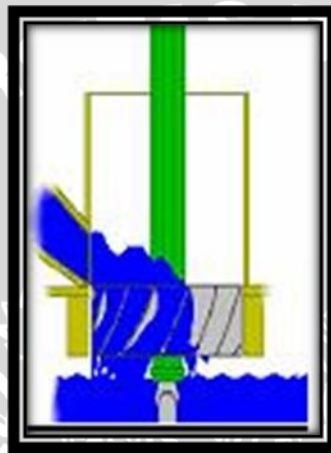
- Tipe ini lebih efisien dari tipe *undershot*.

- Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
- Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

Kerugian :

- Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit).
- Diperlukan dam pada arus aliran datar.
- Efisiensi lebih kecil dari pada tipe *overshot*.

4. Kincir Air Tub



Gambar 2.12 kincir air Tub
Sumber :Anonymus 6 : 2013

Kincir air Tub merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horisontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *overshot* maupun tipe *undershot*. Karena arah gayadari pancuran air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan kinetik.

Keuntungan :

- Memiliki konstruksi yang lebih ringkas.
- Kecepatan putarnya lebih cepat.

Kerugian :

- Tidak menghasilkan daya yang besar.
- Karena komponennya lebih kecil membutuhkan tingkat ketelitian yang lebih teliti.

2.3 Kinerja kincir air

2.3.1 Debit Aliran Air

Debit aliran air yang jatuh melalui kincir dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur *magnetic flowmeter* untuk mendapatkan kecepatan air V_s (m/s), dengan menggunakan persamaan

$$Q = V_s \cdot A \quad (\text{Saiful dkk, 2012})$$

Dimana,

A : luas penampang saluran terbuka (m^2)

Q : debit air pada pompa (m^3/s)

V_s : kecepatan aliran fluida (m/s)

2.3.2 Rasio (U/ V_s)

Rasio U/V_s merupakan perbandingan antara kecepatan keliling dengan kecepatan relatif air, perbandingan ini digunakan untuk menentukan dimensi kincir air, terutama radius kincir. Dari beberapa penelitian menunjukkan nilai rasio U/V_s besarnya < 1 . Rasio U/V_s ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\omega \cdot R}{V_s}$$

Dimana,

U : kecepatan keliling (m/s)

ω : kecepatan sudut (rad/s)

R : radius kincir

2.3.3 Brake Horse Power (BHP)

Brake Horse Power adalah daya dari kincir yang diukur setelah mengalami pembebanan. BHP dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{BHP} = T \cdot \omega = F \cdot R \cdot \omega \text{ (watt)} \quad (\text{Saiful dkk, 2012})$$

Dimana,

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut ($\frac{2\pi n}{60}$)

F : gaya tangensial pada poros kincir (N)

R : lengan torsi (radius pulley) (m)

2.3.4 Water Horse Power (WHP)

Water Horse Power adalah daya yang dihasilkan oleh air akibat ketinggian (head) yang selanjutnya akan diubah menjadi energi mekanik pada putaran poros.

$$\text{WHP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot V_s^2 \text{ (watt)} \quad (\text{Saiful dkk, 2012})$$

Atau,

$$\text{WHP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_s^3 \text{ (watt)} \quad (\text{Saiful dkk, 2012})$$

Dimana,

ρ : massa jenis air (Kg/m^3)

A : luas penampang saluran terbuka (m^2)

Q : debit air pada pompa (m^3/s)

V_s : kecepatan aliran fluida (m/s)

2.3.5 Efisiensi Kincir Air

Efisiensi kincir air merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan pada putaran poros kincir air dengan daya yang diberikan oleh air. Pada efisiensi turbin ini menunjukkan kemampuan kincir air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada putaran poros kincir air. Dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \cdot 100 \text{ (%)}$$

(Saiful dkk, 2012)

atau,

$$\eta = \frac{T \omega}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot V_s^2} \cdot 100 \text{ (%)}$$

(Saiful dkk, 2012)

Dimana,

 η : efisiensi turbin (%)

2.4 Hipotesis

Pada debit yang sama, semakin banyak jumlah sudu kincir air maka akan terjadi pemindahan gaya atau momentum air pada sudu kincir sebanyak jumlah sudu kincir air tersebut, sehingga daya poros kincir air meningkat, begitu juga dengan efisiensinya.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *experimental nyata (true experimental research)* yang secara langsung digunakan ke obyek yang akan diteliti. Obyek tersebut akan diteliti dengan mengambil beberapa data kemudian mengolahnya menjadi suatu obyek untuk dibandingkan.

3.2 Variabel Penelitian

Ada beberapa variabel yang akan digunakan pada saat penelitian, antara lain :

1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan dan tidak dipengaruhi variabel lain, variabel bebas pada penelitian adalah variasi jumlah sudu kincir air 3 buah, 4 buah, 5 buah. Serta debit air (m^3/jam) yaitu $2 \text{ m}^3/\text{jam}$ hingga $10 \text{ m}^3/\text{jam}$

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas, dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat dari penelitian ini antara lain :

- Daya air (WHP) (Watt)
- Rasio U/Vs
- Daya poros (BHP) (Watt)
- Efisiensi (%)

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan, dan nilainya ditentukan sebelum penelitian. Variabel terkontrol dari penelitian ini adalah :

- Putaran poros kincir air 30 rpm

3.3 Alat – alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada saat penelitian adalah :

1. Pompa



Gambar 3.1 pompa

Pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa sentrifugal yang digunakan untuk memompa fluida kerja dari bak penampung menuju saluran terbuka, seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 adapun spesifikasi pompa tersebut adalah sebagai berikut :

Merk : Ebara Pump P3002876

Hmax : 10 m

Qmax : 1.5 m³/ min

Power : 5 HP

Speed : 1800 rpm

2. Magnetic Flowmeter



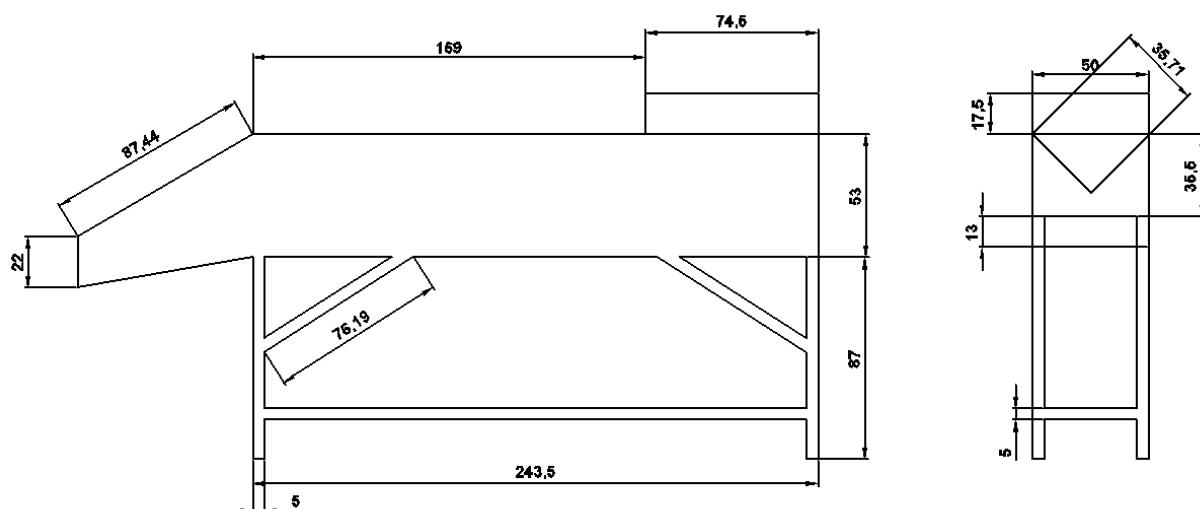
Gambar 3.2 Magnetic Flowmeter

Merupakan alat untuk mengukur besar debit air pada instalasi seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 adapun spesifikasi *magnetic flowmeter* antara lain :

Model	: AX 100 G
Suffix	: - ELALSIS - BD21 - 01B - /EG
Style	: S1
Size	: 100 mm 4
Meter L	: 0,7682
Faktor H	: 0,7227
Fluid Press	: 2 Mpa Max
Fluid Temp	: -40 to 130° C
AMB. Temp	: -40 to 60° C
Supply	: 100 – 120 VDC = 12 W
Output	: CUR 4 – 20 mA (0 - 750Ω)
	PLS 30 VDC 0,2 A MAX
	1 M3 / P
Tag No	
No.	: S5K904113035

3. Saluran terbuka

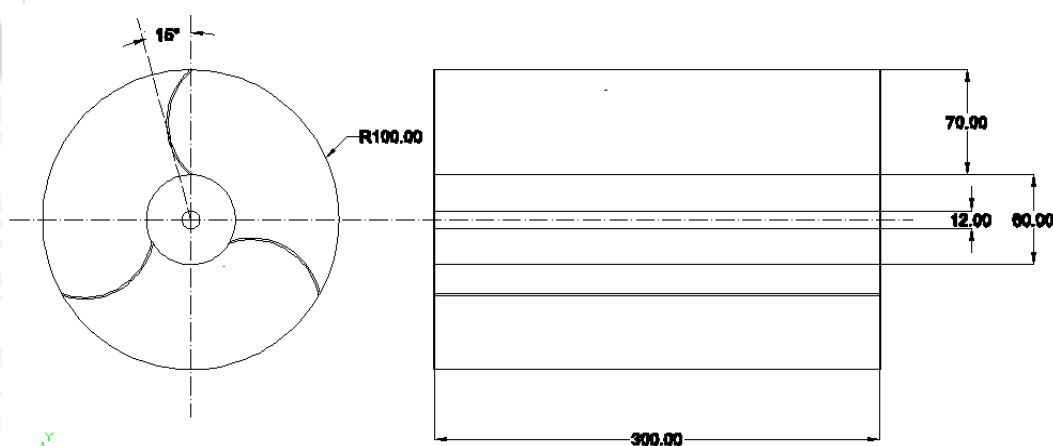
Saluran ini digunakan sebagai tempat mengalirnya air dari bak penampungan air menuju kincir air selama penelitian berlangsung.



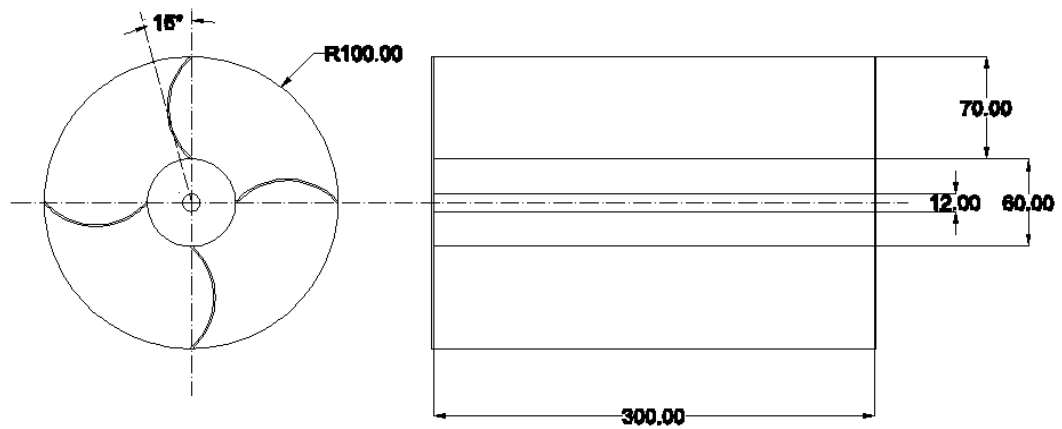
Gambar 3.3 saluran terbuka

4. Kincir air

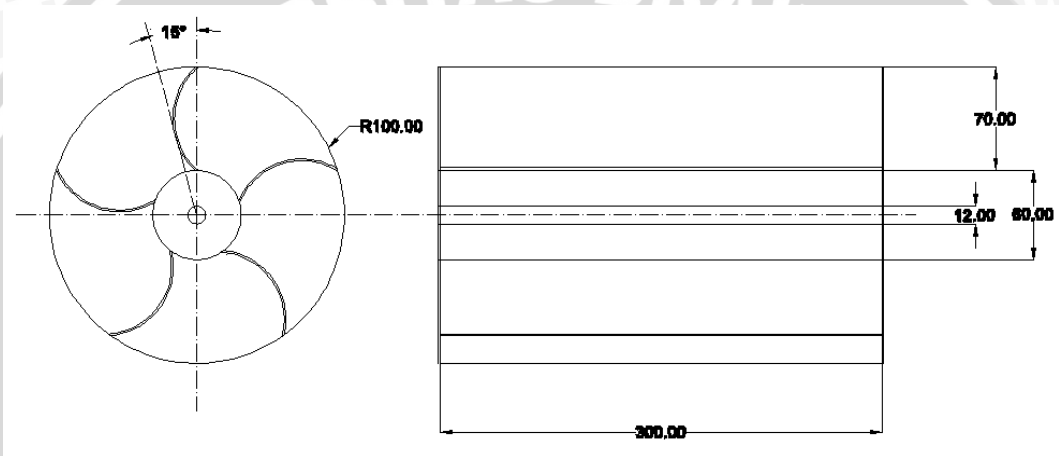
Kincir air yang digunakan adalah jenis kincir air tipe sudu lengkung dengan sudut kelengkungan 15° , lebar sudu 0.3 m, dan tinggi sudu 0.07 m, sistem aliran yang digunakan adalah *overshot*. Jumlah sudu yang digunakan adalah 10 buah, 12 buah, 14 buah, roda kincir terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 0.003 m dan diameter 0.2 m, diameter poros kincir 0.012 m.



Gambar 3.4 kincir air dengan jumlah sudu 3 buah



Gambar 3.5 kincir air dengan jumlah sudu 4 buah



Gambar 3.6 kincir air dengan jumlah sudu 5 buah

5. Neraca pegas



Gambar 3.7 neraca pegas

Alat ini digunakan untuk mengukur gaya yang ditimbulkan akibat putaran pada poros kincir air. Alat ini dihubungkan ke poros kincir air pada sebuah lengan dengan panjang tertentu. Dari besar gaya yang terukur pada neraca pegas, akan didapatkan nilai torsi dari poros kincir air, sehingga dapat diketahui daya porosnya.

6. Digital Tachometer

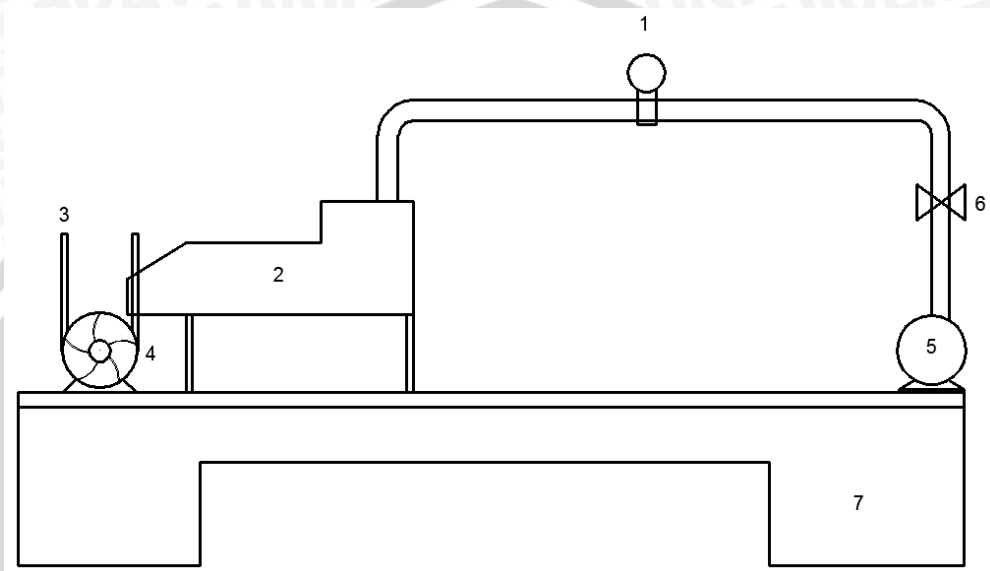


Gambar 3.8 Digital Tachometer

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya putaran yang dihasilkan poros kincir air yang ditampilkan pada sebuah layar indikator digital, satuannya adalah rpm (*rotation per minutes*)

3.4 Instalasi Penelitian

Instalasi penelitian akan dijelaskan pada gambar



Gambar 3.9 instalasi penelitian

Keterangan Gambar :

1. *Magnetic Flowmeter*
2. Saluran terbuka
3. Neraca pegas
4. Kincir air
5. Pompa
6. Katup *Open Flow*
7. Bak penampungan air

3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian dibagi menjadi dua tahapan untuk mendapatkan data yang akurat :

A. Persiapan

1. Mempersiapkan peralatan dan alat ukur yang diperlukan untuk penelitian
2. Menyusun serta memasang semua peralatan dan alat ukur dengan benar seperti pada gambar 3.9
3. Pengecekan kondisi alat ukur dan peralatan yang akan digunakan penelitian

B. Pelaksanaan Percobaan

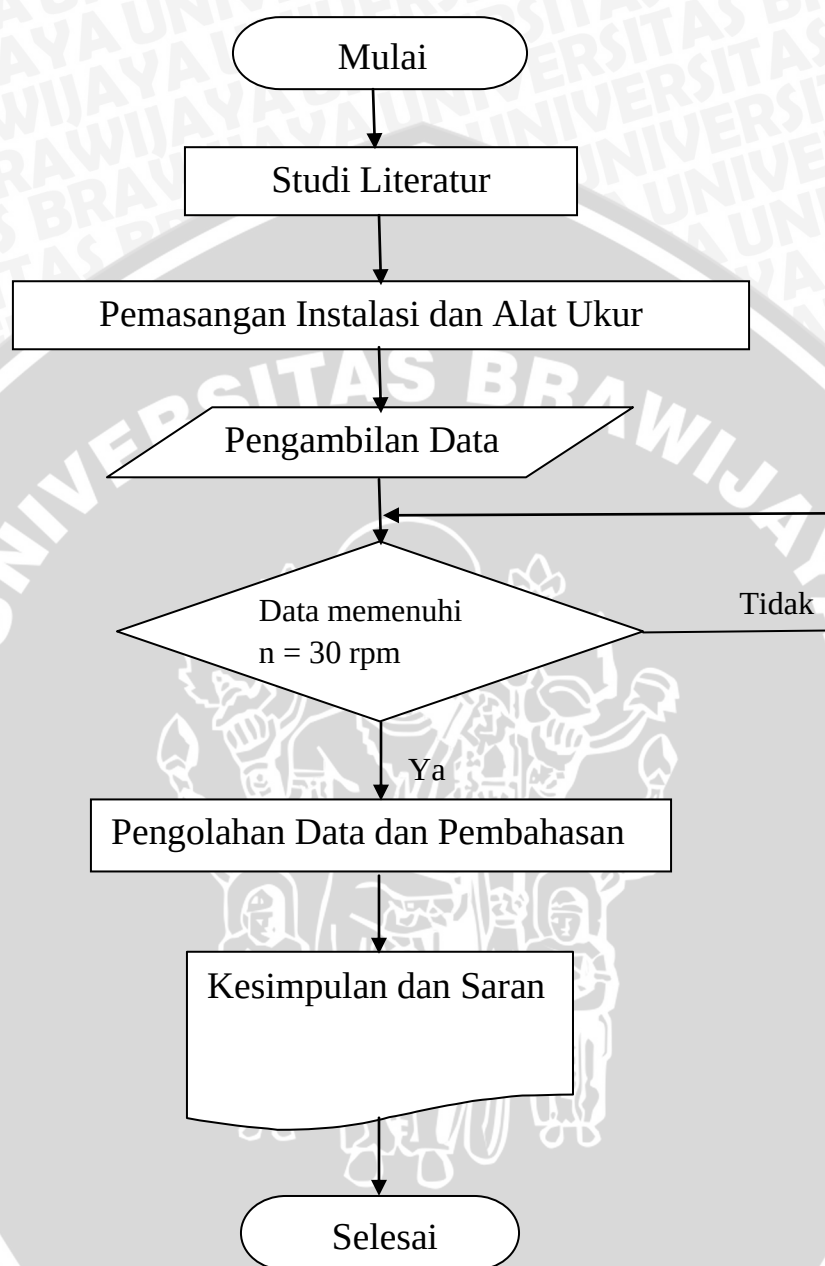
1. Pasang kincir air dengan jumlah sudu 3
2. Nyalakan pompa
3. Atur debit air sesuai yang divariasikan, dengan melihat *magnetic flowmeter*, debit dimulai dari 2 m³/jam.
4. Setelah kondisi *steady*, ukur parameter yang diperlukan (kecepatan putar poros kincir, dan gaya pengereman poros kincir)
5. Tambahkan debit air menjadi 4 m³/jam, 6 m³/jam, 8 m³/jam, 10 m³/jam secara berturut – turut, kontrol putaran hingga 30 rpm dengan tali pengereman, kemudian catat gaya pengereman.
6. Mengganti kincir air dengan variasi jumlah sudu yang lain untuk diuji selanjutnya
7. Ulangi langkah tiga sampai lima dengan variasi jumlah sudu yang tetap.
8. Data diolah, kemudian dianalisa pengaruh jumlah sudu dan debit air terhadap kinerja kincir air. Dari analisa tersebut nantinya akan dapat diketahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terkontrol terhadap variabel terikatnya. Dari hubungan tersebut akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dikemukakan lebih awal.

3.6 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.10, diagram alir penelitian, menunjukkan alur dari proses penelitian.



Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah debit aliran fluida dengan variasi yaitu 2 m³/jam, 4 m³/jam, 6 m³/jam, 8 m³/jam, serta 10 m³/jam dan variasi jumlah sudu kincir air yaitu 3 buah, 4 buah, serta 5 buah. Data hasil penelitian bisa kita lihat pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3

Tabel 4.1 Hasil Pengambilan data pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 3 (Lampiran 1)

No	Debit Aliran (m ³ /jam)	Gaya Pengereman (gram)	Tinggi Air (m)	Putaran kincir (Rpm)
1	2	160	0.003	30
		160	0.003	30
		170	0.003	30
2	4	260	0.005	30
		250	0.005	30
		240	0.005	30
3	6	300	0.007	30
		320	0.007	30
		300	0.007	30
4	8	400	0.008	30
		390	0.008	30
		380	0.008	30
5	10	440	0.009	30
		430	0.009	30
		480	0.009	30

Tabel 4.2 Hasil Pengambilan data pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 4 (Lampiran 2)

No	Debit Aliran (m ³ /jam)	Gaya Pengereman (gram)	Tinggi Air (m)	Putaran kincir (Rpm)
1	2	180	0.003	30
		180	0.003	30
		160	0.003	30
2	4	330	0.005	30
		280	0.005	30
		300	0.005	30
3	6	370	0.007	30
		370	0.007	30
		370	0.007	30
4	8	510	0.008	30
		430	0.008	30
		460	0.008	30
5	10	550	0.009	30
		550	0.009	30
		530	0.009	30

Tabel 4.3 Hasil Pengambilan data pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 5 (Lampiran 3)

No	Debit Aliran (m ³ /jam)	Gaya Pengereman (gram)	Tinggi Air (m)	Putaran kincir (Rpm)
1	2	215	0.003	30
		215	0.003	30
		250	0.003	30
2	4	440	0.005	30
		390	0.005	30
		400	0.005	30
3	6	530	0.007	30
		510	0.007	30
		460	0.007	30
4	8	670	0.008	30
		670	0.008	30
		640	0.008	30
5	10	780	0.009	30
		700	0.009	30
		715	0.009	30

4.1.2 Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai besaran – besaran yang diperlukan untuk menentukan efisiensi kincir air *overshot* tipe sudu datar. Adapun besaran – besaran yang akan dihitung adalah torsi, daya poros (BHP), kecepatan aliran (Vs), luas penampang air (A), rasio U/Vs, daya air (WHP), serta efisiensi. Contoh perhitungan berikut menggunakan data pada debit 2 (m³/jam) jumlah sudu 3 buah

a. Torsi

Jika diketahui gaya pengereman rata – rata pada debit 2 (m³/jam) jumlah sudu 3 buah adalah 0,16 N, radius puli 0,075 m, maka torsi yang didapatkan adalah :

$$\begin{aligned} T &= F \cdot R \\ &= 0,16 \cdot 0,075 \\ &= 0.012 \text{ N m} \end{aligned}$$

Dimana :

T : torsi

F : gaya pengereman

R : radius puli

b. Daya poros (BHP)

Diketahui putaran poros kincir yaitu 30 Rpm

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= T \omega = F.R. \omega \\ &= T \cdot \frac{2 \pi n}{60} \\ &= 0,012 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 30}{60} \\ &= 0.038 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dimana,

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut ($\frac{2 \pi n}{60}$)

F : gaya tangensial pada poros kincir (N)

R : lengan torsi (radius pulley) (m)

c. Kecepatan Aliran Air (Vs)

Diketahui tinggi permukaan air yang mengalir sebelum menumbuk sudu kincir yaitu 3 mm = 0.003 m, lebar saluran air yaitu 30 cm = 0.3 m, debit aliran air 2 m³/jam = 0.000555556 m³/s, maka didapatkan luas permukaan air

$$A = 0,003 \cdot 0,3 = 0.0009 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{A} = \frac{0.000555556}{0.0009} \\ &= 0.6172 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dimana,

A : luas penampang saluran terbuka (m^2)

Q : debit air pada pompa (m^3/s)

V_s : kecepatan aliran fluida (m/s)

d. Rasio U/ V_s

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\omega \cdot R}{V_s}$$

$$= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{30}{60} \cdot 0,1}{0,6172}$$

$$= 0,5086$$

Dimana,

U : kecepatan keliling (m/s)

ω : kecepatan sudut (rad/s)

R : radius kincir

e. Daya Air (WHP)

Jika diketahui massa jenis air adalah 1000 kg/m^3 , maka daya air dapat dihitung dengan

$$WHP = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot V_s^2$$

$$= 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,00055 \cdot 0,6172^2$$

$$= 0,1058 \text{ watt}$$

Dimana,

ρ : massa jenis air (Kg/m^3)

A : luas penampang saluran terbuka (m^2)

Q : debit air pada pompa (m^3/s)

V_s : kecepatan aliran fluida (m/s)

f. Efisiensi kincir (%)

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \cdot 100 \%$$

$$= \frac{0.038}{0.1058} \cdot 100 \%$$

$$= 36,3 \%$$

Dimana,

η : efisiensi turbin (%)

4.1.3 Data Hasil Perhitungan

Data hasil perhitungan yang diperoleh berdasarkan langkah – langkah yang telah dijelaskan pada contoh perhitungan, dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5, 4.6

Tabel 4.4 Data hasil pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 3
(Lampiran 4)

F (N)	debit (m ³ /s)	luas permukaan air (m ²)	torsi (N m)	BHP (watt)	Vs (m/s)	rasio U/Vs	WHP (watt)	Efisiensi (%)
0.1633	0.0005	0.0009	0.0122	0.0384	0.6172	0.5086	0.1058	36.3
0.25	0.0011	0.0015	0.0187	0.0588	0.7407	0.4239	0.3048	19.3
0.3066	0.0016	0.0021	0.023	0.0722	0.7936	0.3956	0.5249	13.7
0.39	0.0022	0.0024	0.0292	0.0918	0.9259	0.3391	0.9525	9.6
0.45	0.0027	0.0027	0.0337	0.1059	1.0288	0.3052	1.47	7.2

Tabel 4.5 Data hasil pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 4
(Lampiran 4)

F (N)	debit (m ³ /s)	luas permukaan air (m ²)	torsi (N m)	BHP (watt)	Vs (m/s)	rasio U/Vs	WHP (watt)	Efisiensi (%)
0.1733	0.0005	0.0009	0.013	0.0408	0.6172	0.5086	0.1058	38.5
0.3033	0.0011	0.0015	0.022	0.0714	0.7407	0.4239	0.3048	23.4
0.37	0.0016	0.0021	0.027	0.0871	0.7936	0.3956	0.5249	16.6
0.4666	0.0022	0.0024	0.035	0.1099	0.9259	0.3391	0.9525	11.5
0.5433	0.0027	0.0027	0.04	0.1279	1.0288	0.3052	1.47	8.7

Tabel 4.6 Data hasil pengujian kincir air tipe sudu lengkung dengan variasi jumlah sudu 5
(Lampiran 4)

F (N)	debit (m ³ /s)	luas permukaan air (m ²)	torsi (N m)	BHP (watt)	Vs (m/s)	rasio U/Vs	WHP (watt)	Efisiensi (%)
0.22	0.0005	0.0009	0.017	0.0533	0.6172	0.5086	0.1058	50.4
0.41	0.0011	0.0015	0.03	0.0965	0.7407	0.4239	0.3048	31.6
0.5	0.0016	0.0021	0.037	0.1177	0.7936	0.3956	0.5249	22.4
0.66	0.0022	0.0024	0.049	0.1554	0.9259	0.3391	0.9525	16.3
0.73	0.0027	0.0027	0.054	0.1723	1.0288	0.3052	1.47	11.7

Dimana :

BHP = Daya poros (watt)

F = Gaya pengereman (N)

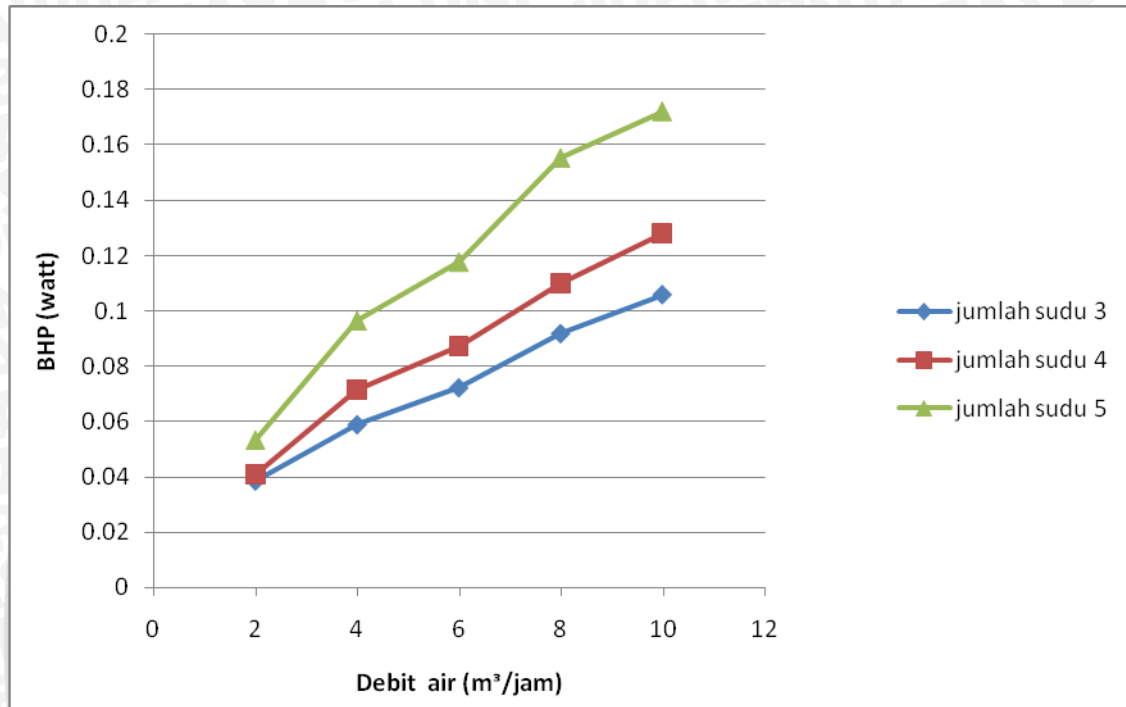
WHP = Daya air (watt)

Vs = Kecepatan Aliran Air (m/s)



4.2 Analisa Grafik dan Pembahasan

4.2.1 Analisa Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Poros (BHP) Kincir Air *Overshot*



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Poros (BHP) Kincir Air *Overshot*

Pada gambar 4.1 diatas menunjukkan grafik hubungan antara debit dan jumlah sudu terhadap daya poros (BHP) kincir air *overshot*, dengan variasi jumlah sudu yaitu 3 buah, 4 buah, 5 buah. Pada grafik terlihat bahwa semakin tinggi debit air maka daya poros kincir air juga semakin tinggi pada semua variasi, pada variasi jumlah sudu 5 terlihat pada debit $2 \text{ m}^3/\text{jam}$ menghasilkan daya poros sebesar 0,05 watt, pada debit $4 \text{ m}^3/\text{jam}$ menghasilkan daya poros sebesar 0,09 watt, pada debit $6 \text{ m}^3/\text{jam}$ menghasilkan daya poros sebesar 0,1 watt, pada debit $8 \text{ m}^3/\text{jam}$ menghasilkan daya poros 0,15 watt, pada debit $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ menghasilkan daya poros sebesar 0,17 watt. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin bertambahnya debit air akan meningkatkan kecepatan aliran air, peningkatan kecepatan air ini yang akan mendorong sudu kincir sehingga putaran kincir semakin meningkat seiring penambahan kecepatan. Meningkatnya putaran kincir ini akan mempengaruhi torsi pada poros kincir, hal ini dikarenakan pada putaran poros yang tinggi maka

dibutuhkan gaya yang besar pula untuk mengerem poros agar mendapatkan putaran yang konstan sebesar 30 rpm, akibatnya gaya pengereman juga akan meningkat, dari peningkatan gaya pengereman maka daya poros (BHP) juga semakin meningkat, hal ini sesuai dengan persamaan berikut.

$$\text{BHP} = T \omega = F.R. \omega = T \cdot \frac{2 \pi n}{60} \quad (4.A)$$

Dimana,

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut ($\frac{2 \pi n}{60}$)

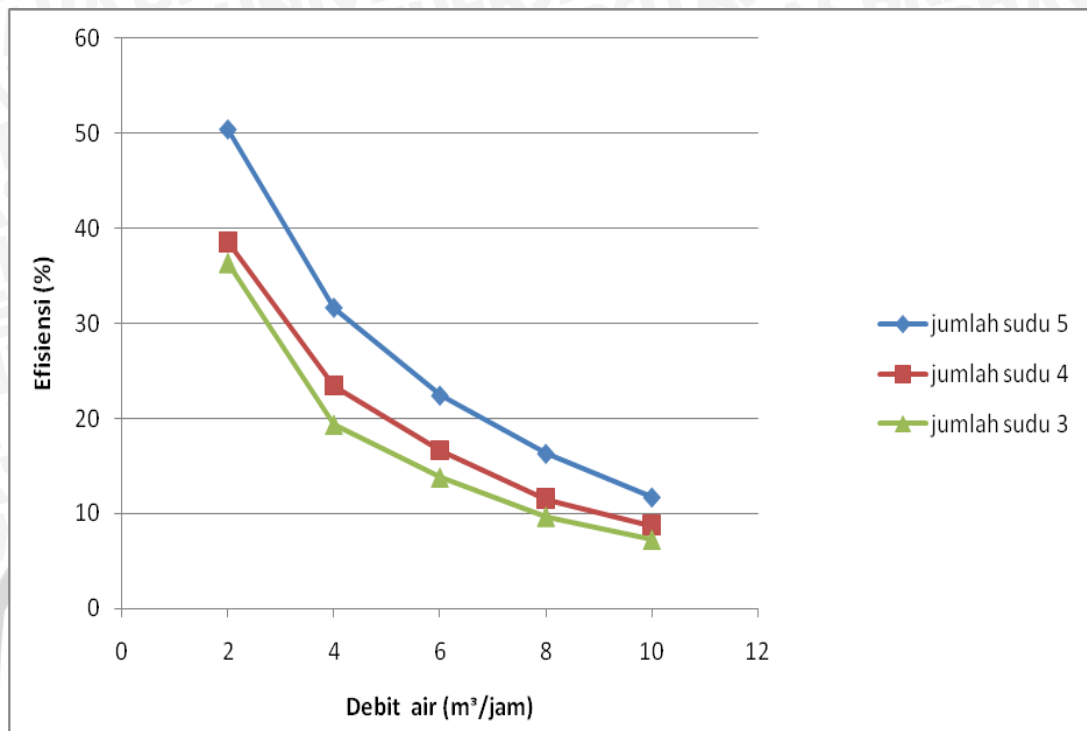
F : gaya tangensial pada poros kincir (N)

R : lengan torsi (radius pulley) (m)

n : putaran poros kincir (rpm)

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa penambahan sudu kincir meningkatkan nilai daya poros kincir (BHP), pada debit yang sama 4 m³/jam jumlah sudu 3 memiliki daya poros sebesar 0.05 watt, jumlah sudu 4 memiliki daya poros sebesar 0.07 watt, dan jumlah sudu 5 memiliki daya poros sebesar 0.09 watt. Terjadi peningkatan nilai daya poros, hal ini sesuai dengan hipotesa, bahwa pada jumlah sudu 5 memiliki jarak yang dekat antar sudu yang lain, ketika sudu menerima gaya dorong yang diberikan air maka kincir berputar kemudian dengan cepat sudu yang lain menerima gaya dorong air sehingga kincir terus berputar dan menerima gaya dorong air sebanyak jumlah sudu tersebut, akibatnya dengan seiring banyaknya jumlah sudu yang digunakan pada kincir air akan meningkatkan putaran kincir, sehingga gaya pengereman yang dibutuhkan untuk mendapatkan putaran yang konstan 30 rpm juga semakin besar pula, sehingga torsi yang dihasilkan juga semakin besar dan daya poros juga semakin besar seperti pada persamaan 4.A.

4.2.2 Analisa Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air Overshot



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air Overshot

Pada gambar 4.2 menunjukkan grafik Hubungan Antara Debit Aliran Air Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi, terlihat bahwa kecenderungan grafik ketiga variasi tersebut menurun, semakin tinggi debit aliran air, maka efisiensi kincir air menurun, terlihat pada variasi jumlah sudu 5 pada debit 2 m³/jam memiliki efisiensi sebesar 50,4 %, pada debit 4 m³/jam memiliki efisiensi sebesar 31,6 %, pada debit 6 m³/jam memiliki efisiensi sebesar 22,4 %, pada debit 8 m³/jam memiliki efisiensi sebesar 16,3 %, dan pada debit 10 m³/jam memiliki efisiensi sebesar 11,7 %. Hal ini dikarenakan kenaikan daya poros (BHP) tidak sebanding dengan kenaikan daya air (WHP), dalam arti

$$(BHP\ 2 - BHP\ 1) < (WHP\ 2 - WHP\ 1)$$

Ketidak-sebandingan kenaikan BHP dan WHP sendiri disebabkan karena pada saluran terbuka yang digunakan, *head* air tidak dijaga konstan, sehingga mengalami perubahan *head* air, ketika *head* air meningkat, maka WHP juga akan meningkat

dan tidak sebanding dengan meningkatnya BHP.

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \cdot 100 \% \quad (4.B)$$

Dimana,

$$WHP = Q \cdot \gamma \cdot H \quad (4.C)$$

Q = debit air (m^3/s)

γ = berat jenis air (kg/m^3)

H = head air (m)

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa yang memiliki efisiensi tertinggi adalah pada variasi jumlah sudu 5, kemudian jumlah sudu 4, dan jumlah sudu 3 secara berturut-turut. Pada debit 6 m^3/jam variasi jumlah sudu 3 memiliki efisiensi sebesar 13,7 %, pada variasi jumlah sudu 4 memiliki efisiensi sebesar 16,6 %, dan variasi jumlah sudu 5 memiliki efisiensi sebesar 22,4 %, hal tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi seiring bertambahnya jumlah sudu, hal ini dikarenakan pada variasi jumlah sudu 5 jarak antar celah sudunya semakin rapat dibandingkan dengan variasi jumlah sudu 4 dan 3, ketika sudu menerima gaya dorong yang diberikan air maka kincir berputar kemudian dengan cepat sudu yang lain menerima gaya dorong air sehingga kincir terus berputar dan menerima gaya dorong air sebanyak jumlah sudu tersebut, akibatnya dengan seiring banyaknya jumlah sudu yang digunakan pada kincir air akan meningkatkan putaran kincir, kemudian gaya pengereman akan meningkat begitu juga torsi dan daya poros juga akan meningkat, efisiensi bergantung pada daya poros (BHP) dan daya air (WHP). Semakin tinggi daya poros maka efisiensi juga semakin tinggi, semakin tinggi daya air yang diberikan maka efisiensi akan semakin rendah. Jika efisiensi kincir semakin tinggi menunjukkan bahwa pemakaian energi inputan (energi potensial air) terhadap energi outputan (energi mekanik) terpakai secara efisien, dalam arti energi inputan yang terbuang sedikit.

Hal ini sesuai dengan persamaan :

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \cdot 100 \%$$

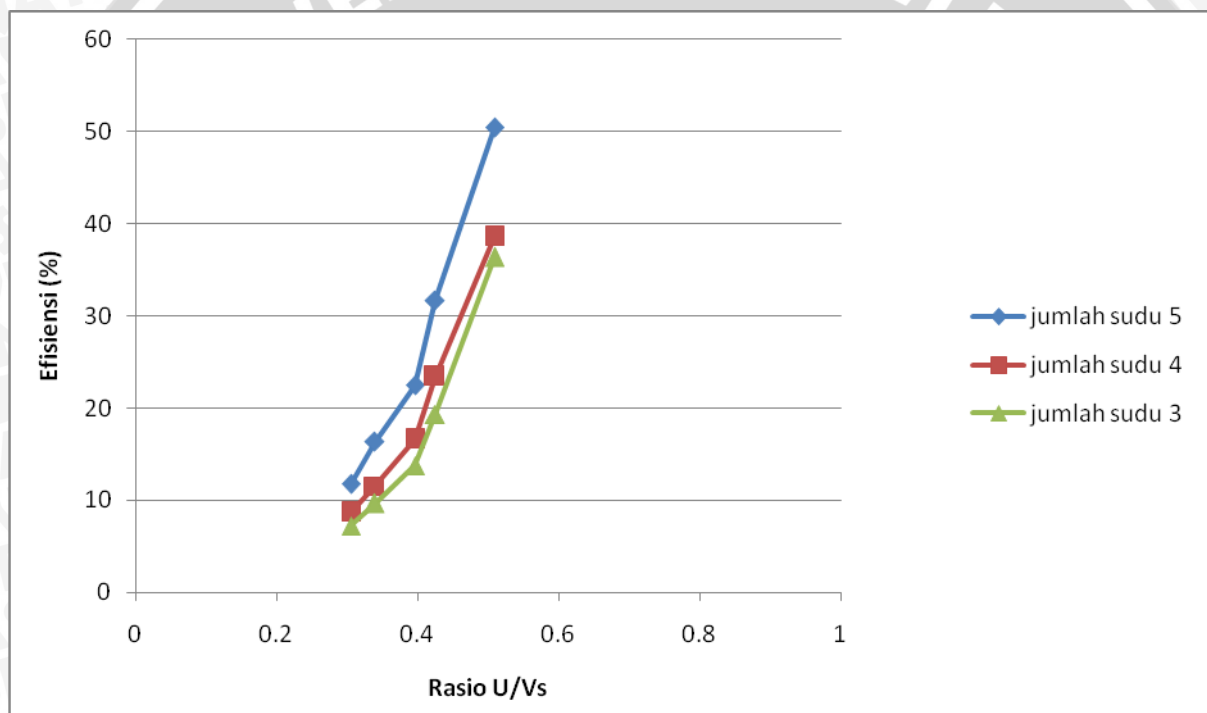
Dimana,

η : efisiensi turbin (%)

BHP : daya poros (watt)

WHP : daya air (watt)

4.2.3 Analisa Grafik Pengaruh rasio U/Vs dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air Overshot



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Antara rasio U/Vs Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Kincir Air Overshot

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik Hubungan Antara Rasio U/Vs Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi, terlihat bahwa kecenderungan grafik ketiga variasi tersebut meningkat, semakin tinggi rasio U/Vs maka efisiensi kincir air meningkat, terlihat pada variasi jumlah sudu 5 pada rasio U/Vs 0.5 memiliki efisiensi sebesar 50.4 %, pada rasio U/Vs 0.42 memiliki efisiensi sebesar 31.6 %, pada rasio U/Vs 0.39 memiliki efisiensi sebesar 22.4 %, pada rasio U/Vs 0.33 memiliki efisiensi

sebesar 16.3 %, pada rasio U/Vs 0.3 memiliki efisiensi sebesar 11.7 % . Hal ini dikarenakan kenaikan rasio U/Vs dipengaruhi oleh besarnya kecepatan aliran air, semakin besar kecepatan aliran maka rasio U/Vs akan semakin menurun, sehingga nilai WHP akan meningkat, ketika daya air (WHP) meningkat, maka efisiensi akan menurun. Hal ini yang menyebabkan seiring kenaikan rasio U/Vs efisiensi juga semakin meningkat.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1 Kesimpulan

Dari pengujian variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja kincir air *overshot* tipe sudu lengkung, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Daya poros tertinggi adalah pada variasi jumlah sudu 5 yaitu sebesar 0.05 watt, kemudian variasi jumlah sudu 4 yaitu sebesar 0.04 watt, dan variasi jumlah sudu 3 yaitu sebesar 0.03 watt. Semakin banyak jumlah sudu, maka daya poros semakin meningkat.
2. Daya poros tertinggi adalah pada debit 10 m³/jam, pada jumlah sudu 3 yaitu sebesar 0.1 watt, pada jumlah sudu 4 yaitu sebesar 0.12 watt, pada jumlah sudu 5 sebesar 0.17 watt. Semakin tinggi debit air, maka daya poros yang dihasilkan juga semakin tinggi.
3. Semakin tinggi debit air, maka semakin kecil nilai rasio U/Vs, nilai U/Vs tertinggi adalah pada debit 2 m³/jam, untuk ketiga variasi jumlah sudu yaitu sebesar 0.5086.
4. Daya air terbesar adalah pada debit 10 m³/jam, untuk ketiga variasi yaitu sebesar 1,4 watt. Semakin tinggi debit air, maka daya air yang dihasilkan juga semakin tinggi.
5. Efisiensi tertinggi didapat pada debit 2 m³/jam, pada variasi jumlah sudu 3 sebesar 36,3 %, pada jumlah sudu 4 sebesar 38,5 %, pada jumlah sudu 5 sebesar 50,4 %
6. Efisiensi tertinggi adalah pada jumlah sudu 5 yaitu sebesar 50,4 %, kemudian variasi jumlah sudu 4 yaitu sebesar 38,5 %, dan variasi jumlah sudu 3 yaitu 36,3 %. Semakin banyak jumlah sudu maka efisiensi semakin meningkat.

6.2 Saran

1. Untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal disarankan lebih teliti dalam peletakan posisi kincir terhadap arah jatuhnya air dari saluran, agar tidak ada volume air yang terbuang atau tidak sepenuhnya tertampung pada sudu kincir.
2. Agar mendapatkan data yang valid, disarankan agar menggunakan alat ukur yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

Amri, Syaiful; 2012: *Pengaruh Variasi Lebar Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar overshoot*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.

Anonymus 1; <http://www.gunawananeva.wordpress.com/impulse-turbine/image.jpg> (diakses tanggal 5 juli 2013)

Anonymus 2; <http://www.sistem-tenaga-listrik.blogspot.com/pelton-turbin> (diakses tanggal 5 juli 2013)

Anonymus 3; <http://www.en.wikipedia.org/image.jpg> (diakses tanggal 5 juli 2013)

Anonymus 4; <http://www.greybullvalleyhydropower.blogspot.com> (diakses tanggal 5 juli 2013)

Anonymus 5; <http://www.darwin1797.wordpress.com> (diakses tanggal 5 juli 2013)

Anonymus 6; <http://www.umi.ac.id/kincir-air-undershot/image> (diakses tanggal 5 juli 2013)

Dietzel, Fritz; 1990: *Turbin, Pompa, dan Kompresor*; Erlangga, Jakarta.

Basyiran; 1997: *Mesin Konversi Energi*, Erlangga, Jakarta.

Sudianto, Edis; 2009: *Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai*; Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, Medan.

Warnick, ce; 1990: *Hydro Power Engineering*, Inc, New York



Lampiran 1 gambar instalasi penelitian



(a)



(b)



(c)

Lampiran 2 gambar kincir air dengan variasi jumlah sudu : (a). 3 buah, (b). 4 buah,
(c). 5 buah



(a)



(b)



(c)

Lampiran 3 gambar putaran kincir air tanpa beban dengan variasi jumlah sudu : (a). 3 buah, (b). 4 buah, (c). 5 buah