

**ANALISIS KINERJA KINCIR AIR TIPE SUDU DATAR PADA
SISTEM ALIRAN OVERSHOT DENGAN VARIASI LEBAR SUDU**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
SYAIFUL AMRI
NIM. 0810620094 – 62

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2012**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KINERJA KINCIR AIR TIPE SUDU DATAR PADA SISTEM ALIRAN *OVERSHOT* DENGAN VARIASI LEBAR SUDU

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
SYAIFUL AMRI
NIM. 0810620094 – 62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dr. Slamet Wahyudi., ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

Dosen Pembimbing II

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KINERJA KINCIR AIR TIPE SUDU DATAR PADA SISTEM ALIRAN OVERSHOT DENGAN VARIASI LEBAR SUDU

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

SYAIFUL AMRI
NIM. 0810620094 – 62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 14 Juni 2012

MAJELIS PENGUJI

Skripsi I

Putu Hadi Setyarini, ST.,MT
NIP. 19770806 200312 2 001

Skripsi II

Ir.Erwin Sulistyo. MT
NIP. 19661213 199802 1 001

Komprehensif

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH S.W.T. atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya dan sebagai syarat memperoleh gelar sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT. Selaku Ketua Jurusan Mesin dan pembimbing skripsi, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Dr.Eng Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Ibu Dr.Eng Lilis Yulianti, ST.,MT.. Selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Ir. Djoko Sutikno, M. Eng. selaku Dosen Pembimbing dan kepala Laboratorium Mesin-mesin Fluida yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang konstruktif dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Rudy Soenoko. Prof. Dr.,Ir.,M.Eng.,Sc., selaku dosen wali yang selalu memberikan masukan-masukan dan motivasi dalam perkuliahan.
6. Bapak Ponco M. Nurcahyo selaku Laboran Laboratorium Mesin-mesin Fluida yang selalu memberikan motivasi dan saran-saran di Lingkungan Laboratorium Mesin-mesin Fluida.
7. Seluruh Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh Staf Recording atas bantuan dan kelancaran dalam hal urusan administrasi
9. Kedua orangtua saya yang tercinta Bapak Sutrisno dan Ibu Musikah yang telah memberikan banyak dukungan moril, dan materiil, nasehat serta doa yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Kakak saya Sdr. Fahrudin Ali Ahmad dan Amir Mahmud serta Buklek Tia, Pak'lek Sholihin, Mbak Ana M. Rifki serta sikecil Dean yang selalu memberikan motivasi serta dukungan moral maupun materiil untuk menunjang penyelesaian studi program sarjana.

11. Saudara Seperjuangan skripsi Isabima yang telah banyak membantu dalam penelitian dan diskusi permasalahan terkait.
12. Rekan Kerja Asisten Laboratorium Mesin-mesin Fluida, Mas awing, Mas Rizal, Mas Reza Mpu, Isabima, Anton, Rhievo dan Aji. yang selalu memotivasi dan memberikan peringatan dan nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Teman-teman seperjuangan M'08 Serta teman-teman HMM yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar terciptanya karya tulis yang lebih baik. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, Juni 2012

Penulis



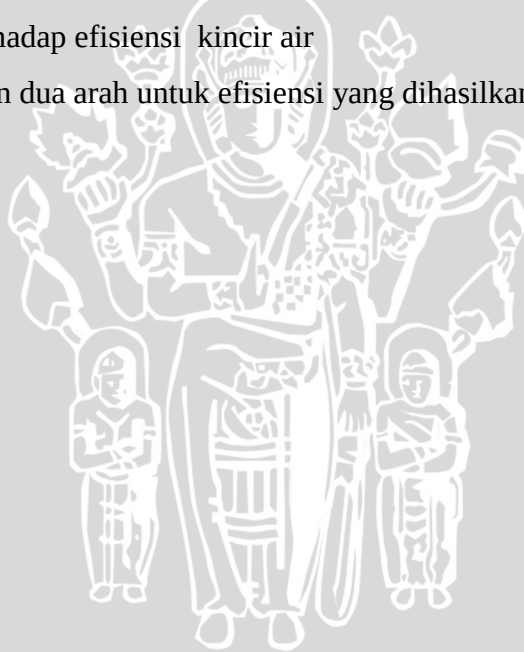
DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
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	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Turbin Air	5
2.2.1 Definisi Turbin Air	5
2.2.2 Klasifikasi Turbin Air	5
2.2.2.1 Turbin Impuls	5
2.2.2.2 Turbin Reaksi	7
2.2.3 Kincir Air	11
2.3 Kinerja Kincir air	17
2.4 Hipotesis	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Metode Penelitian	20
3.2 Variabel Penelitian	20
3.3 Alat-Alat yang digunakan	21
3.4 Instalasi Penelitian	25
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.6 Tempat Penelitian	27
3.7 Diagram Alir Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil	28
4.1.1 Data Hasil Pengujian Hasil	28
4.1.2 Contoh Perhitungan	30
4.2 Analisa Statistik	32
4.2.1 Analisis Varian Dua Arah (<i>Two Way ANOVA</i>).....	32
4.2.1.1 Contoh Perhitungan Analisis Statistik	34
4.2.1.2 Analisis Statistik untuk Efisiensi yang dihasilkan	37
4.3 Pembahasan	39
4.3.1 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap rasio U/Vs pada variasi lebar sudu yang berbeda	39
4.3.2 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap daya poros (BHP) pada variasi lebar sudu yang berbeda	41
4.3.3 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap daya air (WHP) pada variasi lebar sudu yang berbeda	42
4.3.4 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap efisiensi pada variasi lebar sudu yang berbeda	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Hasil pengambilan data pengujian kecepatan kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,4 meter	28
Tabel 4.2	Hasil pengambilan data pengujian kecepatan kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,5 meter	28
Tabel 4.3	Data hasil pengujian kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,4 meter	29
Tabel 4.4	Data hasil pengujian kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,5 meter	30
Tabel 4.5	Anova	33
Tabel 4.6	Data pengujian hipotesis pengaruh variasi debit air dan lebar sudu terhadap efisiensi kincir air	35
Tabel 4.7	Analisis varian dua arah untuk efisiensi yang dihasilkan	38



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Turbin Impuls	6
Gambar 2.2	Turbin Pelton	6
Gambar 2.3	Sistem turbin Michael Banki	7
Gambar 2.4	Turbin Reaksi	8
Gambar 2.5	Turbin Francis	9
Gambar 2.6	Turbin Kaplan	10
Gambar 2.7	Turbin Propeler	11
Gambar 2.8	Kincir Atas dan Kincir Bawah	12
Gambar 2.9	Kincir Air <i>Overshot</i>	13
Gambar 2.10	Kincir Air <i>Undershot</i>	14
Gambar 2.11	Kincir Air <i>Breastshot</i>	15
Gambar 2.12	Kincir Air <i>Tub</i>	16
Gambar 2.13	Lebar sudu	18
Gambar 3.1	Pompa sentrifugal	21
Gambar 3.2	<i>Magnetic Flowmeter</i>	22
Gambar 3.3	Saluran terbuka	23
Gambar 3.4	Saluran terbuka tampak depan lebar 0,5 dan 0,4 meter	23
Gambar 3.5	Kincir Air Lebar Sudu 0,4 meter	24
Gambar 3.6	Kincir Air Lebar Sudu 0,5 meter	24
Gambar 3.7	Neraca Pegas	25
Gambar 3.8	<i>Tachometer</i>	25
Gambar 3.9	Instalasi penelitian	26
Gambar 3.10	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara debit aliran terhadap Rasio U/Vs Pada variasi lebar sudu yang berbeda	39
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara debit aliran terhadap daya poros (BHP) pada variasi lebar sudu yang berbeda	41
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara debit aliran terhadap daya air (WHP) pada variasi lebar sudu yang berbeda	42
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara debit aliran terhadap efisiensi pada variasi lebar sudu yang berbeda	44

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Tabel pengambilan data kecepatan kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,4 meter
Lampiran 2	Tabel hasil pengambilan data kecepatan kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,5 meter
Lampiran 3	Tabel hasil pengujian kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,4 meter
Lampiran 4	Tabel hasil pengujian kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,5 meter
Lampiran 5	Foto penelitian Lebar sudu 0,4 meter dan 0,5 meter
Lampiran 6	Tabel f



RINGKASAN

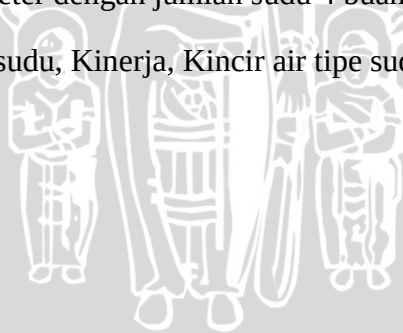
Amri Syaiful, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2012, Analisis Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar pada Sistem Aliran *Overshot* dengan variasi Lebar Sudu. Dosen Pembimbing : Slamet Wahyudi dan Djoko Sutikno

Semakin berkembangnya zaman, kebutuhan akan energi semakin meningkat pula. Sehingga energi adalah kebutuhan yang sangat penting dalam penyediaan energi listrik pada suatu Negara atau daerah. Oleh karena itu penggunaan energi yang tepat guna akan menjadi cara yang tepat dalam mengatasi masalah tersebut. Dan kincir air sendiri merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga air yang tepat untuk menghasilkan energi listrik yang cocok ditempatkan di desa-desa yang belum menikmati listrik. Namun efisiensi kincir air yang masih rendah maka diperlukan kincir air yang mempunyai lebar sudu yang optimal untuk mendapatkan daya dan efisiensinya. dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja kincir air tipe sudu datar pada sistem aliran *overshot* dengan variasi lebar sudu.

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan metode eksperimental nyata (*true experimental research*) yang secara langsung digunakan ke obyek yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan sebuah kincir air *overshot* tipe sudu datar yang di uji di Laboratorium Mesin-mesin Fluida Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan variabel bebas debit aliran air ($0,002778 \text{ m}^3/\text{s}$., $0,003333 \text{ m}^3/\text{s}$., $0,003889 \text{ m}^3/\text{s}$., $0,004444 \text{ m}^3/\text{s}$., $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$. dan $0,005556 \text{ m}^3/\text{s}$). dan lebar sudu (0,40 m dan 0,50 m) sedangkan tinggi sudu tetap. Konstruksi kincir terdiri dari kayu berdiameter 0,41 m satu poros dengan tinggi sudu 0,16 m dengan jumlah sudu 4 buah.

Hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa lebar sudu kincir air mempengaruhi kinerja dari kincir air. Pada pengujian ini daya dan efisiensi tertinggi tercapai pada lebar sudu 0,4 meter dengan jumlah sudu 4 buah.

Kata Kunci : *Overshot*, Lebar sudu, Kinerja, Kincir air tipe sudu datar



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman, kebutuhan akan energi semakin meningkat pula. Sehingga energi adalah kebutuhan yang sangat penting dalam penyediaan energi listrik suatu Negara atau daerah. Oleh karena itu penggunaan energi yang tepat guna akan menjadi cara yang tepat dalam perkembangan zaman tersebut. Dan salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia di Indonesia adalah energi air. Apabila pemanfaatan energi air ini secara meluas di seluruh wilayah Indonesia maka peluang untuk keluar dari krisis listrik akan semakin besar mengingat di Negara Indonesia terdapat banyak tempat-tempat yang berpotensi untuk dimanfaatkan dan keberadaanya menyebar di seluruh pulau-pulau besar yang ada di Negara Indonesia. Di Indonesia, energi air telah dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yaitu melalui PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang saat ini telah banyak dikembangkan

PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan listrik dengan cara mengkonversi energi air menjadi mekanik pada poros turbin kemudian menjadi energi listrik pada generator (Mashuri; 2011:1). Untuk mengkonversi energi air menjadi energi listrik dibutuhkan sebuah mesin konversi energi serta alat-alat bantu yang mendukung kerja mesin konversi energi tersebut. Mesin konversi energi yang digunakan adalah turbin air. Prinsip kerjanya adalah energi air akan dikonversi menjadi energi kinetik pada sudu turbin, kemudian energi kinetik tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik pada generator listrik. Dari beberapa jenis turbin air yang digunakan pada PLTA adalah jenis turbin yang menghasilkan listrik dengan skala besar. Sedangkan kincir air adalah salah satu jenis turbin air yang menghasilkan listrik skala kecil jika dibandingkan dengan turbin Kaplan, turbin francis, turbin pleton dan sebagainya.

Kincir air merupakan turbin impuls yang banyak digunakan di daerah-daerah terpencil dengan memanfaatkan aliran air dari sungai maupun air jatuh.. Sejak awal abad 18 kincir air telah banyak digunakan untuk menggerakkan penggilingan gandum, menggergaji kayu dan mesin tekstil. Efisiensi roda kincir air yang dijalankan oleh

aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi air yang terdapat dalam sungai, tentu kecil sekali. Perbaikan cara ini dilakukan pada abad ke -15.

Zahir dan Bambang (2010) melakukan penelitian tentang kincir air tipe sudu datar dengan memvariasikan tinggi sudu (8, 16 dan 24 cm) untuk lebar sudu tetap (2 x 50 cm) dan dengan variasi jumlah sudu 4 buah dan 8 buah tiap roda kincir. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kinerja kincir air dipengaruhi oleh tinggi sudu. Daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Daya maksimum kincir terletak pada tinggi sudu 16 cm baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun untuk jumlah sudu 8 buah sedangkan efisiensi maksimum dicapai pada tinggi sudu 8 cm baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun 8 buah.

Selama ini kincir air masih mempunyai efisiensi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan turbin-turbin air yang lain. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensinya maka dilakukan penelitian dengan menganalisis kinerja kincir air tipe sudu datar pada sistem aliran *overshot* dengan memvariasikan lebar dari sudu kincir. Sehingga diharapkan setelah dilakukanya variasi tersebut akan terjadi peningkatan efisiensi dari sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

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

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Kondisi dianggap *steady state / steady flow*.
2. Fluida yang dipakai adalah air.
3. Kinerja yang diteliti meliputi rasio $U/(v_s)$, daya dan efisiensi kincir air.
4. Jenis saluran yang digunakan adalah saluran terbuka.
5. Sistem aliran yang digunakan adalah *overshot*.

6. Konstruksi kincir air
 - ◆ Jumlah sudu yang digunakan saat pengujian berjumlah 4 buah.
 - ◆ Terdiri dari satu roda.
 - ◆ Bahan material yang dipakai adalah kayu kecuali tabung kincir, bantalan dan pulley.
7. Putaran kincir air yang digunakan adalah 30 rpm.
8. Lebar sudu yang digunakan adalah 0,4 dan 0,5 m dengan tinggi sudu yang sama yaitu 0,16 m.
9. Debit air yang digunakan adalah 0,002778, 0,003333, 0,003889, 0,004444, 0,005 dan 0,005556 m³/s.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada saat ini kincir air telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensinya. Dan salah satu penelitian tentang kincir air telah dilakukan oleh Zahri dan Bambang (2010) dengan melakukan penelitian di sungai di Desa Keman Kecamatan Pamapangan Kabupaten Ogan Komering Ilir Dimana kedalaman air sungai 2,5 m dengan kecepatan arusnya pada keadaan pasang dapat mencapai 2 m/s atau setara dengan daya air 4000 W/m². Namun lebar sungai yang relatif sempit menjadikan dimensi/ ukuran lebar kincir terbatas atau diperlukan kincir air dengan tinggi sudu optimal untuk mendapatkan daya yang besar dengan efisiensi yang tinggi. Untuk itu peneliti di atas melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan tinggi sudu terhadap daya dan efisiensi kincir air.

Pada penelitiannya beliau melakukan penelitian terhadap sebuah kincir air *undershoot* tipe sudu datar yang ditempatkan mengambang diatas sungai dengan memvariasikan tinggi sudu untuk lebar sudu tetap. Konstruksi Kincir semuanya terbuat dari kayu terdiri dua roda berdiameter 1,0 m, satu poros, dengan ukuran lebar sudu 2 x 50 cm dan variasi tinggi sudu 3 macam yaitu $ts,1 = 8$ cm, $ts,2 = 16$ cm, dan $ts,3 = 24$ cm, dan dengan variasi jumlah sudu 4 buah dan 8 buah tiap roda kincir. Hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa daya dan efisiensi dipengaruhi oleh tinggi sudu. Daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Pada pengujian ini, daya maksimum tercapai pada tinggi sudu $ts,2 = 16$ cm baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun untuk jumlah sudu 8 buah; sedangkan efisiensi maksimum dicapai pada tinggi sudu $ts,1 = 8$ cm, baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun 8 buah.

2.2 Turbin Air

2.2.1 Definisi Turbin Air

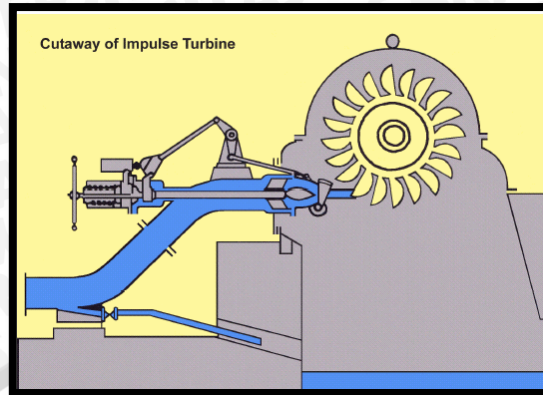
Turbin air adalah mesin konversi energi yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada poros turbin. Bagian yang berputar disebut runner. Air yang diam pada ketinggian tertentu mempunyai energi potensial. Energi ini dapat dimanfaatkan untuk kepentingan yang lebih luas dengan jalan mengubah 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 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 adalah turbin yang prinsip kerjanya 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 di dalam alirannya diubah oleh *nozzle* menjadi energi 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*.

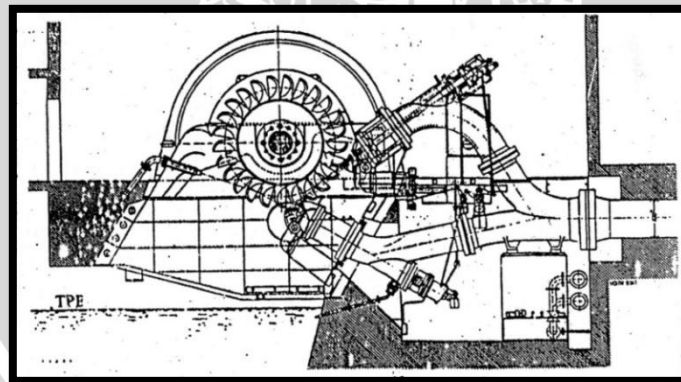


Gambar 2.1 : Turbin Impuls
Sumber : Anonymus 7 : 2012

Macam-macam turbin impuls antara lain sebagai berikut :

1. Turbin Pelton

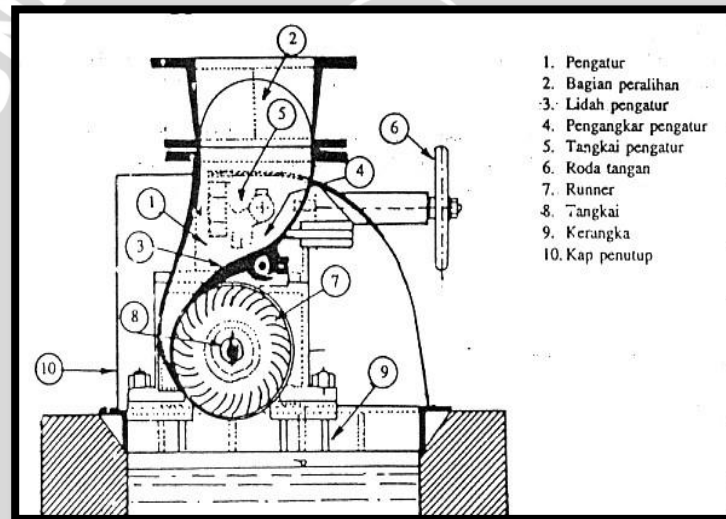
Turbin pelton merupakan turbin impuls. Pelton terdiri dari set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozzle seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2,.Turbin pelton termasuk salah satu jenis turbin air yang paling efisien. Turbin pelton cocok 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 Pelton
Sumber : Dietzel. Turbin, Pompa dan Kompresor. 1996 : 30

2. Turbin Cross Flow (Turbin Michael Banki)

Turbin ini disebut juga turbin arus melintang (*cross flow*). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3, konstruksi turbin ini sangat sederhana terdiri dari sebuah *runner* yang menyerupai sangkar tupai dan *nozzle*. Prinsip kerjanya adalah air yang keluar dari *nozzle* ditumbukkan ke arah *runner* sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanik pada poros *runner*. Turbin ini banyak digunakan pada *head* rendah hingga menengah, untuk kapasitas hingga 5 m³/s. Keuntungannya adalah konstruksinya sederhana, putaran operasi cukup tinggi dan efisiensi stabilnya pada perubahan beban hingga 40% dan beban maksimum.



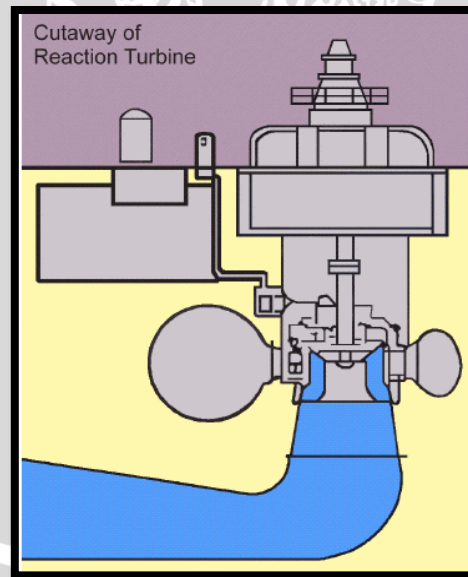
Gambar 2.3 : Sistem Turbin Michael Banki
Sumber : Dietzel., 1996 : 35

2.2.2.2 Turbin Reaksi

Berbeda dengan turbin impuls sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Pada saat beroperasi sudu putar (*runner*) turbin reaksi terendam di dalam air dan bertekanan. Sudu *runner* mempunyai profil sehingga perbedaan

tekanan antara satu sisi dengan yang lain menimbulkan gaya, seperti sayap pesawat terbang. Gaya tersebut menyebabkan runner berputar. Turbin reaksi merupakan turbin / mesin yang sangat cocok untuk laju aliran yang tinggi dan *head* yang rendah seperti yang sering ditemui pada pusat tenaga air dengan sungai yang dibendung oleh karena itu turbin reaksi sangat banyak dimanfaatkan oleh PLTA yang ada di Indonesia. Ciri khas dari turbin reaksi adalah mempunyai sudu yang bisa diatur sehingga bisa mengkonversi energi air dengan baik.

Untuk turbin reaksi, *runner* dikelilingi selubung (rumah keong) yang seluruhnya diisi oleh fluida kerja. Jatuh tekanan dan kecepatan relatif fluida berubah saat melalui runner seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Sudu pengarah berlaku sebagai *nozzle* untuk memberi percepatan aliran dan membelokkan aliran ke arah yang tepat saat fluida masuk ke dalam *runner*. Sebagian energi fluida diubah menjadi energi kinetik dengan mengalirnya fluida melalui sudu arah (*guide vane*) yang dapat disetel sebelum memasuki rotor dan perubahan selebihnya terjadi di rotor, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.

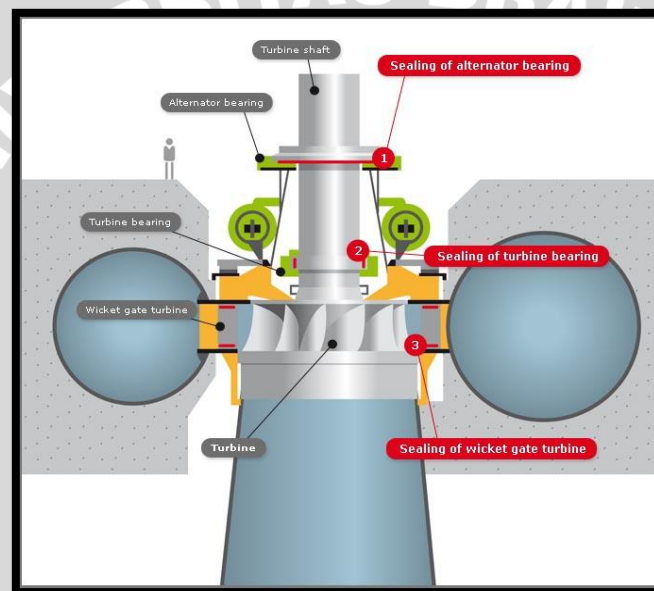


Gambar 2.4 : Turbin Reaksi
Sumber : Anonymous 8 : 2012

Berikut adalah beberapa contoh dari turbin reaksi :

1. Turbin Francis

Turbin Francis adalah turbin yang dikelilingi oleh sudu-sudu pengarah dan semuanya terbenam dalam air. Turbin Francis digunakan untuk memanfaatkan potensi menengah (dari beberapa puluh meter sampai 100 m). Jenis konstruksi turbin ditemukan oleh orang Amerika yang bernama Francis sudah bisa dibuat dengan kecepatan yang tinggi. Pada gambar 2.5 merupakan contoh dari turbin Francis.



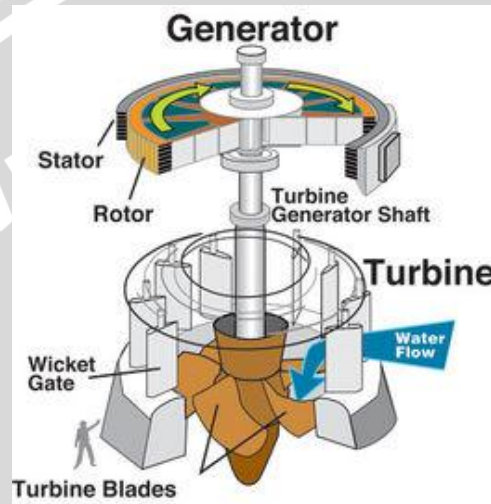
Gambar 2.5 : Turbin Francis
Sumber : Anonymous 9 : 2012

2. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan adalah jenis turbin propeler dengan posisi sudu-sudu arah yang dapat diatur posisinya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6, pengatur sudu roda jalan (rotor) dengan menggunakan tenaga hidrolik yang terletak pada poros turbin. Untuk aliran-aliran turbin Kaplan, fluida mengalir melewati sudu arah masuk dan menjadi kecepatan tangensial dalam gerakan olakan (*swirl*) sebelum mencapai rotor. Aliran yang melewati rotor hampir

seluruhnya merupakan komponen aksial. Baik sudu arah masuk maupun sudu turbin dapat diatur dengan mengubah sudu atur (*setting angle vane*) untuk menghasilkan kecepatan yang paling tinggi (keluaran optimum) untuk sudu kondisi operasi spesifik.

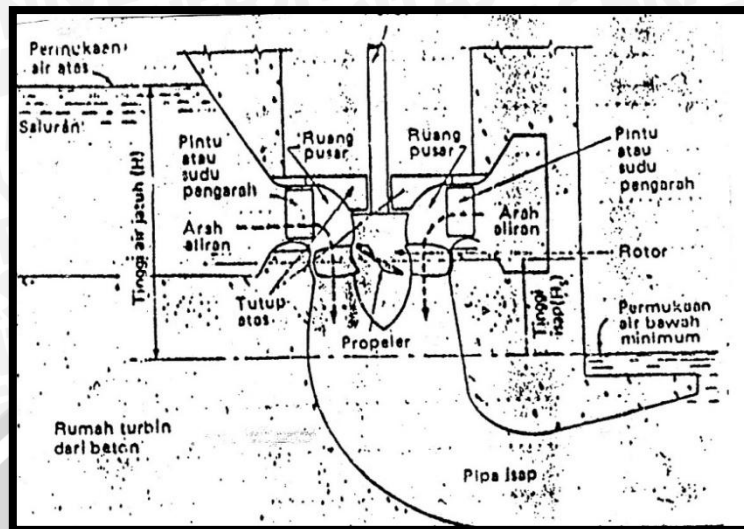
Sebagai contoh *head* operasi yang tersedia mungkin akan berubah dari setiap musim dan laju alir yang melewati rotor akan bervariasi.



Gambar 2.6 : Turbin Kaplan
Sumber : Anonymous 12: 2012

3. Turbin Propeler

Turbin ini digunakan untuk pemanfaatan potensi hidro yang memiliki head rendah hingga menengah (beberapa puluh meter), dengan kapasitas aliran bebas dan putaran operasi yang tidak terlalu tinggi seperti ditunjukkan pada gambar 2.7. Turbin ini mempunyai tiga bagian utama yaitu *runner*, *guidevan* dan rumah turbin (*casing*) yang dipasang pada posisi poros vertical maupun horizontal.



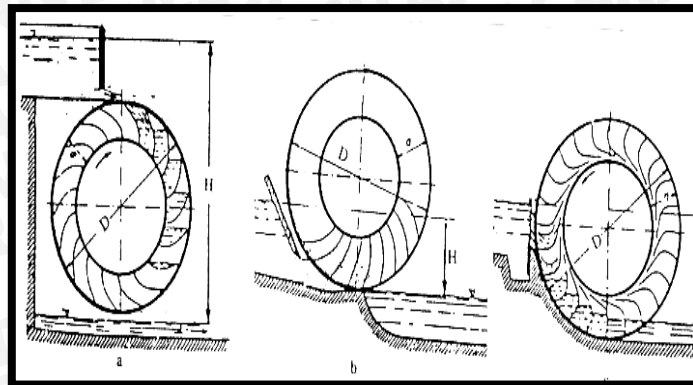
Gambar 2.7 : Turbin Propeler

Sumber : Dietzel. 1996 : 40

2.2.3 Kincir Air

Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk beberapa keperluan, misalnya untuk menaikkan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah – daerah terpencil, misalnya terbuat dari bambu atau dari kayu dengan diameter yang besar masih dapat dilihat di sungai Hoang Ho (Cina), sungai Nil (Mesir), sungai Eufkrat (Irak) (Patty, 1995).

Pada turbin air, air ditumbukkan ke mangkuk-mangkuk yang dipasang pada piringan motor (roda putar), sehingga terjadi perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik. Kincir air bekerja pada putaran rendah sehingga memerlukan percepatan putaran dengan perbandingan putaran yang tinggi untuk mencapai putaran generator. Kincir air memiliki ciri yaitu konstruksinya sederhana dan berdiameter besar. Pada penggunaannya kincir air banyak digunakan untuk *head* dan kapasitas kecil karena diameter besar pada putaran rendah. Pada gambar 2.9 merupakan salah satu contoh kincir air.



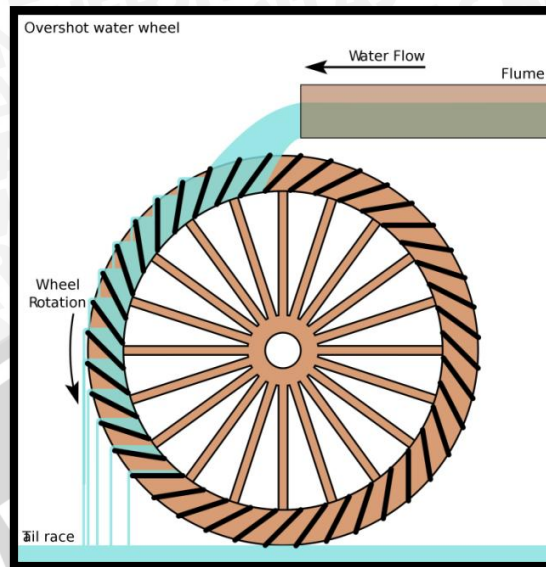
Gambar 2.8 : Kincir Atas dan Kincir Bawah
Sumber : Dietzel. 1996 : 14.

Efisiensi roda air yang dijalankan oleh aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi air yang terdapat dalam sungai, tentu kecil sekali. Perbaikan cara ini dilakukan pada abad ke -15. untuk menjalankan roda, dibuat saluran tersendiri dengan tiga macam roda air, sehingga menumbuk roda pada bagian atas, pada bagian tengah atau bagian bawahnya (Miller dkk : 2004).

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu :

1. Kincir Air Overshot.

Kincir air overshot bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar seperti ditunjukkan pada gambar 2.10. Kincir air overshot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.



Gambar 2.9 Kincir air *Overshot*
Sumber : darwin1797.wordpress.com

Keuntungan

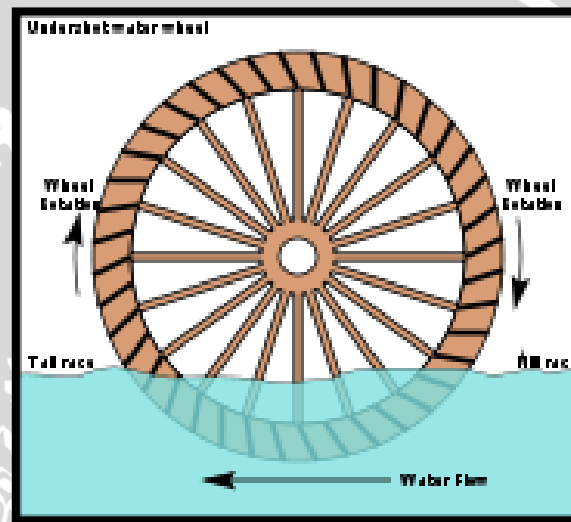
- ◆ Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- ◆ Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- ◆ Konstruksi yang sederhana.
- ◆ Mudah dalam perawatan.
- ◆ Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian

- ◆ Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- ◆ Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- ◆ Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- ◆ Daya yang dihasilkan relatif kecil.

2. Kincir Air *Undershot*

Kincir air undershot bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air seperti ditunjukkan pada gambar 2.11. Kincir air tipe undershot tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "Vitruvian". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.



Gambar.2.10 Kincir air *Undershot*
Sumber : Anonymous 10 : 2012

Keuntungan

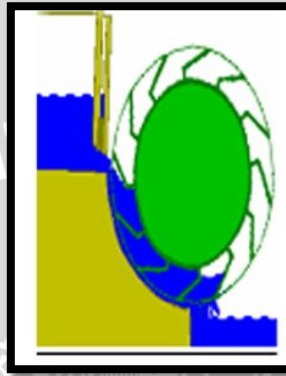
- ◆ Konstruksi lebih sederhana
- ◆ Lebih ekonomis
- ◆ Mudah untuk dipindahkan

Kerugian

- ◆ Efisiensi kecil
- ◆ Daya yang dihasilkan relatif kecil.

3. Kincir Air *Breastshot*.

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 seperti ditunjukkan pada gambar 2.11. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.



Gambar 2.11 Kincir air *Breastshot*
Sumber : Anonymous 4 : 2012

Tipe ini lebih efisien dari tipe *undershot*

Keuntungan

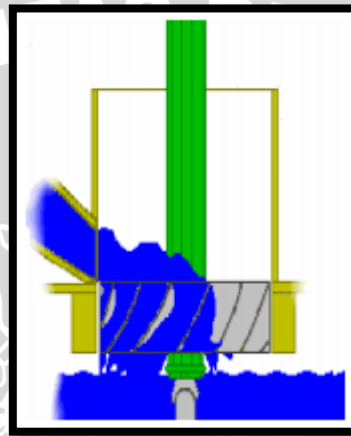
- ◆ Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek
- ◆ Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar

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

Kincir air *Tub* merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horizontal dan sudut-sudutnya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *overshot* maupun tipe *undershot*. Karena arah gaya dari pancuran air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan kinetik seperti ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Kincir air *Tub*
Sumber : Anonymous 11 :2012

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

Pada pengujian kincir air ini memanfaatkan kecepatan aliran air dan energi air yang tersedia merupakan energi kinetik :

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-1)$$

Dimana :

m = massa dari air (kg)

Vs = kecepatan aliran air (m/s)

Debit aliran air yang jatuh melalui kincir :

$$Q = V_s \times A \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-2)$$

Dimana :

A = luas penampang saluran terbuka (m²)

V_s = kecepatan aliran air (m/s)

Water Horse Power (WHP) adalah daya indikatif yang diberikan oleh fluida kepada sudu-sudu turbin. WHP merupakan energi yang dimiliki oleh air dalam bentuk velocity head (head tirbin) yang nantinya akan diubah menjadi energi poros (Rahmat dkk : 5).

$$WHP = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot V_s^2 \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-3)$$

Atau

$$WHP = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_s^3 \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-4)$$

Dimana :

WHP = *Water Horse Power*/daya poros (Watt)

ρ = massa jenis air (Kg/m³)

A = Luas penampang saluran terbuka (m²)

Brake Horse Power (BHP) merupakan daya efektif yang diterima oleh poros turbin dari fluida yang melalui sudu-sudu turbin / kincir air. BHP diukur dari rem prony dengan cara mengukur torsi pada poros (Rahmat dkk : 5).

$$BHP = T \omega \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-5)$$

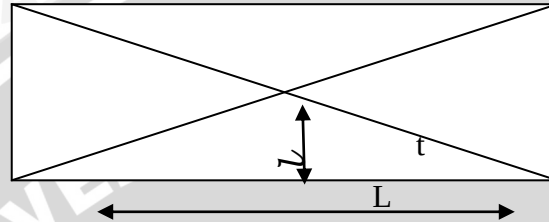
Dimana :

BHP = Brake Horse power/daya poros (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

Dan torsi yang dihasilkan kincir :



Gambar 2.13 lebar sudu

Keterangan : l = Lengan torsi

L = Lebar Sudu

$$T = F \times R \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-6)$$

Dimana :

F = Gaya tangensial (N)

R = Radius kincir (m)

Kecepatan sudut kincir :

$$\omega = 2\pi n/60 \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-7)$$

Dimana :

n = putaran poros atau roda kincir (rpm)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

Rasio U/Vs adalah perbandingan antara kecepatan keliling / kecepatan tangensial turbin terhadap kecepatan teoritis air.

$$U/V_s = \omega R/V_s \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-8)$$

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros turbin / Kincir air dengan daya yang diberikan oleh fluida. Efisiensi turbin menyatakan kemampuan turbin untuk mengubah energi fluida menjadi energi yang berguna pada poros turbin (Rahmat dkk : 5).

$$\eta = \frac{T \times \omega}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times V_s^3} \quad (\text{Zahri dkk : 2010 : 2}) \quad (2-9)$$

Dimana :

η = Efisiensi (%)

2.4 Hipotesis

Untuk debit yang sama, semakin kecil lebar sudu kincir air maka titik tangkap gaya akan semakin besar sehingga Torsi meningkat dan akan mempengaruhi daya poros dan efisiensinya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental nyata (*true experimental research*) yang secara langsung digunakan ke obyek yang akan diteliti. Obyek tersebut akan diambil datanya pada tahapan-tahapan tertentu yang akan menghasilkan beberapa data yang bisa dibandingkan dan akan menunjukkan suatu pola perbandingan tertentu yang bisa dihubungkan.

3.2 Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Variabel bebas (*independent variable*)

10. Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Adapun yang merupakan variabel bebas dalam penelitian ini adalah debit air (m^3/s) yaitu sebesar 0,002778, 0,003333, 0,003889, 0,004444, 0,005 dan 0,005556 m^3/s serta variasi lebar sudu kincir air 0,4 m dan 0,5 m.

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini yaitu kinerja kincir air yang meliputi:

- Rasio U/V_s
- Daya Air (Watt)
- Daya Poros (Watt)
- Efisiensi (%

3.3 Alat-alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

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



Gambar 3.1 Pompa Sentrifugal

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Teknik Mesin Universitas Brawijaya

2. *Magnetic Flowmeter*

Merupakan alat untuk mengukur besar debit air pada instalasi seperti ditunjukkan pada gambar 3.2. Adapun spesifikasi pompa tersebut adalah sebagai berikut :

Model	: AX 100 G
Suffix	: - E1ALS1S – 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 – 750 Ω) PLS 30 VDC 0,2A MAX 1 M3 / P
Tag No	
No.	: S5K904113 035

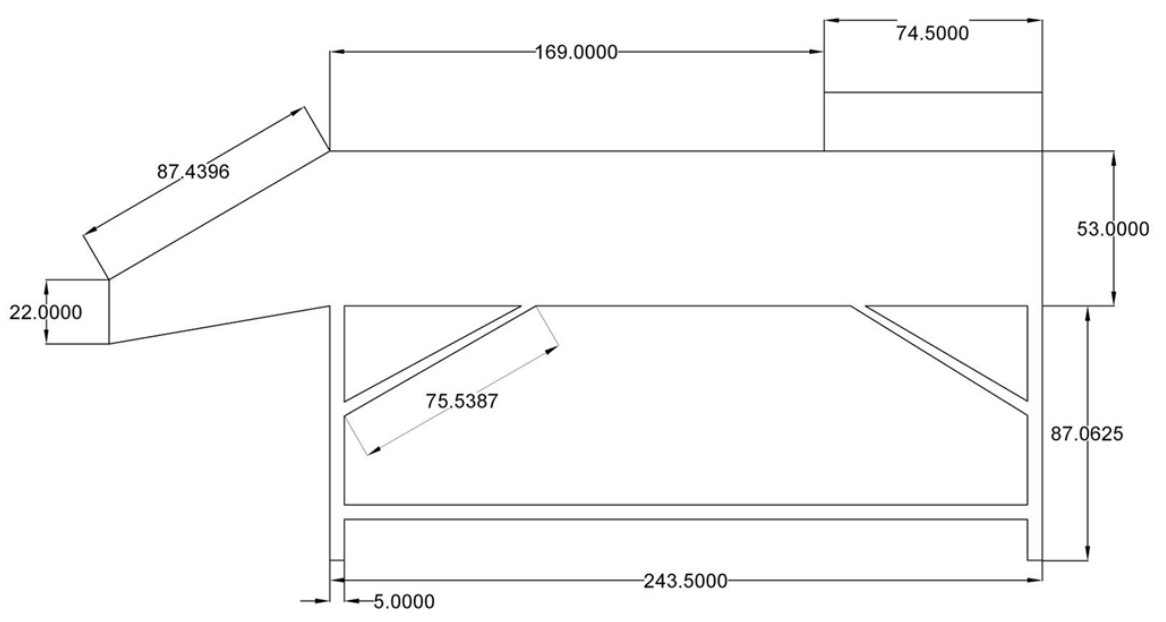


Gambar 3.2 *Magnetic Flowmeter*

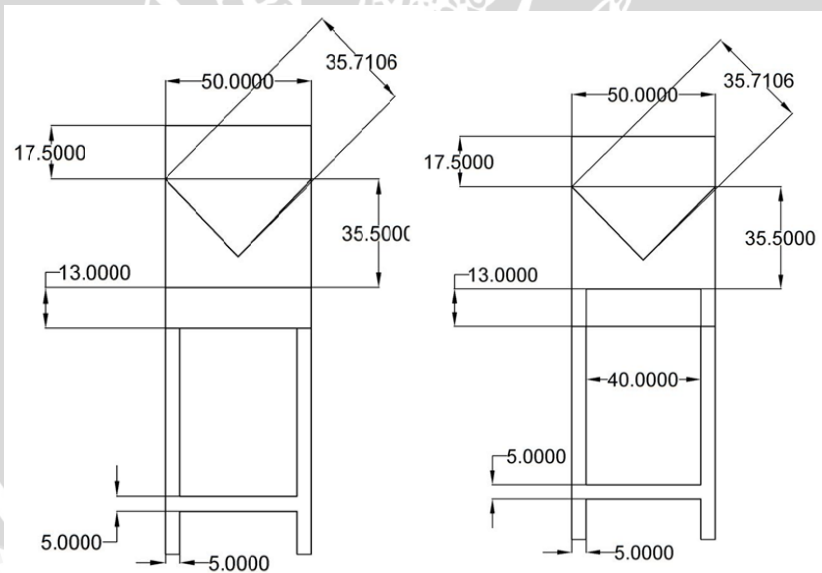
Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Teknik Mesin Universitas Brawijaya

3. Saluran terbuka

Digunakan untuk menampung air saat pengoperasian kincir air selama penelitian berlangsung seperti ditunjukkan pada gambar 3.3.



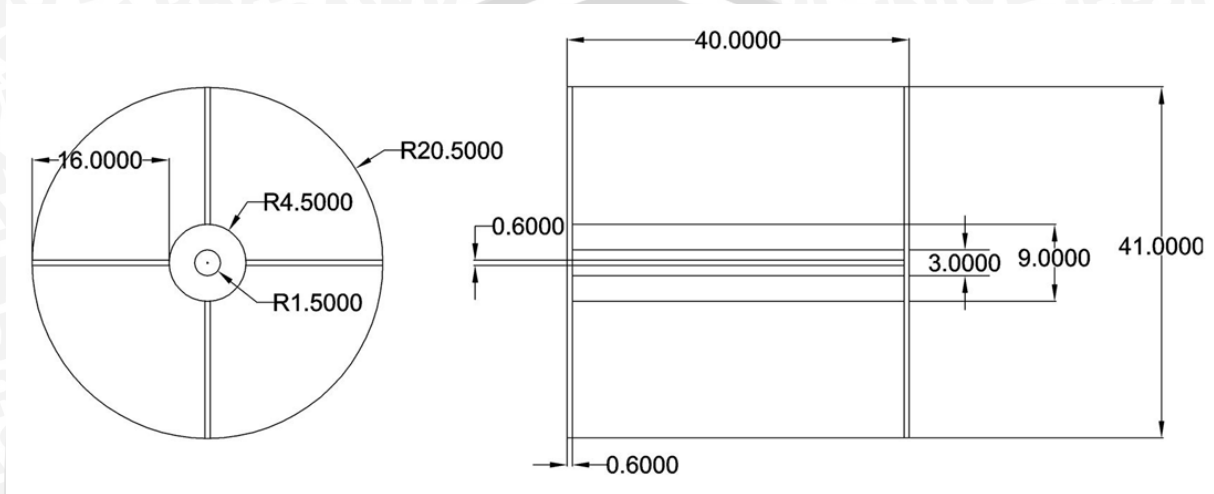
Gambar 3.3 Saluran terbuka



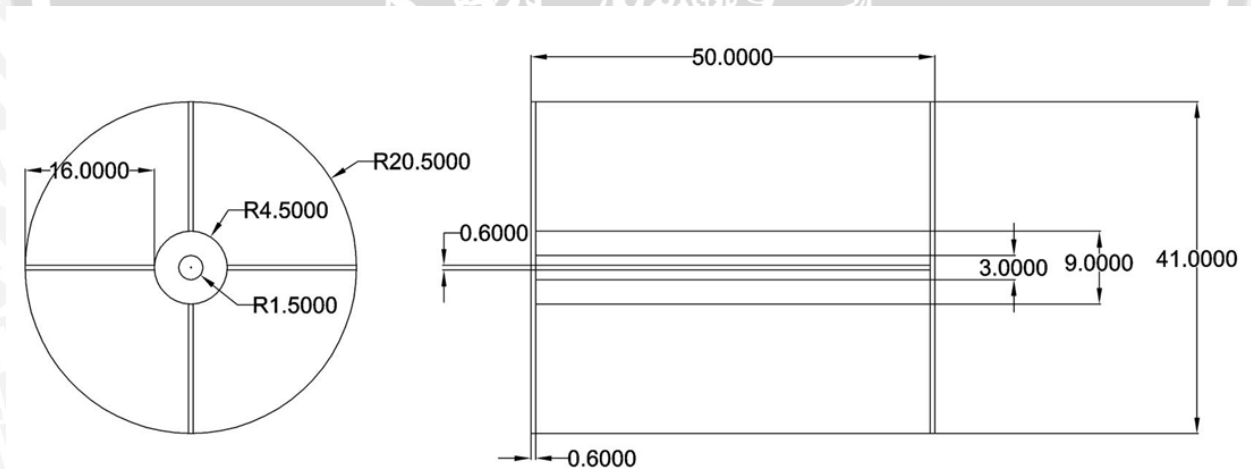
Gambar 3.4 Saluran terbuka tampak depan Lebar 0,5 meter dan 0,4 meter

4. Kincir Air

Kincir air yang digunakan adalah jenis kincir air dengan tipe sudu datar dengan jumlah sudu 4 dengan menggunakan tipe aliran *overshot* dengan lebar sudu 0,4 meter dan 0,5 meter seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 dan 3.6 dengan spesifikasi kayu triplek lebar 0,006 m dan poros dengan diameter 0,03 m



Gambar 3.5 Kincir air lebar sudu 0,4 meter



Gambar 3.6 Kincir air lebar sudu 0,5 meter

5. Neraca pegas

Gaya yang ditimbulkan dari putaran poros akan diukur dengan menggunakan neraca pegas. Neraca pegas tersebut terhubung dengan poros melalui sebuah lengan

dengan panjang tertentu. Dari besar gaya yang terukur akan diketahui besar daya poros yang dihasilkan. Satuannya adalah Newton seperti ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.7 Neraca Pegas

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Teknik Mesin Universitas Brawijaya

6. *Tachometer*

Pada prinsipnya *tachometer* seperti ditunjukkan pada gambar 3.6 digunakan untuk mengukur besarnya kecepatan putar pada kincir air.

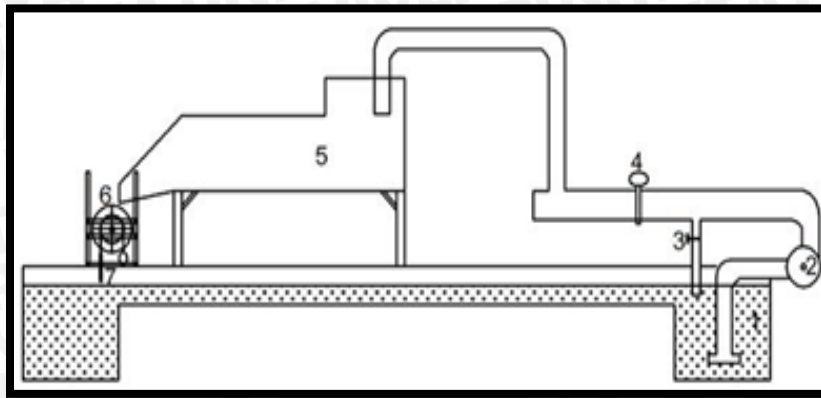


Gambar 3.8: *Tachometer*

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Teknik Mesin Universitas Brawijaya

3.4 Instalasi Penelitian

Gambar ini menjelaskan instalasi penelitian beserta keterangannya dan beberapa alat pendukungnya dapat dilihat pada gambar 3.9.



Keterangan :

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

Gambar 3.9 : Instalasi Penelitian

3.5 Prosedur penelitian

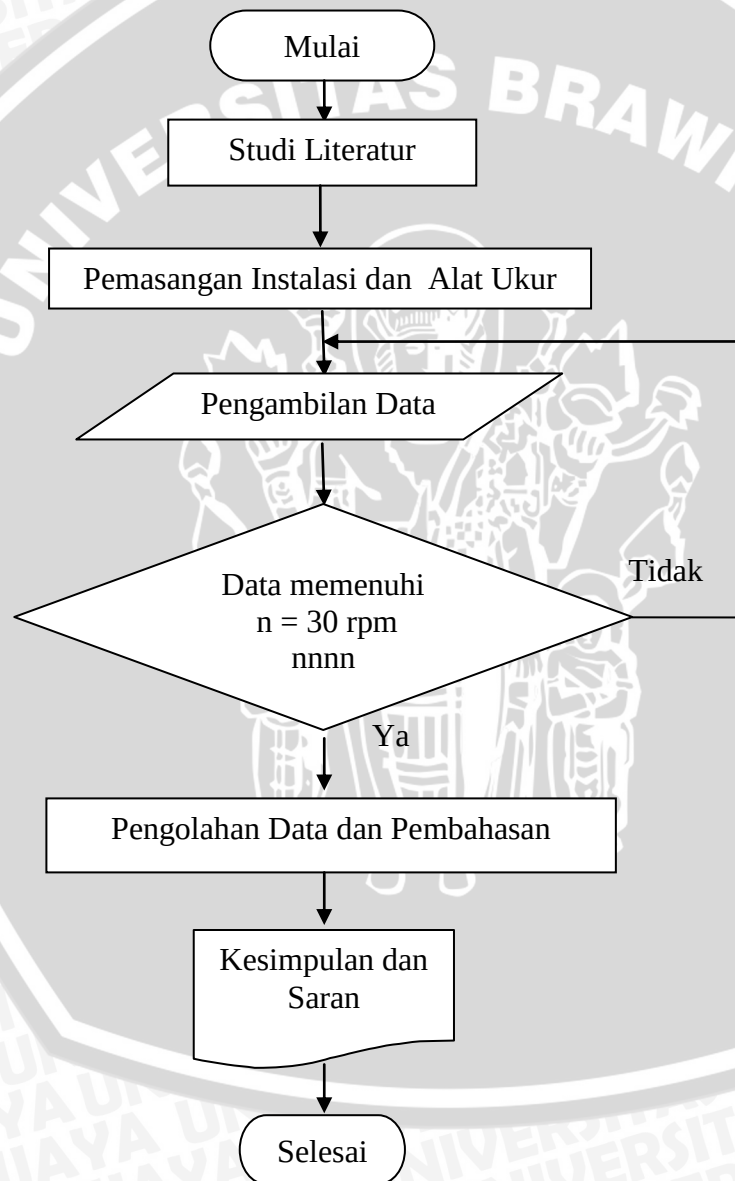
1. Menyiapkan instalasi penelitian dengan berbagai alat bantu yang dibutuhkan.
2. Pengecekan kondisi alat ukur meliputi *tachometer* beserta alat pendukungnya.
3. Memastikan kondisi instalasi dalam keadaan siap untuk dipakai pengujian.
4. Menyiapkan kincir air dengan lebar sudu 0,5 m.
5. Menyalakan motor listrik penggerak pompa, kemudian membuka katub saluran ke saluran terbuka secara perlahan-lahan sampai debit air 10 m³/jam.
6. Mencatat kecepatan air
7. Membiarkan putaran poros kincir air sampai mencapai putaran maksimum tanpa ada pembebanan pada kincir air.
8. Mengatur putaran poros kincir air dari putaran poros maksimum agar tetap menjadi 30 rpm.
9. Mengambil data gaya pembebanan pada debit 10 m³/jam dengan putaran 30 rpm.
10. Mengulangi langkah no. 5, 6, 7, 8, dan 9 untuk debit air 12, 14, 16, 18 dan 20 m³/jam.
11. Matikan motor listrik penggerak pompa.
12. Mengulangi langkah no. 4 sampai 11 untuk lebar sudu 0,4.
13. Percobaan selesai.

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 Hasil

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian variasi lebar sudu terhadap kinerja kincir air tipe sudu datar pada putaran 30 rpm

Tabel 4.1 Hasil pengambilan data pengujian kecepatan kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,4 meter (Lampiran 1)

No	Q (m ³ /jam)	Q (m ³ /s)	h (cm)	h (m)	A (m ²)	Vs (m/s)
1	10	$2,778 \times 10^{-3}$	0,56	$5,6 \times 10^{-3}$	$2,24 \times 10^{-3}$	1,240
2	12	$3,333 \times 10^{-3}$	0,646	$6,46 \times 10^{-3}$	$2,584 \times 10^{-3}$	1,290
3	14	$3,889 \times 10^{-3}$	0,7202	$7,202 \times 10^{-3}$	$2,881 \times 10^{-3}$	1,350
4	16	$4,444 \times 10^{-3}$	0,8052	$8,052 \times 10^{-3}$	$3,221 \times 10^{-3}$	1,380
5	18	5×10^{-3}	0,8865	$8,865 \times 10^{-3}$	$3,546 \times 10^{-3}$	1,410
6	20	$5,556 \times 10^{-3}$	0,9645	$9,645 \times 10^{-3}$	$3,858 \times 10^{-3}$	1,440

Tabel 4.2 Hasil pengambilan data pengujian kecepatan kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,5 meter (Lampiran 2)

No	Q (m ³ /jam)	Q (m ³ /s)	h (cm)	h (m)	A (m ²)	Vs (m/s)
1	10	$2,778 \times 10^{-3}$	0,448	$4,48 \times 10^{-3}$	$2,24 \times 10^{-3}$	1,240
2	12	$3,333 \times 10^{-3}$	0,5168	$5,168 \times 10^{-3}$	$2,584 \times 10^{-3}$	1,290
3	14	$3,889 \times 10^{-3}$	0,5761	$5,761 \times 10^{-3}$	$2,881 \times 10^{-3}$	1,350
4	16	$4,444 \times 10^{-3}$	0,6441	$6,441 \times 10^{-3}$	$3,221 \times 10^{-3}$	1,380
5	18	5×10^{-3}	0,7092	$7,092 \times 10^{-3}$	$3,546 \times 10^{-3}$	1,410
6	20	$5,556 \times 10^{-3}$	0,7716	$7,716 \times 10^{-3}$	$3,858 \times 10^{-3}$	1,440

Tabel 4.3 Data hasil pengujian kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,4 meter
(Lampiran 3)

No	Debit aliran air (m ³ /jam)	Kecepatan aliran air (m/s)	Gaya Pengereman (N)	Torsi (Nm)	Rasio U/Vs	Daya Air (Watt)	Daya Poros (Watt)	Efisiensi (%)
			3.1563	0.3156	0.5191	2.1354	0.9911	46.4118
1	10	1,24	3.2563	0.3256	0.5191	2.1354	1.0225	47.8822
			3.1563	0.3156	0.5191	2.1354	0.9911	46.4118
			5.3127	0.5313	0.4990	2.7735	1.6682	60.1474
2	12	1,29	5.8127	0.5813	0.4990	2.7735	1.8252	65.8081
			5.8127	0.5813	0.4990	2.7735	1.8252	65.8081
			7.4203	0.7420	0.4768	3.5442	2.3300	65.7405
3	14	1,35	7.4203	0.7420	0.4768	3.5442	2.3300	65.7405
			7.4203	0.7420	0.4768	3.5442	2.3300	65.7405
			9.3709	0.9371	0.4664	4.2325	2.9425	69.5207
4	16	1,38	9.3709	0.9371	0.4664	4.2325	2.9425	69.5207
			9.3709	0.9371	0.4664	4.2325	2.9425	69.5207
			10.9589	1.0959	0.4565	5	3.4411	69.2359
5	18	1,41	11.0589	1.1059	0.4565	5	3.4725	69.8677
			11.0589	1.1059	0.4565	5	3.4725	69.8677
			12.5959	1.2596	0.4470	5.76	3.9551	68.6651
6	20	1,44	12.5959	1.2596	0.4470	5.76	3.9551	68.6651
			13.0959	1.3096	0.4470	5.76	4.1121	71.3908

Tabel 4.4 Data hasil pengujian kincir air tipe sudu datar dengan lebar sudu 0,5 meter
(Lampiran 4)

No	Debit aliran air (m ³ /jam)	Kecepatan aliran air (m/s)	Gaya Pengereman (N)	Torsi (Nm)	Rasio U/Vs	Daya Air (Watt)	Daya Poros (Watt)	Efisiensi (%)
			2,6572	0,2657		2,1354	0,8344	39,0725
1	10	1,24	2,6572	0,2657	0,5191	2,1354	0,8344	39,0725
			2,6572	0,2657		2,1354	0,8344	39,0725
			4,5300	0,4530		2,7735	1,4224	51,2857
2	12	1,29	4,6300	0,4630	0,4990	2,7735	1,4538	52,4178
			4,8300	0,4830		2,7735	1,5166	54,6821
			6,2068	0,6207		3,5442	1,9489	54,9900
3	14	1,35	6,6480	0,6648	0,4768	3,5442	2,0875	58,8988
			6,6480	0,6648		3,5442	2,0875	58,8988
			7,2462	0,7246		4,2326	2,2753	53,7579
4	16	1,38	7,2462	0,7246	0,4664	4,2326	2,2753	53,7579
			7,4462	0,7446		4,2326	2,3381	55,2416
			9,2758	0,9276		4,9701	2,9126	58,6023
5	18	1,41	9,2758	0,9276	0,4565	4,9701	2,9126	58,6023
			9,2758	0,9276		4,9701	2,9126	58,6023
			11,3740	1,1374		5,7600	3,5714	62,0045
6	20	1,44	11,5740	1,1574	0,4470	5,7600	3,6342	63,0948
			11,3740	1,1374		5,7600	3,5714	62,0045

4.1.2 Contoh Perhitungan

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai rasio U/Vs, daya poros, daya air dan efisiensi kincir air tipe sudu datar dengan variasi lebar pada sistem aliran overshot. Sebagai contoh perhitungan dan data pengujian, diambil pada debit 16 m³/jam terhadap kinerja dari kincir air dengan variasi lebar sudu 0,4 meter. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut :

Debit aliran air (Q)	= 16 m ³ /jam = 0,0044444 m ³ /s
Kecepatan putar kincir (n)	= 30 rpm
Gaya pengereman kincir (F)	= 9.3709 N
Ketinggian permukaan air	= 0,008052 m
Lebar sudu	= 0,4 m
Radius kincir	= 0,205 m
Massa jenis air	= 1000 kg/m ³
Lengan <i>pulley</i>	= 0,1 m

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada debit 16 m³/jam.

1. Kecepatan aliran air (Vs)

$$Q = A \times V_s$$

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

$$V_s = \frac{0,0044444}{0,008052 \times 0,4}$$

$$V_s = 1,38 \text{ m/s}$$

2. Torsi (T)

$$T = F \times R$$

$$T = 9,3709 \times 0,1$$

$$T = 0,9371 \text{ Nm}$$

3. Rasio U/Vs

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

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\frac{2\pi \times n}{60} \times R}{V_s}$$

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\frac{2 \times 3,14 \times 30}{60} \times 0,205}{1,38}$$

$$\frac{U}{V_s} = 0,4664$$

1. Daya Air (WHP)

$$WHP = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V_s^3$$

$$WHP = \frac{1}{2} \times 1000 \times (0,008052 \times 0,4) \times (1,38)^3$$

$$WHP = 4,2325 \text{ Watt}$$

2. Daya Poros (BHP)

$$BHP = T \times \omega$$

$$BHP = 0,9371 \times \frac{2\pi \times 30}{60}$$

$$BHP = 2,9425 \text{ Watt}$$

3. Efisiensi (η)

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

$$\eta = \frac{2,9425}{2,2325} \times 100\%$$

$$\eta = 69,5207\%$$

4.2 Analisa Statistik

Dari data pengujian dapat dianalisa apakah faktor-faktor dalam pengujian ini seperti variasi sistem aliran fluida kincir air dan debit aliran air memiliki pengaruh terhadap kinerja kincir air atau tidak. Pada setiap pengambilan data kinerja kincir air, kedua faktor di atas tercakup di dalamnya. Oleh karena itu, analisa statistik yang dilakukan adalah analisis varian dua arah (*two way ANOVA*).

4.2.1 Analisis Varian Dua Arah (*Two Way ANOVA*)

Untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variasi sistem aliran fluida dan debit aliran air terhadap kinerja kincir air perlu dilakukan analisis varian dua arah. Apabila nilai F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} maka faktor yang diuji berpengaruh secara nyata. Namun, bila nilai F_{hitung} lebih kecil atau sama dengan F_{tabel} maka faktor yang diuji tidak berpengaruh secara nyata.

1. Formulasi Hipotesis :

1) $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_b = 0$

(Tidak ada pengaruh variasi debit aliran fluida terhadap kinerja kincir air)

H_1 : sekurang-kurangnya satu ukuran variasi sistem aliran fluida berpengaruh terhadap kinerja kincir air

2) $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$

(Tidak ada pengaruh variasi sistem aliran fluida terhadap kinerja kincir air)

H_1 : sekurang-kurangnya satu ukuran variasi debit aliran fluida berpengaruh terhadap kinerja kincir air

3) $H_0 : (\alpha.\beta)_1 = (\alpha.\beta)_2 = \dots = (\alpha.\beta)_{ij} = 0$

(Tidak ada pengaruh variasi sistem aliran fluida dan debit aliran terhadap kinerja kincir air)

H_1 : sekurang-kurangnya satu ukuran variasi sistem aliran dan debit aliran fluida berpengaruh terhadap kinerja kincir air

2. Taraf Nyata dan Nilai F_{tabel}

$\alpha = 0,05$

Untuk baris $F_{\text{tabel}} = 2,62$

Untuk kolom $F_{\text{tabel}} = 4,25$

Untuk interaksi $F_{\text{tabel}} = 2,62$

3. Menentukan kriteria pengujian

a. Untuk baris :

H_0 diterima jika $F_{\text{hitung}} \leq 2,62$

H_0 ditolak jika $F_{\text{hitung}} > 2,62$

b. Untuk kolom :

H_0 diterima jika $F_{\text{hitung}} \leq 4,25$

H_0 ditolak jika $F_{\text{hitung}} > 4,25$

c. Untuk interaksi :

H_0 diterima jika $F_{\text{hitung}} \leq 2,62$

H_0 ditolak jika $F_{\text{hitung}} > 2,62$

4. Membuat analisis varians dalam bentuk tabel Anova

Tabel 4.5 Anova

Sumber Varian	JK	Db	KT	F hitung	F tabel
Debit	2082,016572	5	416,4033144	215,1463	2,620654
Lebar	918,9643291	1	918,9643291	474,8083	4,259677
Interaksi	69,03668774	5	13,80733755	7,133942	2,620654
Galat	46,45063011	24	1,935442921		
Total	3116,468219	35			

5. Kesimpulan

- 1) Untuk baris : karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $215,15 > 2,62$, maka H_0 ditolak jadi sekurang-kurangnya satu ukuran debit aliran berpengaruh terhadap efisiensi kincir air.
- 2) Untuk kolom : karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $474,81 > 4,25$, maka H_0 ditolak jadi sekurang-kurangnya satu ukuran lebar sudu berpengaruh terhadap efisiensi kincir air.
- 3) Untuk interaksi : karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $7,13 > 2,62$, maka H_0 ditolak jadi sekurang-kurangnya satu ukuran debit air dan lebar sudu berpengaruh terhadap efisiensi kincir air.

4.2.1.1 Contoh Perhitungan Analisis Statistik

Dari data hasil pengujian dapat dilakukan analisis statistic untuk menguji hipotesis. Sebagai contoh perhitungan, diambil data dari pengujian dengan variasi debit air dan lebar sudu terhadap efisiensi pada kincir air :

Tabel 4.6 Data pengujian hipotesis pengaruh variasi debit air dan lebar sudu terhadap efisiensi kincir air.

		Efisiensi pada lebar sudu (%)		Σ_B
		0,4 meter	0,5 meter	
Debit air (m ³ /jam)		46,41182917	39,07281071	
		47,88227967	39,07281071	
		46,41182917	39,07281071	
	ΣK1	140,7059	117,2184	257,9244
		60,14738778	51,28610059	
		65,80810528	52,4182441	
		65,80810528	54,6825311	
	ΣK2	191,7636	158,3869	350,1505
		65,74048304	54,98942498	
		65,74048304	58,89825631	
		65,74048304	58,89825631	
	ΣK3	197,2214	172,7859	370,0074
		69,52067572	53,75798701	
		69,52067572	53,75798701	
		69,52067572	55,24174365	
	ΣK4	208,562	162,7577	371,3197
		69,23592282	58,60246675	
		69,86770085	58,60246675	
		69,86770085	58,60246675	
	ΣK5	208,9713	175,8074	384,7787
		68,66514931	62,00409722	
		68,66514931	63,094375	
		71,39084375	62,00409722	
	ΣK6	208,7211	187,1026	395,8237
	ΣKTot	1155,945	974,0589	2130,004

$$FK = \frac{2130,004^2}{6 \cdot 2 \cdot 3} = 126025,5221$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (46,41182917^2 + 47,88227967^2 + \dots + 62,00409722^2) - FK \\
 &= 129141,9904 - 126025,5221 \\
 &= 3116,468253
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKA &= \frac{(257,9244^2 + 350,1505^2 + \dots + 395,8237^2)}{2 \cdot 3} - FK \\
 &= 128107,5387 - 126025,5221 = 2082,013547
 \end{aligned}$$

Dimana A = baris, yaitu faktor debit air.

$$\begin{aligned}
 JKB &= \frac{(1155,945^2 + 974,0589^2)}{6 \cdot 3} - FK \\
 &= 126944,4213 - 126025,5221 = 918,8992163
 \end{aligned}$$

Dimana B = kolom, yaitu faktor lebar sudu

$$\begin{aligned}
 JKPerlakuan &= \frac{(140,7059^2 + 191,7636^2 + \dots + 187,1026^2)}{3} \\
 &- \frac{(257,9244^2 + 350,1505^2 + \dots + 395,8237^2)}{2 \cdot 3} - \frac{(1155,945^2 + 974,0589^2)}{6 \cdot 3} + FK \\
 &= 129095,5397 - 128107,5387 - 126944,4213 + 126025,5221 \\
 &= 69,0765
 \end{aligned}$$

Dimana perlakuan = kombinasi antara kondisi ke-I faktor debit air dan kondisi ke -j faktor lebar sudu kincir air.

$$JKI = JKperlakuan = 69,0796$$

Dimana I = interaksi antara faktor debit air dan faktor lebar sudu

$$JKG = 3116,468253 - 3069,992303 = 46,45063011$$

Dimana G = galat

Kemudian, masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya sehingga diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT. Nilai varian tersebut yaitu :

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)} = \frac{2082,013547}{6-1} = 416,4027094$$

$$KTB = \frac{JKB}{(C-1)} = \frac{918,8992163}{(2-1)} = 918,8992163$$

$$KTI = \frac{JKI}{(r-1)(c-1)} = \frac{69,0796}{(6-1)(2-1)} = 13,81592$$

$$KTG = \frac{JKG}{r \cdot c(t-1)} = \frac{46,45063011}{6 \cdot 2(3-1)} = 1,93544$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga Fhitung masing-masing sumber keragaman (variasi debit air, lebar sudu serta interaksi debit air dengan lebar sudu), kemudian hasilnya dibandingkan dengan Ftabel pada derajat bebas sesuai dengan nilai α sebesar 5 %. Nilai Fhitung dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut :

$$F_1 = \frac{KTA}{KTG} = \frac{416,4027094}{1,93544} = 215,1462765$$

Dimana F_1 = Fhitung dari debit air

$$F_2 = \frac{KTB}{KTG} = \frac{918,8992163}{1,93544} = 474,7753567$$

Dimana F_2 = Fhitung dari lebar sudu

$$F_3 = \frac{KTI}{KTG} = \frac{13,81592}{1,93544} = 7,138387$$

Dimana F_3 = Fhitung dari interaksi debit air dengan lebar sudu

Untuk perhitungan analisis statisti rasio U/Vs, daya poros dan daya air kincir air, tahapan perhitungan mengikuti uraian di atas

4.2.1.2 Analisis statistik untuk efisiensi yang dihasilkan

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi debit, variasi lebar sudu dan interaksi antara keduanya terhadap efisiensi. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 Analisis varian dua arah untuk efisiensi yang dihasilkan.

Sumber Varian	JK	Db	KT	F hitung	F tabel
Debit	2082,016572	5	416,4033144	215,1463	2,620654
Lebar	918,9643291	1	918,9643291	474,8083	4,259677
Interaksi	69,03668774	5	13,80733755	7,133942	2,620654
Galat	46,45063011	24	1,935442921		
Total	3116,468219	35			

Dari tabel analisis varian (tabel 4.7) terlihat masing-masing perlakuan $F_{hitung} > F_{tabel}$ dengan keyakinan 95%. Atau dapat dinyatakan sebagai berikut :

a. Faktor Debit Air

H_0 ditolak maka H_1 diterima, artinya ada pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi pada kincir air.

b. Faktor Lebar Sudu

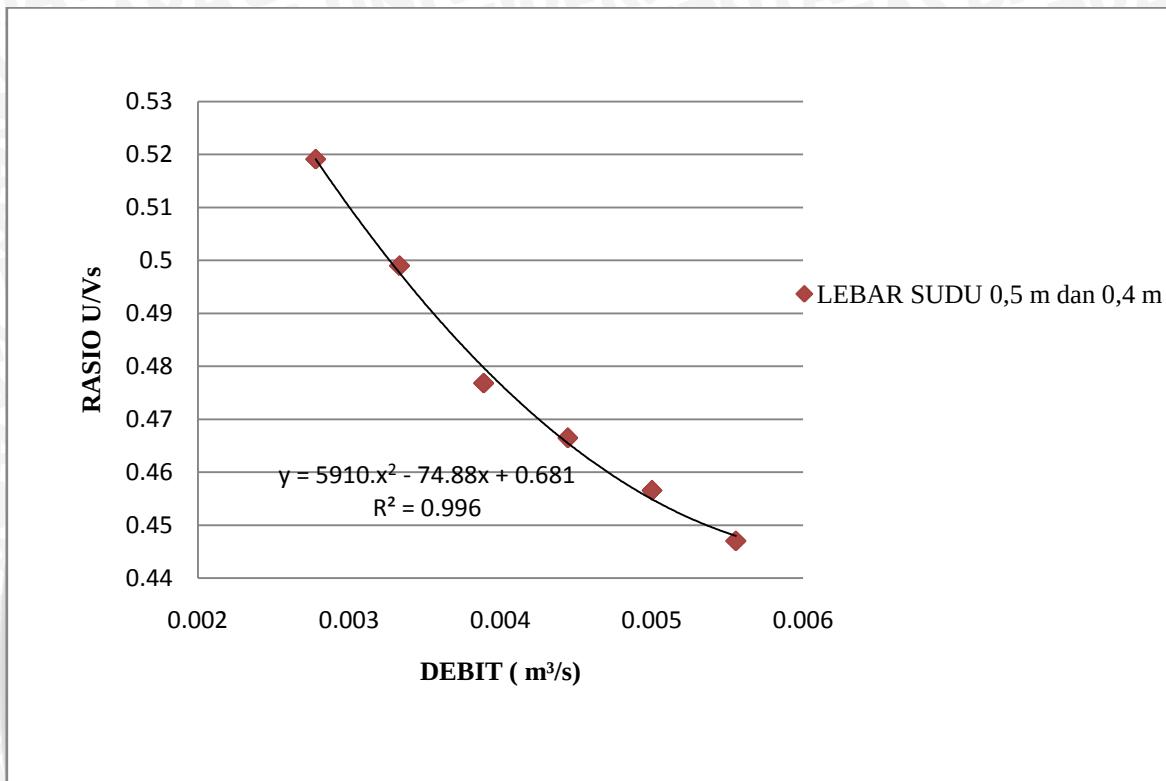
H_0 ditolak maka H_1 diterima, artinya ada pengaruh variasi lebar sudu terhadap efisiensi pada kincir air.

c. Interaksi antar Kedua Faktor

H_0 ditolak maka H_1 diterima, artinya interaksi antara variasi debit air dan lebar sudu mempunyai pengaruh yang nyata terhadap efisiensi pada kincir air.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap rasio U/V_s pada variasi lebar sudu yang berbeda



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara debit air yang mengalir terhadap rasio U/V_s pada variasi lebar sudu yang berbeda

Hubungan antara debit air terhadap rasio U/V_s terjadi pada gambar 4.1 di atas. Sumbu absis pada gambar di atas menyatakan debit aliran air, sedangkan sumbu ordinat menyatakan rasio U/V_s .

Dari grafik (gambar 4.1) hubungan antara debit terhadap rasio U/V_s , dapat dilihat bahwa pada debit yang sama untuk lebar sudu yang berbeda kecepatan aliran pada lebar sudu yang pendek dan panjang adalah sama. Hal ini dikarenakan pada lebar sudu yang pendek ketinggian permukaan air tinggi sedangkan untuk lebar sudu yang panjang ketinggian permukaan air rendah. Sehingga luas penampang dari saluran adalah sama. Dengan demikian kecepatannya juga sama.

Pada debit yang sama untuk lebar sudu yang berbeda mempunyai kecepatan tangensial yang sama. Hal ini dikarenakan pada lebar sudu yang pendek dan panjang

mempunyai jari-jari kincir dan putaran yang sama. Sehingga nilai rasio yang didapatkan adalah sama.

Pada gambar 4.1 pada awal sampai akhir grafik mengalami kecenderungan menurun. Hal ini disebabkan pada debit yang semakin meningkat mempunyai kecepatan aliran air yang tinggi. Dimana debit berbanding lurus dengan daya teoritis (Rahmat dkk hal.3) Sedangkan kecepatan tangensial dari sudu nilainya tetap. Dengan demikian maka nilai dari rasio U/V_s menurun. Hal ini sesuai dengan persamaan (2-2) dan (2-9) berikut yaitu :

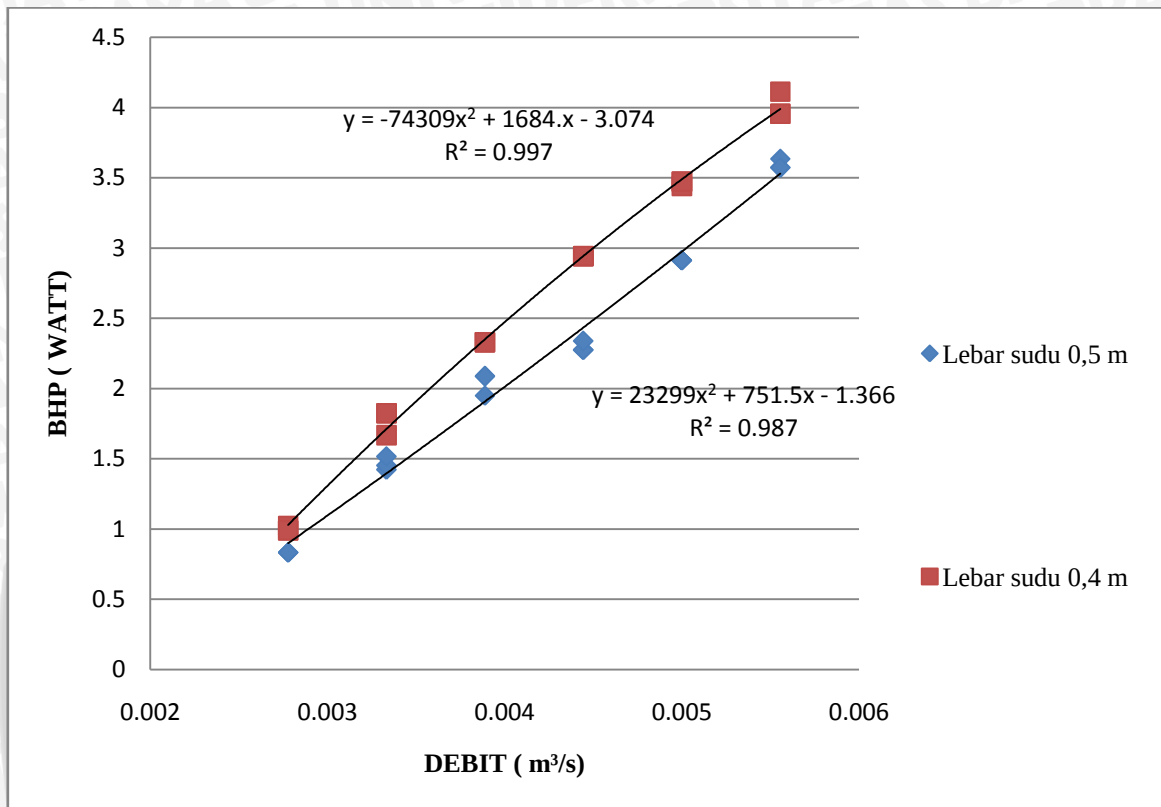
$$Q = A \times V_s$$

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

$$\text{Rasio perbandingan } \frac{U}{V_s} = \frac{\omega \cdot R}{V_s} = \frac{\frac{2\pi \cdot n \cdot R}{60}}{V_s}$$

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa Nilai rasio tertinggi dicapai ketika pada debit $0,002778 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu dengan nilai rasio U/V_s 0,5191. Kemudian mengalami penurunan pada debit $12 \text{ m}^3/\text{jam}$ sampai pada debit tertinggi $0,005556 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai rasio U/V_s 0,4770.

4.3.2 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap daya poros (BHP) pada variasi lebar sudu yang berbeda



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara debit air yang mengalir terhadap daya poros (BHP) pada variasi lebar sudu yang berbeda

Hubungan antara debit air terhadap daya poros terjadi pada gambar 4.2 di atas. Sumbu absis pada gambar di atas menyatakan debit aliran air, sedangkan sumbu ordinat menyatakan daya poros.

Dari grafik (gambar 4.2) hubungan antara debit terhadap daya poros , dapat dilihat bahwa pada debit yang sama pada lebar sudu yang berbeda terdapat perbedaan torsi yang bekerja. Hal ini dikarenakan pada lebar sudu yang pendek mempunyai titik tangkap gaya yang besar sedangkan pada lebar sudu yang panjang mempunyai titik tangkap gaya yang kecil. Dengan demikian torsi yang dihasilkan oleh masing-masing kincir dengan lebar sudu pendek dan panjang adalah berbeda sehingga nilai daya porosnya juga berbeda.

Pada gambar 4.2 pada awal sampai akhir grafik hubungan antara debit terhadap daya poros mengalami kecenderungan yang meningkat. Dimana debit berbanding lurus dengan

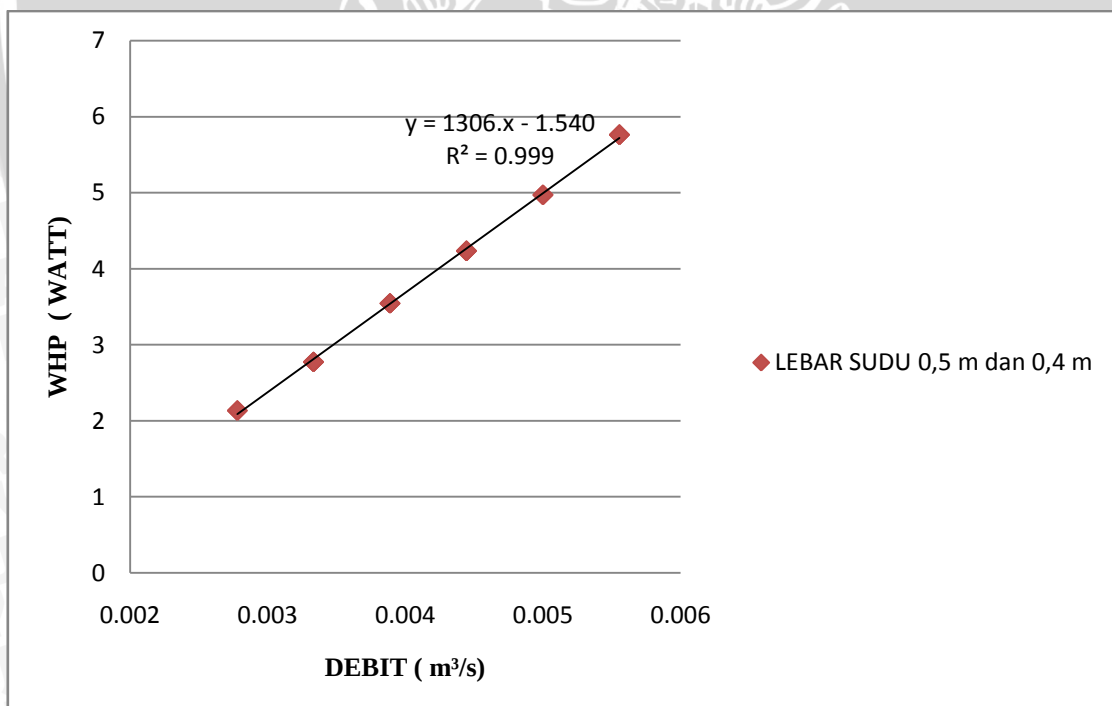
daya efektif (Rahmat dkk hal.3). Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya debit maka massa dan titik tangkap gaya akan semakin besar. Dengan demikian torsi yang dihasilkan besar. Sehingga nilai daya porosnya meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan (2-5) dan (2-6) berikut yaitu:

$$T = F \cdot R$$

$$\text{DayaPoros} = \omega \cdot T = \frac{2\pi \cdot n}{60} \cdot T$$

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa kincir air dengan variasi lebar sudu 0,4 meter mempunyai nilai daya poros yang besar jika dibandingkan kincir air dengan lebar sudu 0,5 meter. Pada lebar sudu 0,4 meter daya poros tertinggi dicapai pada debit 0,005556 m³/s dengan daya poros 4,1121 Watt dan daya terendah dicapai pada saat debit 0,002778 m³/s dengan daya poros 0,9911 Watt.

4.2.3 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap daya air pada variasi lebar sudu yang berbeda



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara debit air yang mengalir terhadap daya air pada variasi lebar sudu yang berbeda

Hubungan antara debit air terhadap daya air terjadi pada gambar 4.3 di atas. Sumbu absis pada gambar di atas menyatakan debit aliran air, sedangkan sumbu ordinat menyatakan daya air.

Dari grafik (gambar 4.3) hubungan antara debit terhadap daya air , dapat dilihat bahwa pada debit yang sama untuk lebar sudu yang berbeda kecepatan aliran pada lebar sudu yang pendek dan panjang adalah sama. Hal ini dikarenakan pada lebar sudu yang pendek ketinggian permukaan air tinggi sedangkan untuk lebar sudu yang panjang ketinggian permukaan air rendah. Sehingga luas penampang dari saluran air adalah sama. Dengan demikian kecepatan alirannya juga sama.

Pada debit yang sama untuk lebar sudu yang berbeda mempunyai nilai daya air yang sama. Hal ini dikarenakan pada lebar sudu yang pendek dan panjang mempunyai luas penampang saluran air dan kecepatan air yang sama. Dengan demikian nilai daya air dari kedua kincir tersebut adalah sama.

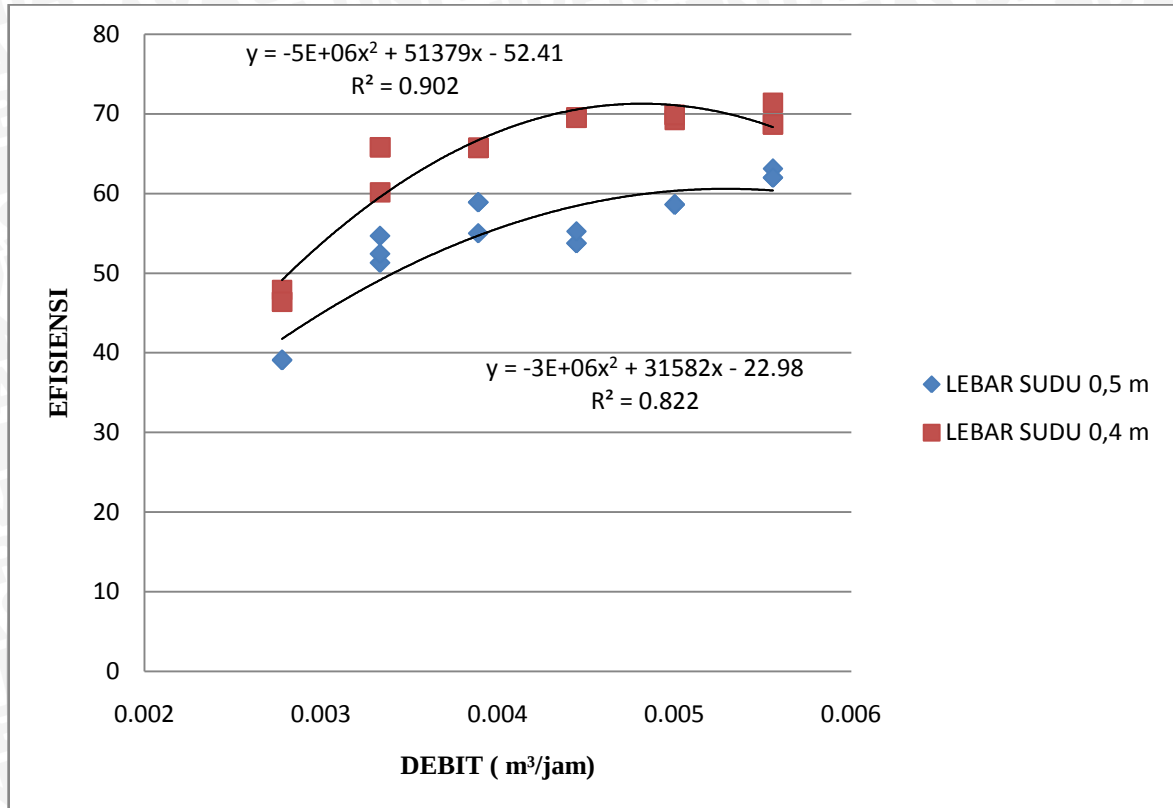
Pada gambar 4.3 pada awal sampai akhir hubungan antara debit terhadap daya poros mengalami kecenderungan yang meningkat. Dimana debit berbanding lurus dengan daya teoritis (Rahmat dkk hal.3). Hal ini disebabkan pada debit yang semakin meningkat massa, kecepatan aliran air dan nilai luasan penampang saluran air meningkat dengan demikian daya air yang dihasilkan meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan (2-3) dan (2-4) berikut yaitu :

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

$$\text{Daya air } P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_s^3$$

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa Nilai daya air tertinggi dicapai ketika pada debit 0,005556 m³/s yaitu dengan nilai daya air 5,76 Watt dan nilai daya air terendah dicapai ketika pada debit 0,002778 m³/s yaitu dengan nilai daya air 2,1354 Watt.

4.2.4 Hubungan antara debit air yang mengalir terhadap efisiensi pada variasi lebar sudu yang berbeda



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara debit air yang mengalir terhadap efisiensi pada variasi lebar sudu yang berbeda

Hubungan antara debit air terhadap efisiensi terjadi pada gambar 4.4 di atas. Sumbu absis pada gambar di atas menyatakan debit aliran air, sedangkan sumbu ordinat menyatakan efisiensi.

Dari grafik (gambar 4.4) hubungan antara debit terhadap efisiensi , dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya debit maka kenaikan daya poros semakin besar daripada kenaikan daya air. Hal ini dikarenakan efisiensi merupakan perbandingan antara daya poros dengan daya air. Pada daya poros sendiri semakin meningkatnya debit maka massa dan titik tangkap gaya akan semakin besar. Dan pada daya air semakin meningkatnya debit maka massa, kecepatan aliran air dan luasan permukaan air meningkat. sehingga nilai efisiensi yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan (2-9) berikut yaitu :

$$\eta = \frac{T \times \omega}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times V_s^3}$$

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa pada lebar sudu 0,4 meter mempunyai nilai efisiensi yang tinggi jika dibandingkan dengan lebar sudu 0,5 meter. Pada lebar sudu 0,4 meter efisiensi tertinggi dicapai pada debit 0,005556 m³/s dengan efisiensi 71,3908% sedangkan efisiensi terendah terjadi pada debit 0,002778 m³/s yaitu 47,8828%.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa lebar sudu kincir air mempengaruhi kinerja dari kincir air.
- Semakin bertambahnya debit aliran air maka nilai rasio U/Vs kincir air akan semakin kecil baik untuk variasi lebar sudu pendek maupun panjang.
- Semakin tinggi debit aliran air maka akan semakin besar pula daya air. Baik untuk variasi lebar sudu pendek dan panjang.
- Semakin tinggi debit aliran air pada putaran yang konstan dengan lebar sudu pendek mempunyai daya poros yang besar jika dibandingkan dengan lebar sudu panjang.
- Semakin tinggi debit aliran air pada putaran yang konstan dengan lebar sudu pendek mempunyai efisiensi lebih besar dari pada lebar sudu yang panjang.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut tentang kinerja kincir air, maka peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

- Perlu dilakukan penelitian tentang analisis kinerja kincir air tipe sudu datar dengan variasi lebar sudu pada sistem aliran yang berbeda, misalnya pada sistem aliran *undershot*, *breastshot*, dan *Tub*.