

**PENGARUH SUDUT SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN
AIR HELIKAL TIPE POROS VERTIKAL**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

ERWIN SATRIO UTOMO
NIM. 105060201111001-62

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH SUDUT SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN AIR HELIKAL TIPE POROS VERTIKAL

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

ERWIN SATRIO UTOMO

NIM. 105060201111001-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh ;

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan kemuliaan hanya kepada Allah Yang Maha Esa atas segala limpahan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal”**.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis selalu mendapatkan bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pembimbing yang terhormat, yakni Yth. Bapak Rudy Soenoko Prof. Dr. Ir. M. Eng.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Yth. Bapak Slamet Wahyudi, ST., MT., Dr. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah sedia meluangkan waktunya, tenaga dan pikirannya untuk membimbing Penulis dalam penulisan skripsi ini, selain pembimbing Penulis juga ingin mengucapkan banyak rasa terima kasih kepada :

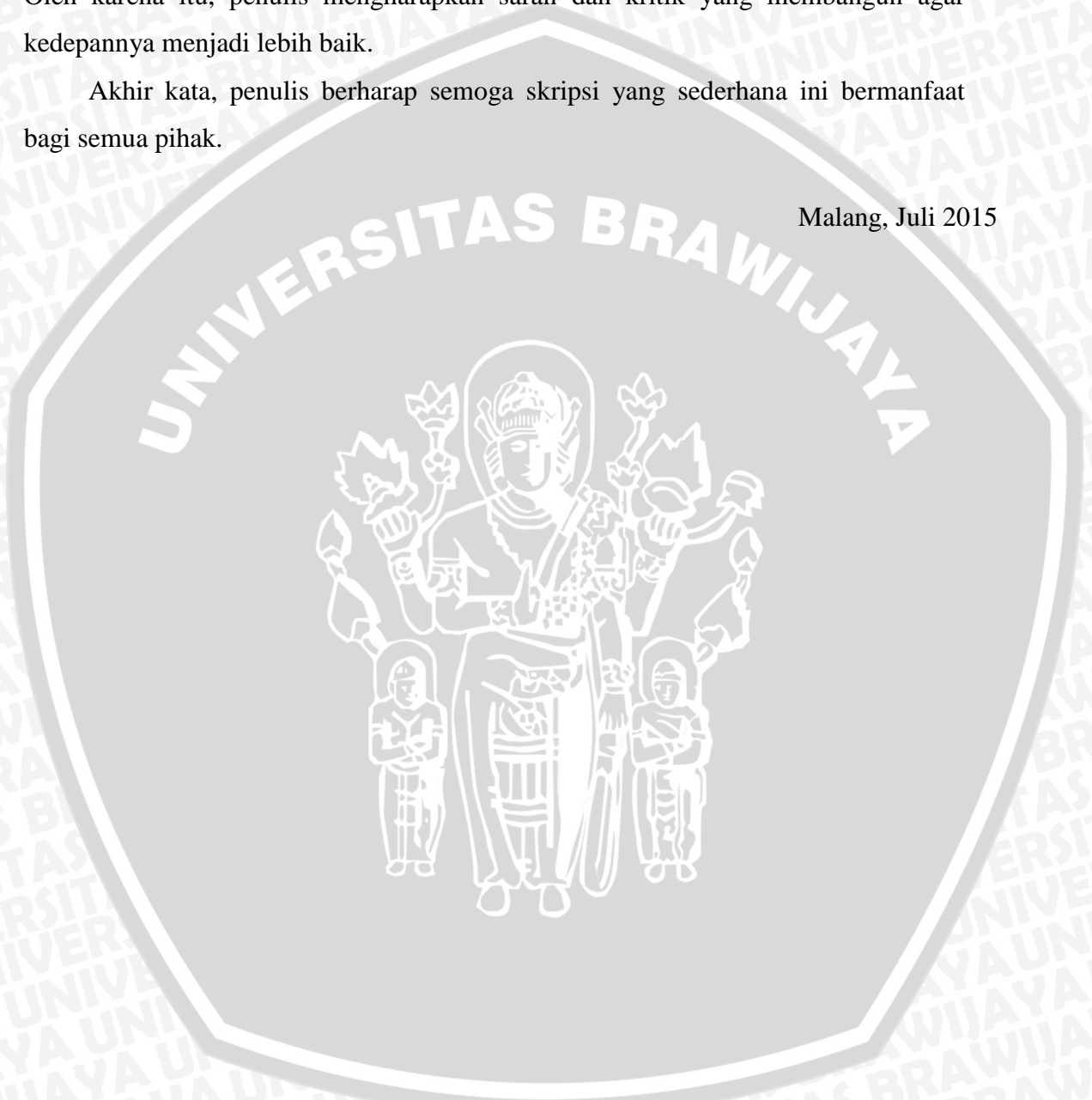
1. Bapak Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., Dr.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang
3. Ibu Widya Wijayanti, ST., MT., Dr. Eng. Selaku Kepala Program Studi S1 sekaligus Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Ayahanda dan Ibunda yang dengan sabar mendukung serta memanjatkan doa hingga menghantarkan penulis dari awal sampai akhir penyusunan skripsi ini.
5. Saudara Kukuh Yuli Purwantoro dan Ega Satriyanto teman satu tim yang senantiasa mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Teman teman M'10 yang senantiasa mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.

7. Saudari Farra Deasmara Virginia yang senantiasa mendukung dan memberi motivasi penulis dalam menyelesaikan proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar kedepannya menjadi lebih baik.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2015



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....i

DAFTAR ISIiii

DAFTAR GAMBAR.....v

DAFTAR TABELvi

RINGKASANvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah3

1.3 Batasan Masalah..... 3

1.4 Tujuan Penelitian3

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya 4

2.2 Potensi Tenaga Air4

2.3 Definisi Fluida.....6

2.4 Turbin Air.....6

2.5 Klasifikasi Turbin Air7

2.5.1 Aksial Turbin.....7

2.5.2 Crossflow Turbin.....8

2.5.2.1 Turbin Savonius8

2.5.2.2 Turbin Darrieus9

2.5.2.3 Turbin Helikal (Gorlov)10

2.6 Prinsip Kerja Turbin Air Helikal.....12

2.7 Parameter Turbin Air Helikal.....12

2.7.1 Hydrofoil13

2.7.2 Helical Pitch Angle14

2.7.3 Diagram Kecepatan14

2.7.4 Rasio U/Vs15

2.7.5 Efisiensi Turbin Air.....16

2.8 Hipotesa.....16



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian.....	17
3.2	Variabel Penelitian.....	17
3.3	Alat-alat Penelitian.....	18
3.4	Metode Pengambilan Data.....	22
3.5	Tempat Penelitian.....	23
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Metode Pengambilan Data.....	25
4.2	Data Hasil Penelitian.....	25
4.3	Pengolahan Data.....	29
4.4	Pembahasan.....	30
4.4.1	Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Daya Poros BHP.....	31
4.4.2	Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi.....	33
4.4.3	Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Rasio U/Vs.....	35

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Turbin Axial.....	8
Gambar 2.2	Turbin Savonius.....	9
Gambar 2.3	Turbin Darrieus.....	10
Gambar 2.4	Turbin Helikal (Gorlov).....	10
Gambar 2.5	Jenis Turbin dan Efisiensi (%).....	11
Gambar 2.6	Parameter Turbin Air Helikal.....	12
Gambar 2.7	Sudu Hydrofoil Simetris dan Tak-Simetris.....	13
Gambar 2.8	Diagram Kecepatan Pada Sudu Hydrofoil Simetris.....	13
Gambar 2.9	Sudut Sudu Turbin Heliks.....	14
Gambar 2.10	Diagram Kecepatan Pada Purbin Sumbu Vertikal.....	15
Gambar 3.1	Pompa Sentrifugal.....	18
Gambar 3.2	<i>Magnetic Flowmeter</i>	19
Gambar 3.3	<i>Digital Tachometer</i>	20
Gambar 3.4	Neraca Pegas.....	21
Gambar 3.5	Turbin Air Helikal.....	21
Gambar 3.6	Instalasi Penelitian.....	22
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Daya Poros BHP.....	31
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi.....	33
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Rasio U/Vs.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengelompokan Turbin (DP 7)7

Tabel 4.1 Hasil pengolahan data Vs, Torsi dan Rasio U/Vs dari Turbin Air 55°26

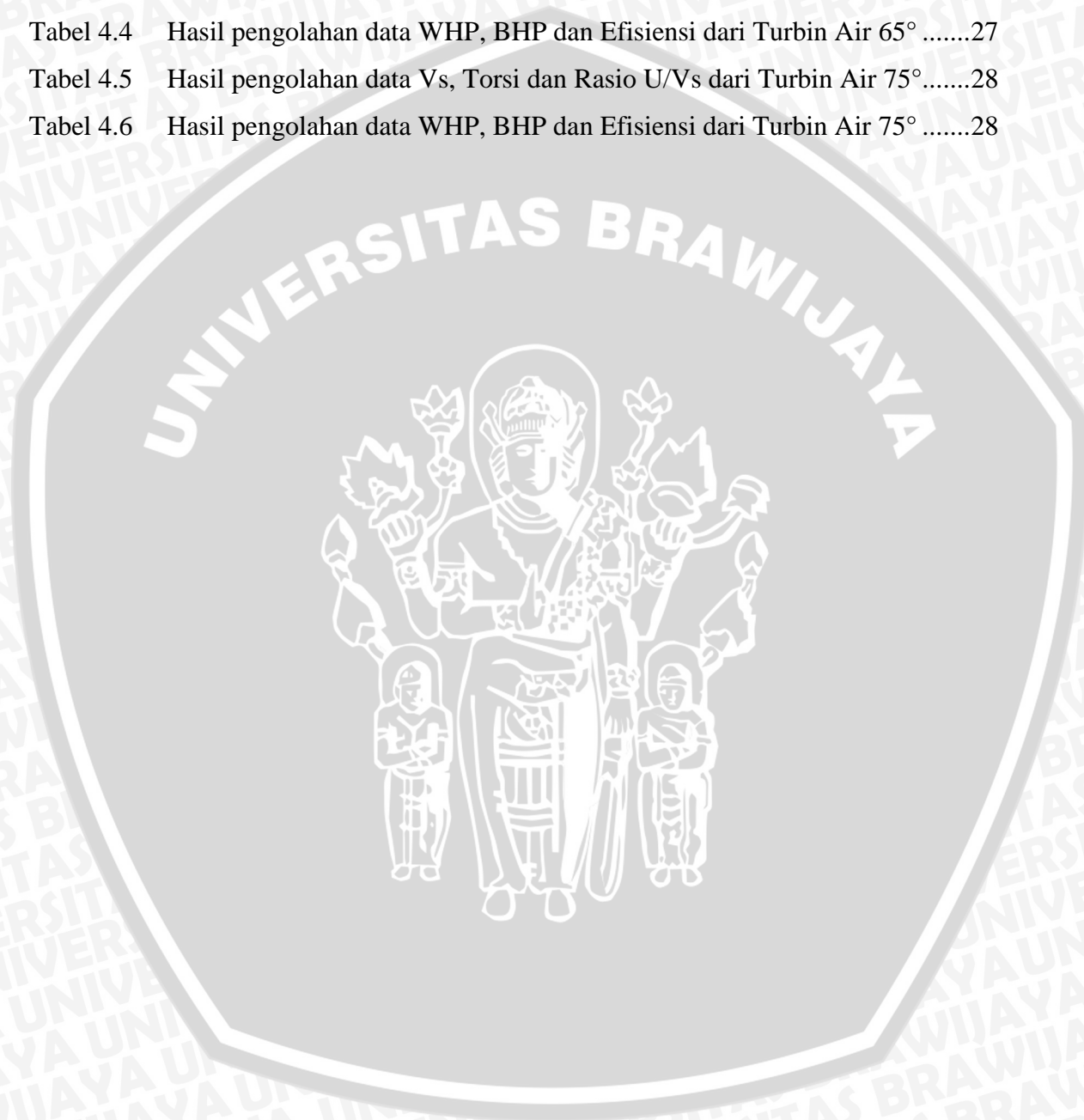
Tabel 4.2 Hasil pengolahan data WHP, BHP dan Efisiensi dari Turbin Air 55°26

Tabel 4.3 Hasil pengolahan data Vs, Torsi dan Rasio U/Vs dari Turbin Air 65°27

Tabel 4.4 Hasil pengolahan data WHP, BHP dan Efisiensi dari Turbin Air 65°27

Tabel 4.5 Hasil pengolahan data Vs, Torsi dan Rasio U/Vs dari Turbin Air 75°28

Tabel 4.6 Hasil pengolahan data WHP, BHP dan Efisiensi dari Turbin Air 75°28



RINGKASAN

ERWIN SATRIO UTOMO, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Malang, Juli 2015, *Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal*, Dosen Pembimbing: Rudy Soenoko dan Slamet Wahyudi.

Peningkatan kebutuhan energi listrik membuat semakin dibutuhkannya tambahan energi baru yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Sehingga perlu adanya pengolahan energi terbarukan seperti tenaga air (river energy, tidal energy, marine energy). Energi potensial air merupakan salah satu sumber energi yang tidak terbatas dan mudah ditemui, pemanfaatannya dapat melalui suatu alat yang dapat mengkonversi energi potensial air menjadi energi listrik yaitu salah satunya dengan turbin air. Salah satu jenis turbin air yang digunakan adalah turbin air helikal (Gorlov turbine). Turbin ini pertama kali ditemukan oleh Profesor Alexander M. Gorlov yang merupakan hasil pengembangan dari turbin Darrieus yang merupakan turbin aliran silang dengan penampang blade airfoil. Maka dari itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang turbin air helikal guna mendapat unjuk kerja yang lebih optimal. Pada penelitian ini digunakan turbine dengan variasi sudut sudu 55° , 65° dan 75° . Kemudian dilakukan penelitian pada saluran air buatan dengan debit air (Q) $(50-90) \text{ m}^3/\text{jam}$. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai Brake Horse Power (BHP) dari sudut sudu 55° adalah 0,216 watt, dari sudut 65° adalah 0,383 watt, dan dari sudut 75° adalah 0,352 watt. Sedangkan dengan nilai efisiensi masing masing turbin pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ sebesar 12,17% untuk sudut sudu 55° , 21,53% untuk sudut sudu 65° , dan 19,81% untuk sudut sudu 75° .

Kata kunci: Turbin Air Helikal, Sudut Sudu, Efisiensi, *Brake Horse Power* (BHP)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas dua per tiga dari total luas wilayahnya. Laut beserta hasil yang terkandung didalamnya termasuk energi akan sangat berguna jika dimanfaatkan seoptimal mungkin, namun sebaliknya laut dapat pula menjadi ancaman kehidupan manusia jika tidak dijaga kelestariannya. Dalam usaha mencari sumber energi alternatif disamping energi dari bahan fosil, energi laut adalah sumber energi yang potensial untuk dimanfaatkan khususnya oleh masyarakat yang mendiami kawasan pantai dan pesisir yang hingga kini masih sulit dalam pengadaan energi listrik. Selain sifatnya yang terbarukan, energi laut juga memiliki jumlah yang tak terbatas.

Pada hakikatnya energi laut atau energi gelombang laut timbul karena adanya perbedaan tekanan antara laut setempat dan ditempat lain, kondisi ini pula menyebabkan pergerakan partikel arus dan terjadinya pasang surut. Salah satu upaya untuk pemanfaatan energi adalah dengan menggunakan turbin air. Saat ini dikenal 2 jenis turbin air yaitu: 1) *Propeller Turbine*; 2) *Cross Flow Turbine*. *Propeller Turbine* dengan putaran non-reversible sangat sulit beroperasi secara langsung terhadap perubahan arus aliran pasang surut namun sebaliknya pada tipe *Cross Flow Turbine* dengan putaran reversible dapat menyesuaikan arah aliran, disamping itu turbin tipe *Cross Flow Turbine* memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding *Propeller Turbine*. [Gorban, 2001]

Listrik adalah salah satu jenis energi yang pemanfaatannya paling banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Sebagai penerangan, menjalankan alat-alat elektronik dan berbagai keperluan lainnya. Selain karena kemudahannya untuk pemakai juga dalam pengkonversian menjadi bentuk energi lainnya. Hal ini membuat energi listrik menjadi energi yang vital dalam kehidupan manusia. Sehingga membuat banyak negara di dunia termasuk Indonesia mencari cara dalam pemanfaatan energi untuk menambah pasokan listriknya guna memenuhi kebutuhan akan energi listrik. Selain menggunakan energi pembangkit fosil, penggunaan energi terbarukan dengan memanfaatkan air juga banyak dikembangkan untuk dapat memenuhi kebutuhan pasokan listrik.

Mengingat bahwa sumber energi fosil tersebut merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, maka dewasa ini banyak negara maju berusaha mengembangkan energi alternatif guna memenuhi kebutuhan listrik mereka. Salah satunya adalah dengan pemanfaatan sumber energi non konvensional atau tanpa melibatkan bahan bakar fosil. Dikarenakan dapat digunakan secara efisien, ramah lingkungan dan murah.

Indonesia merupakan negara Maritim sehingga pemanfaatan energi air dengan tepat dapat mengatasi krisis energi yang menjadi masalah global. Indonesia memiliki potensi energi tenaga air yang besar yakni 75,67 GW untuk skala besar dan 712 MW untuk pembangkit skala sedang dan kecil. Dari besarnya jumlah potensi ini baru sedikit yang dimanfaatkan yakni 4200 MW untuk skala besar dan 206 MW untuk skala kecil (Mulyantono Agus, 2005). Dari hal tersebut diketahui bahwa masih banyak aliran sungai di beberapa wilayah Indonesia belum termanfaatkan dengan baik.

Dari masalah tersebut dapat di atasi dengan pembuatan instalasi pembangkit listrik dengan skala mikrohidro dengan menggunakan turbin air. Turbin air sering sekali digunakan dalam pemanfaatan energi air juga dalam pembangkit listrik tenaga air. Dalam kerjanya turbin merupakan mesin konversi energi yang bersih, dikarenakan tidak menyebabkan kerusakan pada ekosistem air. Penggunaan turbin air tidak hanya dalam skala besar namun juga bisa diterapkan dalam skala kecil, contohnya mikrohidro.

Salah satu jenis turbin yang dapat meminimalisir kerusakan ekosistem adalah turbin air helikal. Desain dari bentuk turbin itu sendiri memiliki banyak celah sehingga tidak beresiko besar untuk membunuh ikan sebagai biota air. Turbin air helikal sudah mulai banyak digunakan sebagai pemanfaatan energi air. Dikarenakan turbin ini desain yang sederhana, tidak membutuhkan banyak ruang dan dapat dibuat dalam skala mikro.

Gorlov (1995), mendapatkan hak paten atas penemuannya tentang sudu helikal pada turbin. Sudu ini bisa dipakai dalam turbin air maupun turbin air. Prinsip kerjanya adalah merubah energi dari aliran air yang menumbuk sudu turbin menjadi energi kinetik dan kemudian dirubah menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros turbin.

Penelitian pada turbin air helikal sendiri mulai banyak dilakukan untuk mengetahui kinerja paling baik yang bisa didapatkan dari turbin air helikal. Untuk dapat memaksimalkan kinerja dari turbin air helikal ini, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi sudut sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal. Untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat pemasangan strip tersebut.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil sebuah rumusan masalah, yaitu bagaimana pengaruh variasi sudut sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal.

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kondisi aliran air dianggap *steady state* atau *steady flow*.
2. Unjuk kerja turbin air helikal meliputi daya poros, daya air, rasio U/Vs dan efisiensi.
3. Jenis saluran yang digunakan adalah jenis saluran terbuka.
4. Fluida yang digunakan adalah air.
5. Sudut sudu yang digunakan adalah dengan variasi 55° , 65° dan 75° .
6. Putaran yang digunakan adalah sebesar 100 rpm.

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut pada sudu terhadap unjuk kerja turbin helikal tipe poros vertikal.

1.5 Manfaat penelitian

Dari hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil analisa unjuk kerja turbin air helikal dengan variasi sudut sudu.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi kalangan umum bahwa unjuk kerja dari turbin air helikal sendiri masih dapat ditingkatkan efisiensinya.
3. Sumbangan pemikiran bagi dunia pendidikan khususnya pada bidang teknik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Andi, Abdul & Wayan (2009) telah melakukan penelitian tentang pengaruh pemasangan kemiringan strip pada blade turbin helikal terhadap putaran dan efisiensi kerja turbin di Laboratorium Hidrodinamika Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan 3 variasi kemiringan strip masing-masing 45°, 90°, dan 135°. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pemasangan strip dengan kemiringan 90° memiliki efisiensi kerja yang lebih baik ($\eta = 35\%$) dibanding dengan 2 variasi kemiringan lainnya 45° dan 135°.

2.2 Potensi Tenaga Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungannya dengan *reservoir* air maka head adalah beda ketinggian antara permukaan air pada *reservoir* (bendungan) dengan permukaan air keluar dari kincir air/turbin air.

Sebagai negara Maritim, Indonesia mempunyai banyak sekali potensi air yang bisa dimanfaatkan sehingga dapat mengurangi ketergantungannya terhadap bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil memiliki dampak yang buruk bagi lingkungan. Pemanfaatan air sebagai sumber energi terbarukan dan sebagai sumber energi yang bersih mempunyai dampak baik bagi lingkungan dan sumber daya alam.

Suatu aliran air tersimpan energi yang dapat digunakan dan dimanfaatkan dengan cara merubahnya ataupun menggunakannya secara langsung. Salah satunya adalah dengan pemanfaatannya dalam bidang energi sebagai pembangkit energi listrik. Energi potensial adalah energi yang dimiliki air karena adanya beda ketinggian atau elevasi, dan energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh air karena adanya kecepatan. Energi listrik dapat dibangkitkan atau dihasilkan dari merubah energi yang dimiliki air (energi

potensial dan energi kinetik) untuk memutar turbin air dan menghasilkan energi mekanik pada poros. Energi mekanik tersebut disambungkan pada generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Dari sebuah sumber air dapat didefinisikan besarnya energi yang tersimpan bergantung pada head dan debit air. Yang mana head merupakan beda ketinggian antara permukaan air pada *reservoir* (bendungan) dengan muka air keluar dari turbin air. Sedangkan debit adalah banyaknya jumlah air dalam volume per satuan waktu. Total energi yang dimiliki oleh air karena adanya beda ketinggian. Yang dinyatakan dalam rumus dasar energi potensial sebagai berikut:

$$E = m \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

- E : Energi potensial (N.m)
 M : Massa air (kg)
 h : Head (m)
 g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

Definisi dari daya merupakan energi tiap satuan waktu (E/t), sehingga dari persamaan diatas dapat dirubah menjadi :

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

- t : Waktu (s)

Dengan mensubtitusikan P terhadap E/t dan ρQ terhadap m/t maka :

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

- P : Daya potensial air (watt)
 Q : Debit aliran air (m^3/s)
 ρ : Densitas air (kg/m^3)

Selain energi potensial pada air yang disebabkan karena adanya beda ketinggian, juga terdapat energi kinetik yang disebabkan karena adanya kecepatan pada aliran air, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Keterangan :

v : kecepatan aliran air (m/s^2)

Hubungan energi kinetik dengan daya yang dihasilkan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2}\rho Qv^2$$

Hal ini sesuai dengan persamaan hukum kontinuitas $Q = Av$; maka :

$$P = \frac{1}{2}\rho(Av)v^2$$

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

Keterangan :

A : luas penampang aliran air

2.3 Definisi Fluida

Fluida adalah zat yang akan mengalami deformasi secara kontinu akibat gaya geser. Pada benda padat, gaya geser akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk atau deformasi, yang tidak berubah besarnya selama gaya yang bekerja ini besarnya tetap. Akan Tetapi baik fluida viskos maupun encer akan mengalami pergerakan antara satu bagian terhadap bagian lainnya bila ada gaya geser yang bekerja padanya. Jadi dapat dikatakan bahwa suatu fluida tidak dapat menahan gaya geser.

2.4 Turbin Air

Turbin air adalah Turbin mengkonversi tenaga kinetik air menjadi tenaga mekanik. pada putaran poros turbin. Energi yang tersimpan dari aliran air tersebut menumbuk dan ditangkap oleh sudu turbin yang kemudian terhubung ke poros turbin dan bergerak

berputar karena adanya kecepatan dari fluida. Putaran yang dihasilkan poros turbin tersebut dapat dimanfaatkan dengan cara menghubungkannya dengan generator listrik sehingga menghasilkan energi listrik. Turbin mengkonversi tenaga kinetik air menjadi tenaga mekanik. (Niblick, 2012)

2.5 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Fungsi turbin air adalah mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis dengan menggunakan air sebagai fluida kerja. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik.

2.5.1 Aksial Turbin

Klasifikasi lain dari jenis turbin adalah dengan orientasi aliran relatif terhadap sumbu rotasi. Turbin aliran aksial, seperti turbin kincir angin klasik memiliki sumbu dan hub dari turbin dalam arah yang sama dengan aliran *freestream*. Ini adalah jenis yang paling umum dari perangkat yang digunakan untuk aplikasi angin komersial skala besar dan aplikasi laut komersial, karena memiliki efisiensi yang tinggi. Maksimum efisiensi air menuju penghantar untuk beberapa perangkat laut adalah sekitar 50% (Polagye et al., 2011).

Aliran aksial konvensional desain turbin kincir angin tidak ideal untuk aplikasi *micropower*. Salah satu alasannya adalah bahwa sumbu turbin perlu selaras dengan saat ini untuk mencapai efisiensi yang wajar. Arus pasang surut mengubah arah dengan pasang surut dan arus pasang secara diurnal atau semidiurnal dan beberapa lokasi memiliki asimetri arus yang signifikan. Juga, saat ini belum ada metode yang efektif menyelaraskan *Spider Sea* selama penyebaran. Dengan demikian, kontrol yaw menjadi penting untuk ekstraksi listrik dengan turbin aliran aksial. Mekanisme kontrol yaw, baik baling-baling angin atau controller bermotor, meningkatkan kompleksitas desain; kontrol bermotor juga akan menunjukkan kerugian daya. Selain itu, saldo keseluruhan modul dan keandalan mekanisme rotasi yang akan perlu dipertimbangkan untuk mencegah tipping atau stres kelelahan berlebihan pada struktur (Polagye et al., 2011).



Gambar 2.1 Turbin Axial

Sumber : (Polagye, 2011)

2.5.2 Crossflow Turbin

Sebuah turbin aliran silang memiliki sumbu rotasi tegak lurus terhadap kecepatan aliran bebas, seperti dalam turbin Darrieus atau Savonius turbin. Turbin aliran silang cenderung menunjukkan efisiensi sedikit lebih rendah dari turbin aliran aksial, tetapi menguntungkan untuk aplikasi micropower karena beberapa alasan. Pertama, mereka dapat menerima dan beroperasi dengan efisiensi yang sama dengan aliran bebas dari setiap arah horisontal tanpa kontrol yaw. Kedua, mereka memiliki desain simetris yang membuat mereka instalasi yang lebih seimbang. Beberapa desain turbin cross-flow dijelaskan secara lebih rinci dalam bagian berikut. (Niblick, 2012)

2.5.2.1 Turbin Savonius

Turbin Savonius diciptakan oleh Insinyur SJ Savonius dari Finlandia. Turbin Savonius adalah perangkat yang memanfaatkan gaya drag. Turbin ini menghasilkan torsi tinggi pada kecepatan rendah, sehingga diinginkan untuk aplikasi seperti memompa air dan aplikasi angin kecepatan rendah (Morshed, 2010). Desain Savonius turbin konvensional yang sederhana dan murah untuk membangun - dua setengah silinder diatur dengan sisi cekung mereka saling berhadapan dan kemudian diimbangi dengan tumpang tindih kecil. Kelemahan dari turbin Savonius adalah bahwa ia memiliki efisiensi yang rendah dan hanya bisa beroperasi pada rasio kecepatan rendah yang membuat sulit untuk mengintegrasikan dengan generator.



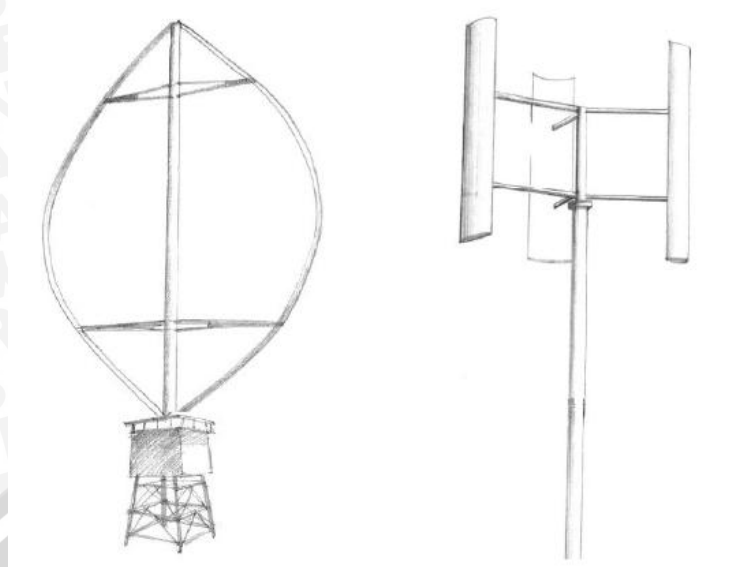
Gambar 2.2 Turbin Savonius

Sumber : (Polagye, 2011)

2.2.2 Turbin Darrieus

Jenis umum dari turbin cross-flow yang menghasilkan torsi menggunakan gaya lift adalah turbin Darrieus. Darrieus turbin dikembangkan pada tahun 1920 dan dipatenkan pada tahun 1931 oleh GJ Darrieus (Dai et al., 2011). Dua jenis umum turbin Darrieus termasuk bentuk *blade* troposkein dan lurus berbilah Darrieus (juga disebut Darrieus) turbin, yang keduanya dipatenkan oleh Darrieus (Islam, 2006)

Darrieus turbin ditandai dengan pisau berbentuk airfoil yang berputar di sekitar poros tengah, dengan sumbu rotasi tegak lurus terhadap arah aliran sungai. Dengan demikian, sudut serang pada turbin bagian pisau airfoil aliran silang terus berubah, bahkan untuk seragam, konstan, aliran sungai (dibandingkan dengan turbin aliran aksial yang akan memiliki sudut serang konstan dalam aliran bebas konstan mengalir). Sudut serang pada airfoil mencapai tingkat yang lebih tinggi dari turbin aksial, terutama untuk rasio kecepatan yang lebih rendah.

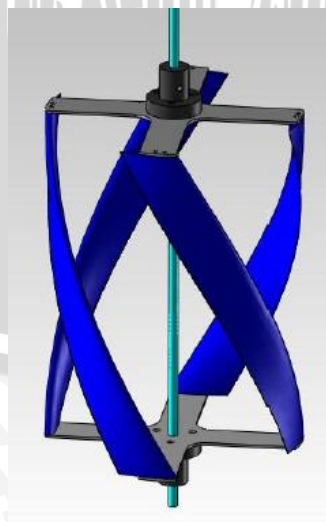


Gambar 2.3 Turbin Darrieus

Sumber : (Polagye, 2011)

2.5.2.3 Turbin Helikal (Gorlov)

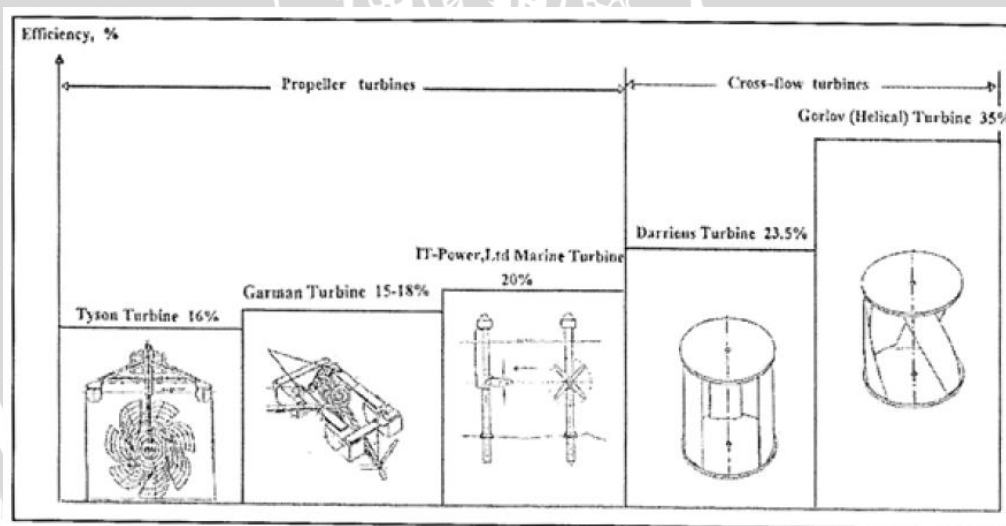
Turbin Helikal Gorlov adalah jenis turbin yang baru dikembangkan pada tahun 1995, mengubah energi kinetik yang dihasilkan oleh arus aliran menjadi energi mekanis/gerak putar, di temukan oleh Profesor Alexander M. Gorlov dari Northeastern University dan salah satunya telah di gunakan sebagai pembangkit listrik memanfaatkan air pasang surut di pedesaan Amazon-Brasil, jenis turbin ini diperuntukan untuk energi arus sungai (*river energy*), energi arus laut (*marine energy*) dan energi arus pasang-surut (*tidal energy*).



Gambar 2.4 Turbin Helikal (Gorlov)

Sumber: (Gorlov, 2001)

Dalam upaya pemanfaatan energi arus pasang-surut (*tidal energy*) telah dikembangkan berbagai jenis turbin dan efisiensi kerja yang dihasilkan (gambar 2.7). Dikenal 2 macam jenis turbin yaitu : 1) *propeller turbine* dan 2) *cross flow turbine*. *Propeller turbine* dengan sifat yang *non-reversible* sangat sulit untuk berputar terhadap perubahan arah aliran (pasang-surut) namun sebaliknya pada jenis *cross flow turbine* dapat menyesuaikan kondisi tersebut dengan cepat, disamping itu turbin tipe aliran silang (*cross flow turbine*) memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding *propeller turbine*. [Gorban, 2001]. Turbin jenis aliran silang terdapat dua tipe yaitu a) *Darrieus turbine* dan; b) *Gorlov (helical) turbine*. Tipe *Darrieus turbine* memiliki sejumlah kelemahan dibanding *Gorlov (helical) turbine*, turbin tipe *Darrieus* pada saat operasi memiliki denyutan yang kuat dan dalam banyak kasus turbin tidak dapat memulai putarannya sendiri. Kemudian dikembangkan turbin helikal yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan karakteristik kerja yang lebih baik. Turbin helikal memiliki efisiensi 11.5 % lebih besar dari efisiensi yang dihasilkan turbin *Darrieus*.



Gambar 2.5 Jenis Turbin dan Efisiensi (%)

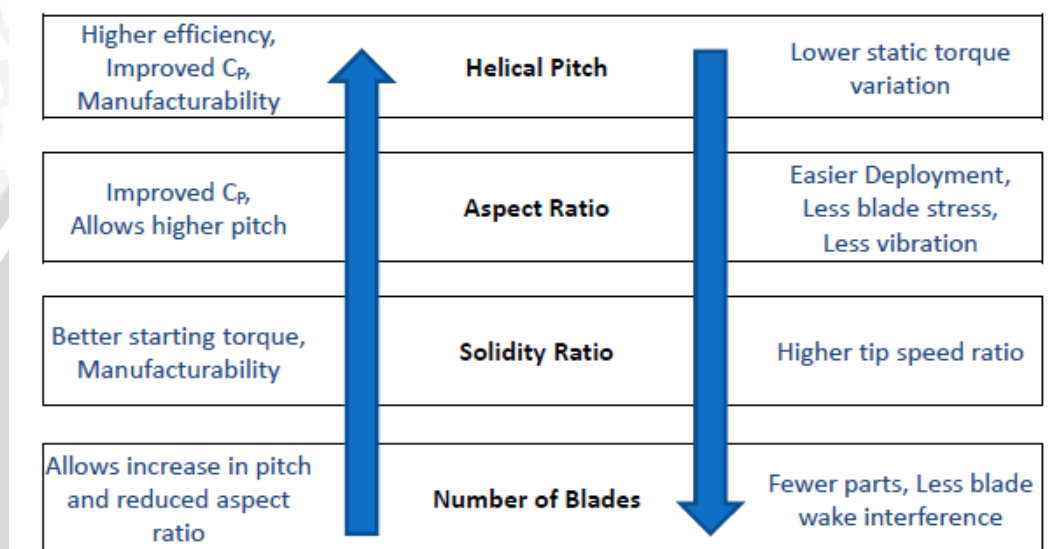
Sumber : (Gorlov, 2001)

Turbin air helikal mempunyai kelebihan dalam kemudahan untuk memulai putaran awal dengan sendirinya yang disebabkan karena adanya hydrofoil pada tiap derajat putar turbin. Dan juga dapat menerima aliran horizontal dari segala arah dikarenakan bentuk dari konstruksi turbin itu sendiri, sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga pasang-surut yang mempunyai arah aliran bolak-balik.

2.6 Prinsip Kerja Turbin Air Helikal

Turbin air helikal menggunakan sudu berbentuk hydrofoil dengan arah melintang dengan besar sudut tertentu. Sudu tersebut berguna untuk merubah energi dari aliran air yang bergerak menumbuk sudu turbin yang kemudian dirubah menjadi energi gerak pada putaran poros turbin. Aliran air yang menumbuk sudu dapat digambarkan dalam diagram kecepatan yang akan dijelaskan pada sub-bab berikutnya.

2.7 Parameter Turbin Air Helikal



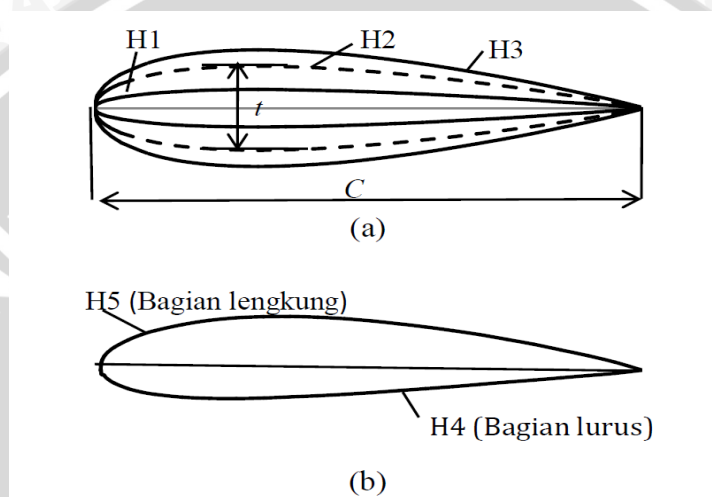
Gambar 2.6 Parameter Turbin Air Helikal

Sumber : (Niblick, 2012)

Untuk turbin heliks jumlah pisau, aspek rasio, sudut sudu, dan rasio soliditas saling bergantung dengan beberapa derajat kebebasan. Mendefinisikan turbin tiga sudu dengan $43,7^\circ$ sudut helix, misalnya, membatasi rasio aspek untuk 1,0 kecuali *blade ratio* berubah dari 100% ke nilai lain. Hati-hati memilih nilai parameter harus dipertimbangkan untuk menentukan konfigurasi operasi terbaik untuk karakteristik kinerja yang diinginkan. Gambar 2.6 memberikan ringkasan dari desain trade-off untuk setiap parameter, dengan efek meningkatkan kuantitas di sebelah kiri dan penurunan kuantitas di sebelah kanan.

2.7.1 Hydrofoil

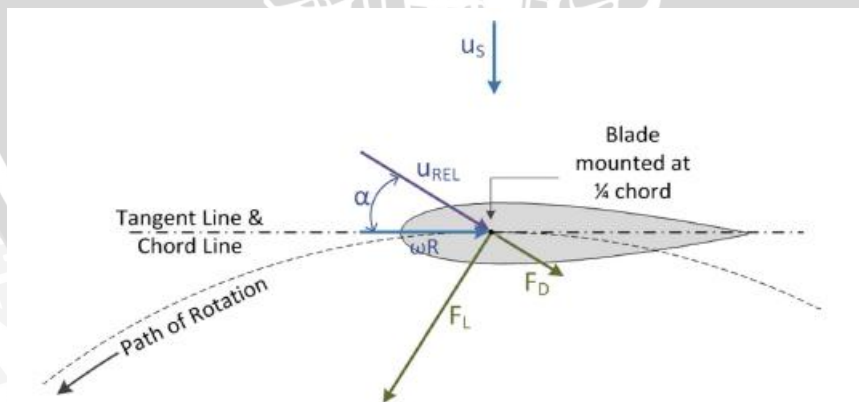
Hydrofoil adalah sebuah bentuk yang menyerupai sayap burung (pipih), dengan bagian depan tumpul. *Hydrofoil* ini biasanya di gunakan sebagai peningkat kecepatan pada kapal laut yang diletakkan di bawah lambung kapal, karena *hydrofoil* dapat menghasilkan gaya angkat sehingga lambung kapal terangkat dan keluar dari air. Hal inilah yang menyebabkan pengurangan gesekan sehingga dapat meningkatkan kecepatan. Ada dua penamaan pada foil ini yaitu pada pendesainan untuk udara disebut airfoil sedangkan untuk air disebut *hydrofoil*.



Gambar 2.7 Sudu *Hydrofoil* Simetris dan Tak-Simetris

Sumber : (Kaprawi, 2011)

Diagram kecepatan pada hydrofoil ditunjukkan pada gambar berikut.

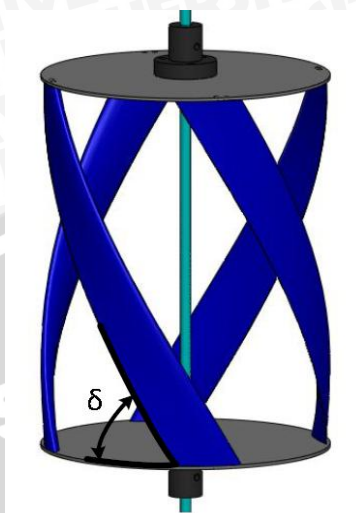


Gambar 2.8 Diagram Kecepatan Pada Sudu *Hydrofoil* Simetris

Sumber : (Niblick, 2012)

2.7.2 Helical pitch Angle

Sudut sudu heliks (untuk turbin sumbu vertikal mengacu pada bagian dasar turbin dengan sudu). Lihat Gambar 2.9 untuk penggambaran sudut sudu heliks.



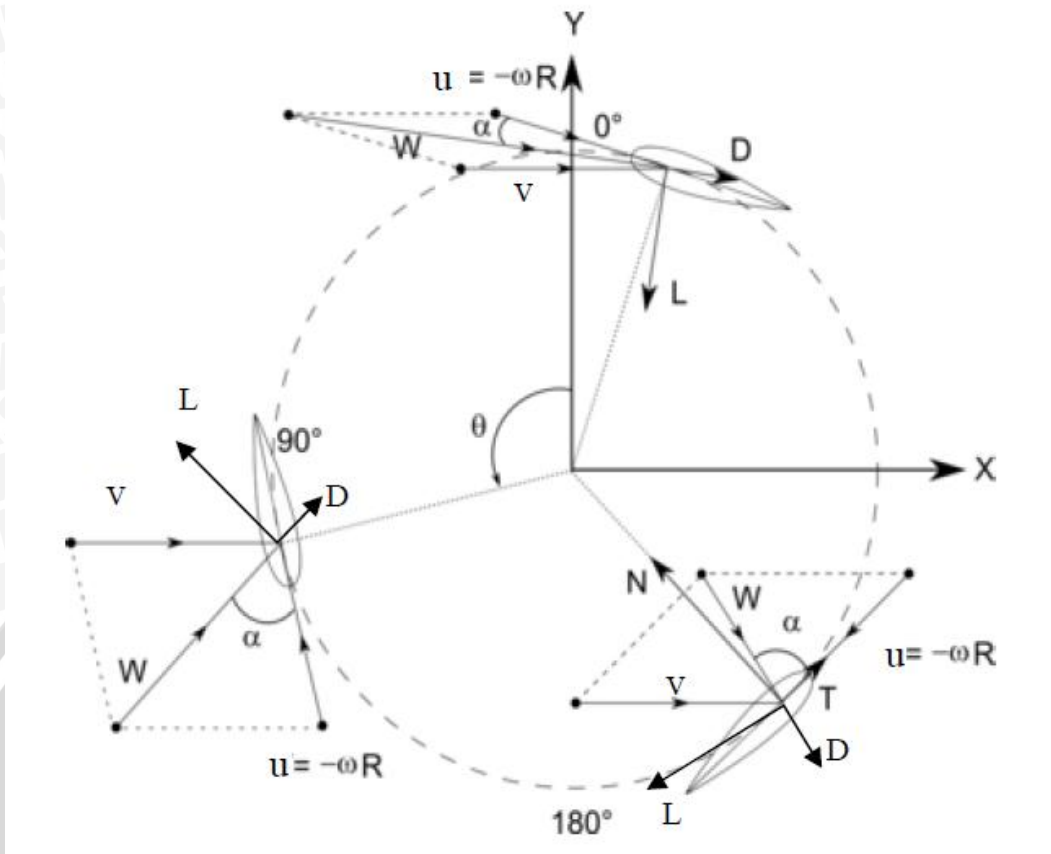
Gambar 2.9 Sudut Sudu Turbin Heliks

Sumber : (Niblick, 2012)

Untuk analisis ini, sudut sudu divariasikan. Shiono dkk. (2002) menyimpulkan bahwa percobaan sebagai sudut sudu heliks meningkat, kinerja turbin pun meningkat, melalui sudut lapangan 90 derajat (yang setara dengan turbin Darrieus bersudu lurus).

2.7.3 Diagram Kecepatan

Diagram kecepatan yang di gunakan pada turbin air sumbu vertikal merupakan pendekatan dari turbin udara sumbu vertikal seperti yang terlihat pada gambar 2.10. Dimana resultan vektor kecepatan (W) merupakan jumlah dari vektor kecepatan (v) fluida dan vektor kecepatan sudu (u) [Ardianto ; 2008].



Gambar 2.10 Diagram kecepatan pada turbin sumbu vertikal

Sumber : (Irsyad, 2010)

Dari gambar diagram kecepatan tersebut dihasilkan kecepatan yang bervariasi yaitu kecepatan maksimum pada $\theta = 0^\circ$ sedangkan kecepatan minimum pada $\theta = 180^\circ$, dimana θ adalah posisi orbital sudu.

Angle of attack (sudut serang sudu) adalah sudut antara resultan vektor kecepatan (W), dan vektor kecepatan sudu.

2.7.4 Rasio U/Vs

Rasio U/Vs merupakan perbandingan antara kecepatan keliling atau kecepatan tangensial dari turbin air (U) terhadap kecepatan teoritis air (Vs).

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

Keterangan :

U : kecepatan keliling turbin air (m/s)

- V_s : Kecepatan aliran air (m/s)
 R : Radian turbin (m)
 ω : Kecepatan sudut $\frac{2\pi n}{60}$ (rad/s)

2.7.5 Efisiensi Turbin Air

Efisiensi turbin air merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros turbin air (BHP) dengan daya yang diberikan oleh fluida air (WHP). Efisiensi kincir air menunjukkan kemampuan dari turbin air dalam mengubah energi yang dimiliki air dalam bentuk *velocity head* menjadi energi mekanik pada putaran poros turbin. Efisiensi turbin air dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{Brake Horse Power (BHP)}}{\text{Water Horse Power (WHP)}} (\%)$$

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

Keterangan :

- T : Torsi (Nm)
 ω : Kecepatan sudut $\frac{2\pi n}{60}$ (rad/s)
 ρ : Densitas air (kg/m³)
 A : Luas penampang aliran air
 V_s : Kecepatan aliran air (m/s)

2.8 Hipotesa

Untuk debit air yang sama, semakin besar sudut sudu pada turbin air helikal maka semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan, meningkatkan koefisien performanya dan memperkuat struktur dari turbin itu sendiri. Namun menurunkan torsi statisnya.

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 dan diambil data-data yang diperlukan kemudian mengolahnya menjadi suatu obyek untuk dibandingkan.

3.2 Variabel Penelitian

Terdapat 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 besar sudut sudu helikal yaitu 55° , 65° , dan 75°
- Debit air 50 - 90 (m^3/jam) dengan gap 5 (m^3/jam) per debitnya.

2. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan, dan nilainya ditentukan sebelum penelitian. Variabel terkontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah putaran turbin air helikal sebesar 100 rpm.

3. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas, dan besarnya akan diketahui setelah dilakukannya penelitian. Variabel terikat dari penelitian ini antara lain :

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

3.3 Alat-alat Penelitian

1. Pompa

Pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa sentrifugal. Dalam penelitian ini pompa berfungsi untuk memindahkan fluida dari bak penampung menuju saluran air sehingga terbentuk aliran air yang akan digunakan untuk melakukan pengujian turbin air.

Berikut ini gambar dan spesifikasi pompa yang digunakan.

Spesifikasi :

Merk : Ebara

Hmax : 10 m

Q max : 1,5 m³/min

Power : 5 hp

Kecepatan : 1500 rpm



Gambar 3.1 Pompa Sentrifugal

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2. *Magnetic Flowmeter*

Magnetic Flowmeter merupakan alat untuk mengukur besar debit air pada instalasi seperti ditunjukkan pada gambar 3.2. Berikut disertakan spesifikasi dari *magnetic flowmeter* yang akan digunakan.



Gambar 3.2 *Magnetic Flowmeter*

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Spesifikasi :

Merk : Yokogawa

Model : AX 100 G

3. Digital Tachometer

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya putaran yang dihasilkan dari poros turbin air yang ditampilkan pada layar indikator digital dengan menggunakan satuan rpm (*revolution per minutes*).



Gambar 3.3 *Digital Tachometer*

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

4. Neraca Pegas

Alat ini digunakan untuk mengukur gaya yang dihasilkan akibat putaran poros turbin air. Alat ini dihubungkan pada poros turbin air pada sebuah lengan dengan panjang tertentu. Dari besarnya gaya yang terukur pada neraca pegas, dapat diketahui nilai torsi dari poros turbin air, sehingga dapat diketahui pula nilai daya porosnya.



Gambar 3.4 Neraca Pegas

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

5. Turbin Air Helikal

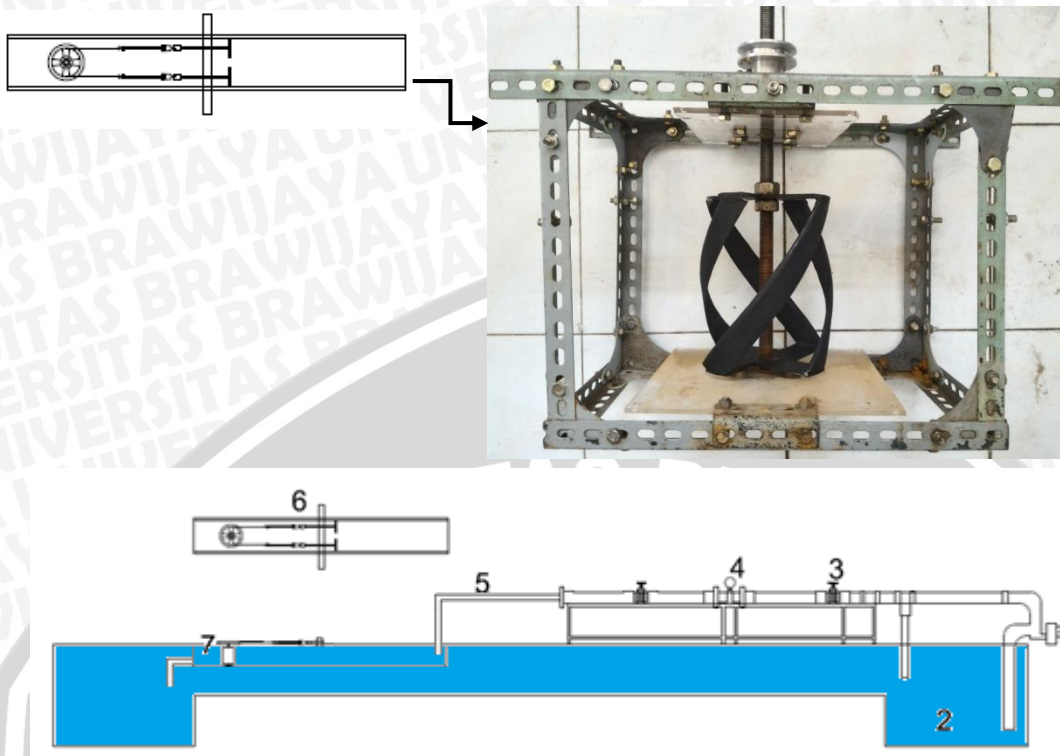
Turbin air yang digunakan adalah jenis turbin air helikal yang terbuat dari fiber dengan jumlah sudu 4, tinggi 20 cm, diameter 16 cm, dengan sistem aliran terbuka. Besar sudut sudu yang digunakan adalah 55° , 65° , dan 75° dengan ketebalan 5 mm. Diameter poros turbin 1,9 cm.



Gambar 3.5 Turbin Air Helikal

Sumber : Dokumentasi Pribadi

6. Instalasi Penelitian



Gambar 3.6 Instalasi Penelitian

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Keterangan :

- 1 : Pompa
- 2 : Reservoir
- 3 : Gate Valve
- 4 : Magnetic Flowmeter
- 5 : Saluran Air
- 6 : Neraca Pegas
- 7 : Turbin Air Helikal

3.4 Metode Pengambilan Data

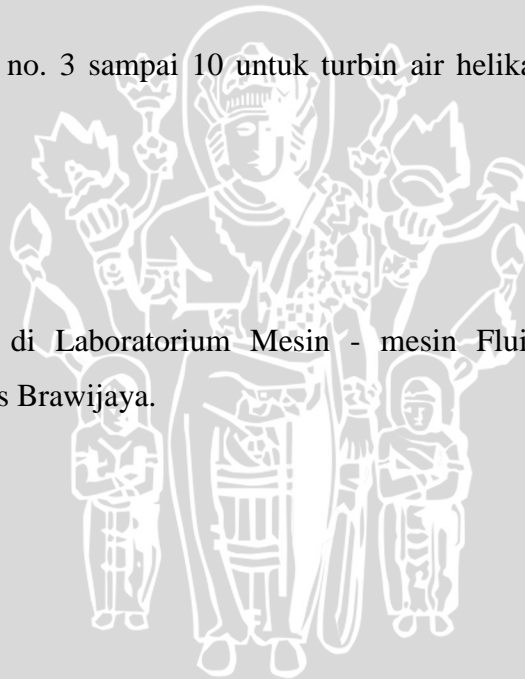
Berikut adalah metode pengambilan data yang akan dilakukan :

1. Mempersiapkan alat, bahan, serta instalasi penelitian dan alat bantu yang diperlukan dalam penelitian.
2. Melakukan dry run untuk memastikan instalasi dalam kondisi baik dan siap digunakan.
3. Memasang turbin air helikal dengan sudut sudu 55° pada instalasi [7].

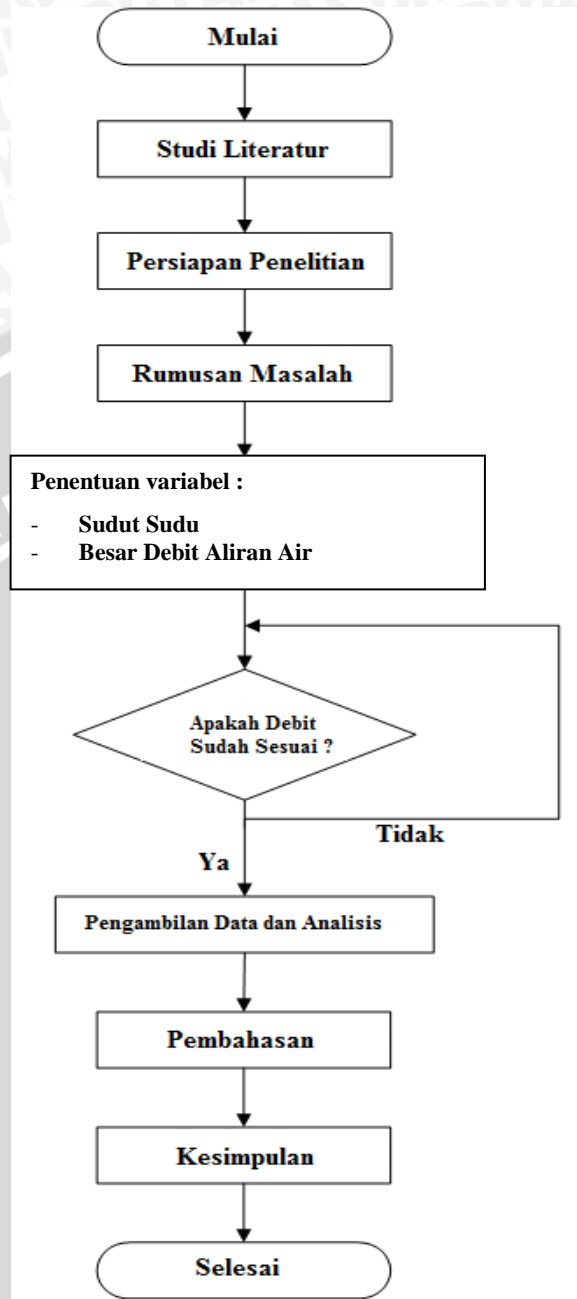
4. Menyalakan pompa [1], kemudian membuka katup saluran pengalir [3] secara perlahan sampai debit air konstan sebesar $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ yang dilihat melalui magnetic flowmeter [4].
5. Menunggu sampai poros turbin air mencapai putaran maksimum tanpa adanya pembebanan pada turbin air.
6. Mengatur putaran turbin air dengan memberikan pembebanan pada poros dengan neraca pegas [6] hingga mencapai putaran 100 rpm pada [].
7. Mengambil data gaya pembebanan pada debit $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ magnetic flowmeter [4] dengan putaran poros turbin air sebesar 100 rpm yang di pantau melalui tachometer digital.
8. Mengulangi langkah no. 4, 5, 6, 7, dan 8 untuk debit air 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, dan 90 (m^3/jam).
9. Matikan pompa [1].
10. Mengulangi langkah no. 3 sampai 10 untuk turbin air helikal dengan sudut sudu 65° , dan 75° .
11. Percobaan selesai

3.5 Tempat Penelitian

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



3.6 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Pengambilan Data

Data penelitian diperoleh melalui penelitian yang dilakukan di Laboratorium Mesin Mesin Fluida Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Penelitian dilakukan sesuai metode pengambilan data dengan menyusun rangkaian instalasi turbin air helikal tipe poros vertikal dengan sudut sudu 55° , 65° , dan 75° pada kerangka rangkaian turbin air helikal yang sudah di susun sebelumnya. Lalu rangkaian kerangka dan turbin air yang sudah menyatu di letakan pada *tunnel* atau saluran air. Langkah selanjutnya dengan mengaitkan tali pada *pulley* di poros turbin air helikal dengan neraca pegas untuk mengetahui berapa besar daya yang dikeluarkan oleh turbin air helikal tipe poros vertikal.

4.2 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian yang telah dilakukan sebanyak tiga kali akan di rata rata dan kemudian akan dimasukkan ke dalam tabel data hasil penelitian yang telah disediakan. Berikut adalah data hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel :

Tabel 4.1 Hasil pengolahan data Vs, Torsi dan Rasio U/Vs dari Turbin Air 55°

No	Debit (m ³ /jam)	Vs (m/s)			Torsi (Nm)			Rasio U/Vs		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	0,862	0,870	0,878	0,029	0,058	0,032	1,036	1,007	0,997
2	55	0,872	0,896	0,904	0,042	0,042	0,040	1,063	1,044	1,016
3	60	0,935	0,927	0,935	0,058	0,056	0,053	1,037	1,055	1,046
4	65	0,971	0,955	0,963	0,072	0,069	0,098	1,069	1,087	1,078
5	70	0,988	0,958	0,996	0,109	0,119	0,111	1,085	1,146	1,127
6	75	0,988	0,974	0,981	0,122	0,127	0,122	1,196	1,222	1,222
7	80	1,010	0,982	0,996	0,146	0,140	0,140	1,221	1,264	1,239
8	85	0,996	0,989	0,989	0,170	0,170	0,175	1,264	1,281	1,290
9	90	0,983	0,978	0,990	0,204	0,199	0,207	1,323	1,340	1,341

Tabel 4.2 Hasil pengolahan data WHP, BHP dan Efisiensi dari Turbin Air 55°

No	Debit (m ³ /jam)	WHP (Watt)			BHP (Watt)			Efisiensi (%)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	5,155	5,256	5,359	0,305	0,610	0,333	5,92	11,61	6,21
2	55	5,812	6,133	6,246	0,444	0,444	0,416	7,64	7,24	6,66
3	60	7,285	7,160	7,285	0,610	0,582	0,555	8,38	8,13	7,61
4	65	8,507	8,230	8,367	0,749	0,721	1,026	8,80	8,76	12,27
5	70	9,486	8,916	9,637	1,137	1,248	1,165	11,99	14,00	12,09
6	75	10,174	9,882	10,026	1,276	1,331	1,276	12,54	13,47	12,73
7	80	11,326	10,714	11,014	1,526	1,470	1,470	13,47	13,72	13,35
8	85	11,702	11,551	11,551	1,775	1,775	1,831	15,17	15,37	15,85
9	90	12,090	11,944	12,239	2,136	2,080	2,163	17,66	17,42	17,68

Tabel 4.3 Hasil pengolahan data Vs, Torsi dan Rasio U/Vs dari Turbin Air 65°

No	Debit (m ³ /jam)	Vs (m/s)			Torsi (Nm)			Rasio U/Vs		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	0,853	0,887	0,870	0,058	0,064	0,066	1,196	1,150	1,202
2	55	0,880	0,896	0,913	0,082	0,082	0,093	1,208	1,186	1,193
3	60	0,927	0,927	0,935	0,111	0,098	0,122	1,183	1,193	1,292
4	65	0,971	0,955	0,971	0,140	0,135	0,156	1,209	1,229	1,279
5	70	0,996	0,965	0,996	0,193	0,178	0,204	1,213	1,287	1,264
6	75	0,981	0,974	1,003	0,225	0,209	0,233	1,248	1,275	1,263
7	80	0,989	0,982	1,010	0,265	0,276	0,268	1,273	1,290	1,280
8	85	0,976	0,989	0,996	0,297	0,302	0,302	1,315	1,324	1,332
9	90	0,978	0,983	0,990	4,214	0,358	0,363	1,383	1,375	1,366

Tabel 4.4 Hasil pengolahan data WHP, BHP dan Efisiensi dari Turbin Air 65°

No	Debit (m ³ /jam)	WHP (Watt)			BHP (Watt)			Efisiensi (%)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	5,057	5,466	5,256	0,610	0,666	0,693	12,07	12,18	13,19
2	55	5,916	6,133	6,363	0,860	0,860	0,971	14,53	14,02	15,26
3	60	7,160	7,160	7,285	1,165	1,026	1,276	16,27	14,33	17,51
4	65	8,507	8,230	8,507	1,470	1,415	1,636	17,28	17,19	19,24
5	70	9,637	9,053	9,637	2,025	1,858	2,136	21,01	20,53	22,16
6	75	10,026	9,882	10,480	2,358	2,191	2,441	23,51	22,17	23,29
7	80	10,863	10,714	11,326	2,774	2,885	2,801	25,53	26,92	24,73
8	85	11,257	11,551	11,702	3,107	3,162	3,162	27,60	27,37	27,02
9	90	11,944	12,090	12,239	3,744	3,744	3,800	31,35	30,97	31,05

Tabel 4.5 Hasil pengolahan data Vs, Torsi dan Rasio U/Vs dari Turbin Air 75°

No	Debit (m ³ /jam)	Vs (m/s)			Torsi (Nm)			Rasio U/Vs		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	0,862	0,878	0,887	0,040	0,045	0,048	1,007	0,997	0,978
2	55	0,896	0,913	0,880	0,061	0,061	0,056	1,034	0,997	1,053
3	60	0,935	0,911	0,919	0,077	0,069	0,072	1,064	1,120	1,092
4	65	0,955	0,971	0,955	0,090	0,151	0,146	1,087	1,095	1,122
5	70	0,965	0,996	0,965	0,164	0,180	0,170	1,190	1,153	1,216
6	75	1,003	0,988	0,974	0,212	0,207	0,207	1,212	1,239	1,240
7	80	0,982	1,010	0,989	0,244	0,244	0,268	1,282	1,247	1,256
8	85	0,989	0,996	0,989	0,286	0,273	0,270	1,315	1,281	1,307
9	90	0,966	0,990	0,983	0,337	0,297	0,310	1,374	1,358	1,349

Tabel 4.6 Hasil pengolahan data WHP, BHP dan Efisiensi dari Turbin Air 75°

No	Debit (m ³ /jam)	WHP (Watt)			BHP (Watt)			Efisiensi (%)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	5,155	5,359	5,466	0,416	0,472	0,499	8,07	8,80	9,13
2	55	6,133	6,363	5,916	0,638	0,638	0,582	10,40	10,03	9,85
3	60	7,285	6,920	7,039	0,804	0,721	0,749	11,04	10,42	10,64
4	65	8,230	8,507	8,230	0,943	1,581	1,526	11,46	18,58	18,54
5	70	9,053	9,637	9,053	1,720	1,886	1,775	19,00	19,57	19,61
6	75	10,480	10,174	9,882	2,219	2,163	2,163	21,17	21,26	21,89
7	80	10,714	11,326	10,863	2,552	2,552	2,801	23,82	22,53	25,79
8	85	11,551	11,702	11,551	2,996	2,857	2,829	25,93	24,41	24,49
9	90	11,660	12,239	12,090	3,523	3,107	3,245	30,21	25,38	26,84

4.3 Pengolahan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mendapatkan nilai dari rasio U/V_s , daya air (WHP), daya poros (BHP), dan efisiensi dari turbin air helikal tipe poros vertikal dengan variasi sudut sudu. Sebagai contoh perhitungan dari data hasil penelitian, diambil pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan variasi sudut sudu 65° . Berikut ini adalah data yang diperoleh pada saat pengujian turbin air :

- Debit aliran air (Q) : $90 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,025 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Ketinggian permukaan air rata-rata : $16,4 \text{ cm}$
- Kecepatan turbin air rata-rata : 159 rpm
- Radius turbin (R) : $0,08125 \text{ m}$
- Lengan pulley (l) : $0,053 \text{ m}$
- Massa jenis air (ρ) : 1000 kg/m^3 .

Berikut ini adalah contoh dari perhitungan dan pengolahan data :

1. Kecepatan Aliran Air

$$Q = A \times V_s$$

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

$$V_s = \frac{0,025}{16,4 \times 15,5}$$

$$V_s = 0,98 \text{ [m/s]}$$

2. Torsi (T)

$$T = F \times l$$

$$T = 13,57 \times (0,053/2)$$

$$T = 0,36 \text{ [Nm]}$$

3. Rasio U/V_s

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

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

$$\frac{U}{V_s} = \frac{2 \times 3,14 \times 159 \times 0,08125}{60 \times 0,98} = 1,37$$



4. Daya Air (Water Horse Power)

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

$$WHP = \frac{1}{2} 1000 (90/3600) 0,98^2$$

$$WHP = 11,941 \text{ [Watt]}$$

5. Daya Poros (Brake Horse Power)

$$BHP = T \omega$$

$$BHP = 0,36 \frac{2 \times 3,14 \times 100}{60}$$

$$BHP = 3,763 \text{ [Watt]}$$

6. Efisiensi Turbin Air

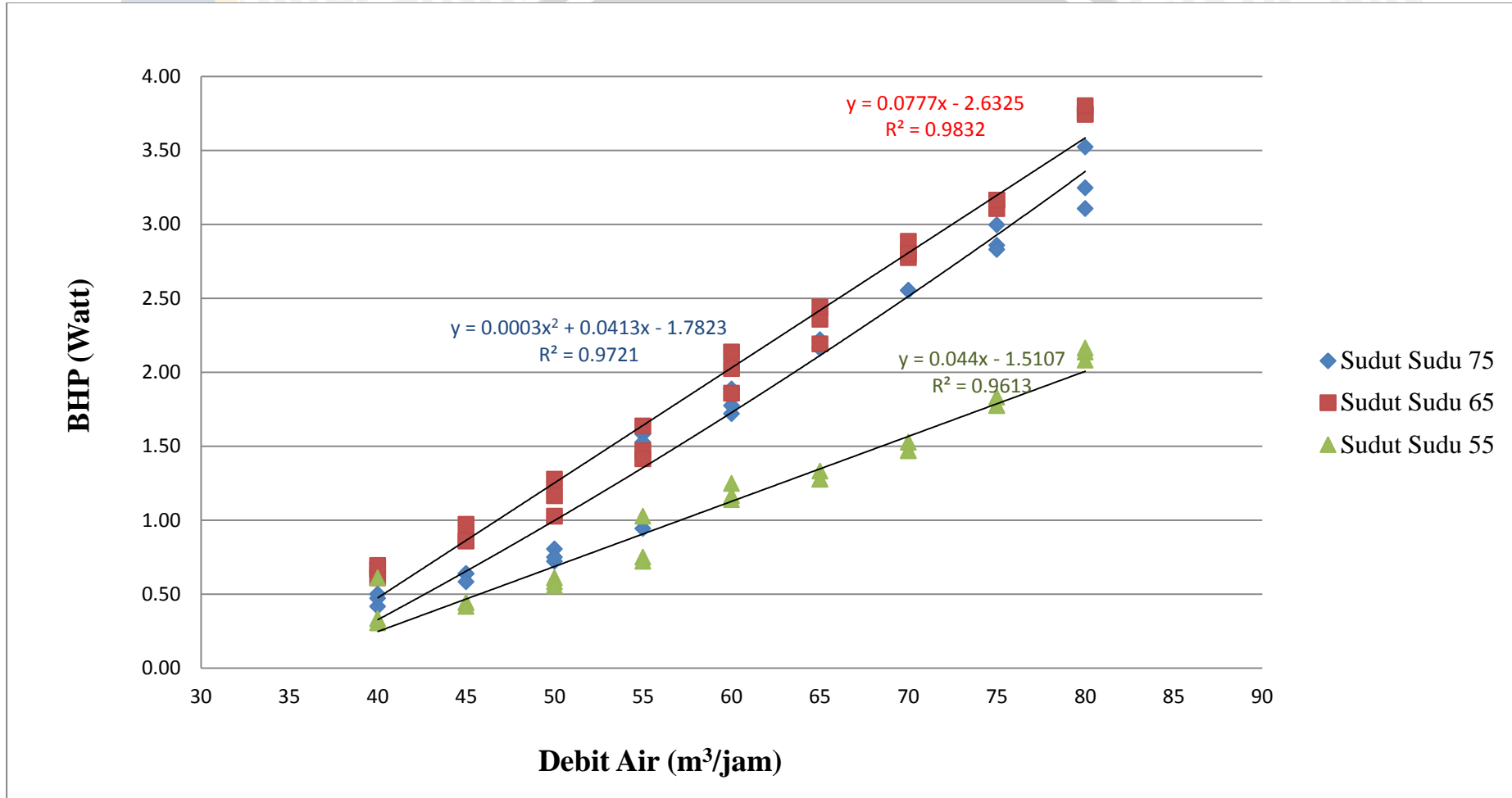
$$\eta = \frac{\text{Brake Horse Power (BHP)}}{\text{Water Horse Power (WHP)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,763}{11,941} \times 100 = 31,35 \%$$

4.4 Pembahasan

Pembahasan ini dibuat untuk mengetahui pengaruh sudut sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal. Data dari tiap tabel akan disajikan dalam bentuk grafik kemudian akan dilakukan analisis atas grafik tersebut.

4.4.1 Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Daya Poros BHP



Grafik 4.1 : Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Daya Poros BHP

Grafik 1 menunjukkan hubungan antara debit air (Q) terhadap daya poros (BHP) turbin air helikal (gorlov) tipe poros vertikal dengan variasi sudut sudu 55°, 65°, dan 75°.

Pada turbin air helikal sudu 55° dihasilkan daya poros (BHP) terendah pada debit 50 m³/jam yaitu sebesar 0,3051 watt dan daya poros terbesar pada debit 90 m³/jam yaitu sebesar 2,1634 watt. Pada turbin air helikal sudu 65° dihasilkan daya poros (BHP) terendah pada debit 50 m³/jam yaitu sebesar 0,6102 watt dan daya poros terbesar pada debit 90 m³/jam yaitu sebesar 3,7999 watt. Pada turbin air helikal sudu 75° dihasilkan daya poros (BHP) terendah pada debit 50 m³/jam yaitu sebesar 0,4160 watt dan daya poros terbesar pada debit 90 m³/jam yaitu sebesar 3,5225 watt.

Dari grafik terlihat bahwa urutan besar nilai daya poros (BHP) turbin air helikal dari yang terkecil hingga terbesar yaitu sudut sudu 55°, sudut sudu 75° dan sudut sudu 65°. Walaupun perbandingan nilai selisih dari sudut sudu 65° ke sudut sudu 75° tidak sebesar selisih nilai dari sudut sudu 55° ke sudut sudu 65°

$$BHP_{55^\circ} - BHP_{65^\circ} < BHP_{65^\circ} - BHP_{75^\circ}$$

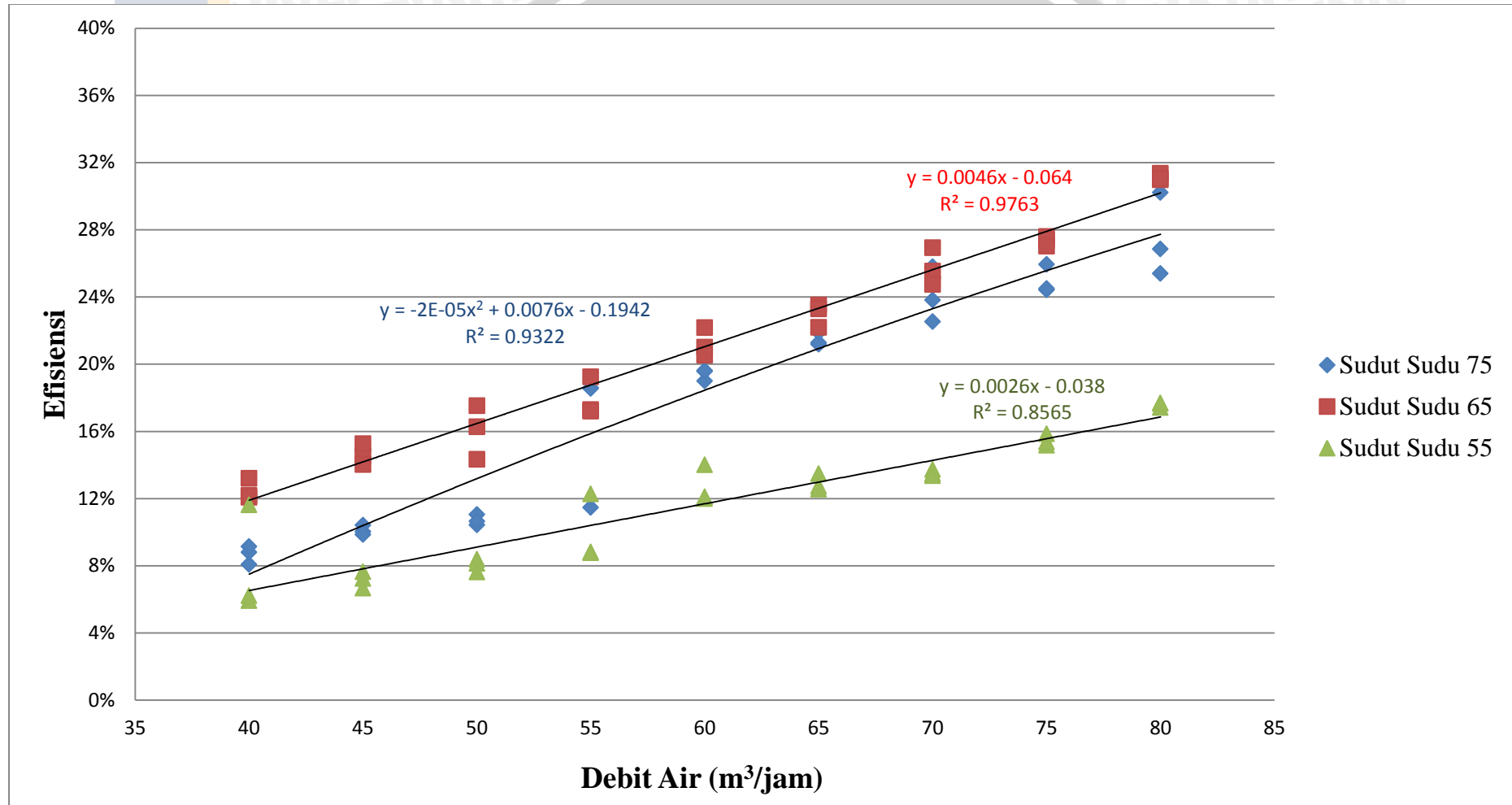
Pada grafik 1 terlihat bahwa semakin bertambahnya debit air maka daya poros yang dihasilkan semakin bertambah besar pula. Hal ini terjadi karena meningkatnya kecepatan aliran (Vs) dan torsi yang diakibatkan gaya yang diterima oleh sudu turbin semakin besar. Debit air yang semakin besar mengakibatkan gaya yang diubah oleh airfoil pada sudu turbin semakin meningkat sehingga nilai torsi pun bertambah.

Pada grafik juga terlihat bahwa semakin besar sudut sudu menghasilkan daya poros yang semakin besar. Hal ini disebabkan karena pada turbin dengan sudut sudu lebih besar mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam mengekstaksi gaya dari aliran air. Dapat dikatakan bahwa dengan sudut sudu lebih besar maka daya poros yang dihasilkan juga semakin besar. Sehingga sudut sudu dari turbin air helikal berbanding lurus dengan daya poros yang dihasilkan turbin. hal ini sesuai dengan rumus :

$$BHP = T \omega \quad (1)$$

$$BHP = F l \omega \text{ (Watt)} \quad (2)$$

4.4.2 Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi Turbin Air Helikal



Grafik 4.2 : Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi Turbin Air Helikal

Grafik 2 menunjukkan grafik hubungan antara debit air (Q) terhadap efisiensi turbin air helikal dengan variasi sudut sudu sudu 55° , 65° , dan 75° .

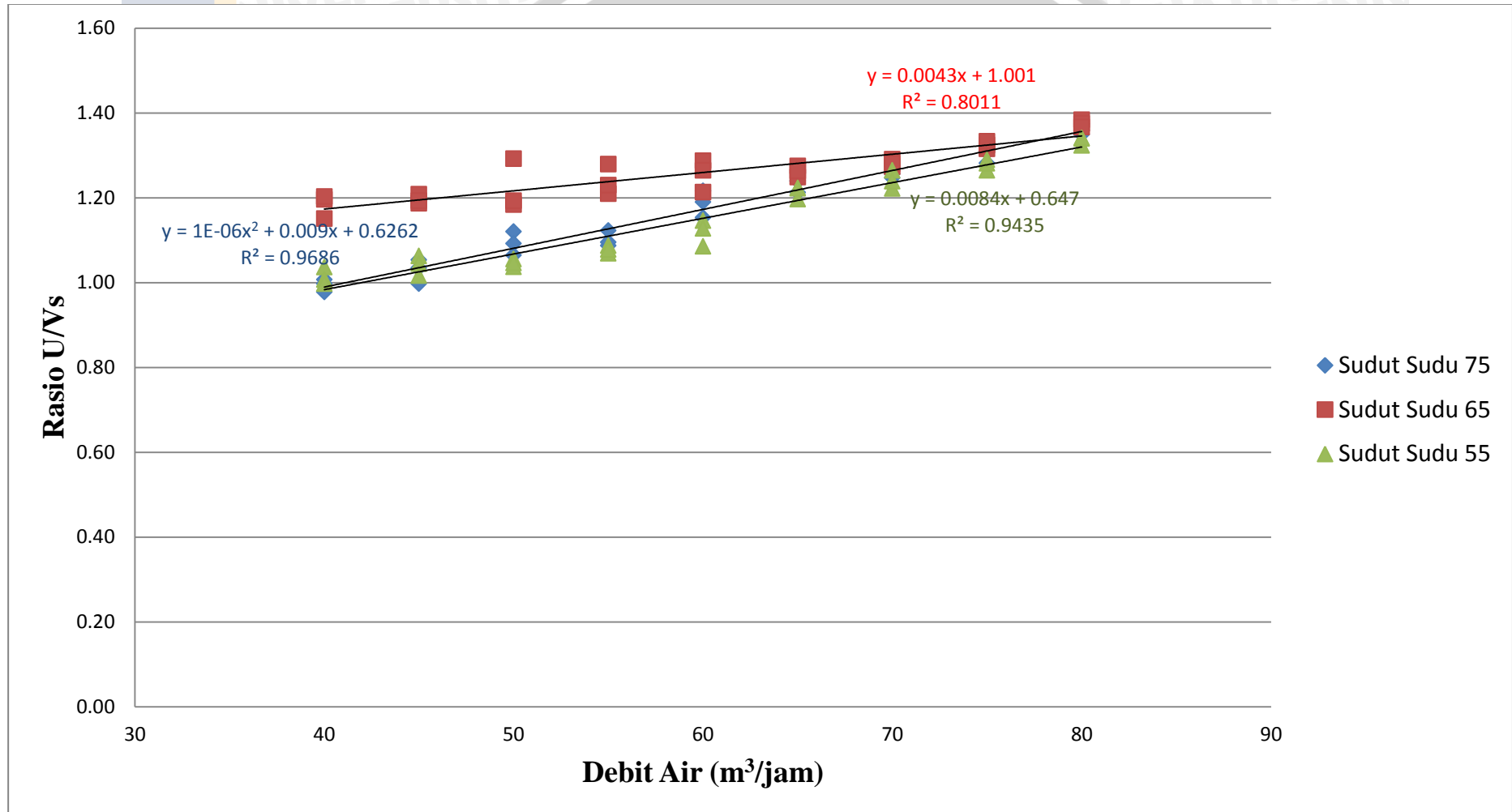
Pada turbin air helikal sudut 55° dihasilkan efisiensi terendah pada debit $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $5,92 \%$ dan efisiensi terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $17,68 \%$. Pada turbin air helikal sudut 65° dihasilkan efisiensi terendah pada debit $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $12,07 \%$ dan efisiensi terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $31,35 \%$. Pada turbin air helikal sudut 75° dihasilkan efisiensi terendah pada debit $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $8,07 \%$ dan efisiensi terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $30,21 \%$.

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya debit air, efisiensi yang dihasilkan oleh turbin air helikal juga terus meningkat pada semua variasi sudut sudu. Urutan besar nilai efisiensi turbin air helikal dari yang terkecil hingga terbesar yaitu sudut sudu 55° , sudut sudu 75° dan sudut sudu 65° . Walaupun perbandingan nilai selisih dari sudut sudu 65° ke sudut sudu 75° tidak sebesar selisih nilai dari sudut sudu 55° ke sudut sudu 65° .

$$\eta_{55^\circ} - \eta_{65^\circ} < \eta_{65^\circ} - \eta_{75^\circ}$$

Dari nilai efisiensi yang dihasilkan dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar sudut sudu maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena sudut sudu semakin besar memungkinkan turbin lebih optimal dalam mengekstrak gaya dari aliran air yang ada, sehingga *looses* dari tenaga air yang terbuang dapat dikurangi karena hampir seluruh aliran air dapat mengenai sudu.

4.4.3 Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Rasio U/Vs



Grafik 4.3 : Grafik Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Rasio U/Vs

Grafik 3 menunjukkan grafik hubungan antara debit air (Q) dengan rasio U/V_s pada turbin air helikal tipe poros vertikal dengan variasi sudut sudu 55° , 65° , dan 75° .

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai rasio U/V_s menunjukkan kecenderungan meningkat dari debit air terendah hingga tertinggi. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya debit air (Q) maka kecepatan aliran semakin bertambah besar sehingga putaran turbin semakin tinggi yang mengakibatkan nilai U atau kecepatan tangensial turbin bertambah besar.

Dari grafik 3 terlihat bahwa pada turbin air helikal sudut 55° dihasilkan rasio U/V_s terendah pada debit $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar 0,977 dan rasio U/V_s terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar 1,340. Pada turbin air helikal sudut 65° dihasilkan rasio U/V_s terendah pada debit $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar 1,150 dan rasio U/V_s terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar 1,383. Pada turbin air helikal sudut 75° dihasilkan rasio U/V_s terendah pada debit $55 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar 0,977 dan rasio U/V_s terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar 1,373.

Dari grafik 3 dapat dilihat adanya kecenderungan arah peningkatan dari debit air rendah ke tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi debit air maka kecepatan turbin (U) semakin besar dan kenaikannya berbanding lurus dengan kenaikan dari kecepatan aliran air (V_s), sehingga nilai rasio U/V_s semakin meningkat seiring dengan bertambahnya debit air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa pembahasan pengaruh sudut sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar debit air (Q) yang bekerja pada turbin air helikal, maka nilai Brake Horse Power (BHP) atau daya poros turbin semakin besar pula. Daya poros terbesar terdapat pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $3,7999 \text{ watt}$ pada turbin air helikal dengan sudut 65° .
2. Semakin besar debit air (Q) yang bekerja pada turbin air helikal, maka efisiensi yang dihasilkan oleh turbin semakin besar pula. Efisiensi terbesar pada debit $90 \text{ m}^3/\text{jam}$ yaitu sebesar $31,35 \%$ pada turbin air helikal dengan sudut 65° .
3. Semakin besar sudut sudu berbanding lurus terhadap besar putaran turbin
4. Rasio U/Vs yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan peningkatan nilai pada kondisi debit air (Q) yang semakin bertambah.
5. Semakin besar sudut sudu turbin menghasilkan unjuk kerja turbin air helikal yang semakin baik.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya peneliti memvariasikan jenis material sudu pada turbin untuk mengetahui pengaruh terhadap efisiensi turbin air helikal tipe poros vertikal.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya peneliti memvariasikan sudut sudu lainnya pada turbin untuk mengetahui pengaruh terhadap efisiensi turbin air helikal tipe poros vertikal.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan simulasi untuk dapat melihat besar kecilnya daya *lift* dan *drag* pada sudu turbin air helikal tipe poros vertikal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Mulyantono, Tonny. 2005. *Penggunaan Energi Alternatif untuk Tenaga Listrik*. PLN. Bandung
- Ardianto, T. 2008. *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Tipe H Untuk Penerangan Billboard*. Program Studi Teknik Mesin – Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara. Institut Teknologi Bandung.
- Dietzel F. Turbin Pompa dan Kompresor
- Gorban, A.N., Gorlov, A.M., Silantyev V.M., 2001, *limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow Journal of Energy Resources Technology*, Vol. 123, pp 311-317
- Gorlov, A. M., 1998, *Helical turbines for the Gulf Stream, Marine Technology*, 35, No 3, pp. 175-182.
- Haris, M Andi. 2009. *Studi Experimental Perancangan Turbin Air Terapung Tipe Helical Blades*. Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanudin. Makassar.
- Irsyad M. 2010. *Kinerja turbin air tipe darrieus dengan sudu hydrofoil standar NACA 6512*
- microhydropower.net
- Santoso Dyos. 2011. *Studi eksperimental pada turbin air aliran lintang yang menggunakan sudu helikal dengan penampang airfoil*

LAMPIRAN

Lampiran 1

Tabel Hasil Pengambilan Data Turbin Air Helikal Sudut Sudu 55°

No	Debit (m ³ /jam)	Vs (m/s)			F1 (N)			F2 (N)			Putaran (rpm)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	0,862	0,870	0,878	0,9	1,6	0,9	0,2	0,6	0,3	105	103	103
2	55	0,872	0,896	0,904	1,3	1,4	1,3	0,3	0,2	0,2	109	110	108
3	60	0,935	0,927	0,935	1,5	1,4	1,4	0,7	0,7	0,6	114	115	115
4	65	0,971	0,955	0,963	1,8	1,8	2,5	0,9	0,8	1,2	122	122	122
5	70	0,988	0,958	0,996	2,7	2,8	2,7	1,4	1,7	1,5	126	129	132
6	75	0,988	0,974	0,981	3	3,3	3,1	1,6	1,5	1,5	139	140	141
7	80	1,01	0,982	0,996	3,5	3,7	3,5	2	1,6	1,8	145	146	145
8	85	0,996	0,989	0,989	4	4,3	4,1	2,4	2,1	2,5	148	149	150
9	90	0,983	0,978	0,99	5,2	5,2	5,4	2,5	2,3	2,4	153	154	156

Tabel Hasil Pengambilan Data Turbin Air Helikal Sudut Sudu 65°

No	Debit (m ³ /jam)	Vs (m/s)			F1 (N)			F2 (N)			Putaran (rpm)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	0,853	0,887	0,87	1,6	1,5	1,8	0,8	0,9	0,7	120	120	123
2	55	0,88	0,896	0,913	1,7	2	1,8	1,1	0,9	1,1	125	125	128
3	60	0,927	0,927	0,935	2	2	2	1,2	1,3	1,3	129	130	142
4	65	0,971	0,955	0,971	2,6	2,7	2,6	1,1	1	1,2	138	138	146
5	70	0,996	0,965	0,996	5	5,1	5,4	2,3	2,4	2,3	142	146	148
6	75	0,981	0,974	1,003	5,7	5,7	5,6	3	2,9	3,2	144	146	149
7	80	0,989	0,982	1,01	7	6,5	6,8	3,4	3,5	3,6	148	149	152
8	85	0,976	0,989	0,996	7,9	7,4	7,6	4,3	4,6	4	151	154	156
9	90	0,978	0,983	0,99	8,6	8,5	8,4	5,2	5,1	5,2	159	159	159

Tabel Hasil Pengambilan Data Turbin Air Helikal Sudut Sudu 75°

No	Debit (m ³ /jam)	Vs (m/s)			F1 (N)			F2 (N)			Putaran (rpm)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	50	0,862	0,878	0,887	1,2	1,2	1,3	0,3	0,5	0,5	102	103	102
2	55	0,896	0,913	0,88	1,5	1,7	1,5	0,8	0,6	0,6	109	107	109
3	60	0,935	0,911	0,919	2,2	1,9	1,9	0,7	0,7	0,8	117	120	118
4	65	0,955	0,971	0,955	2,4	3,5	3,2	1	2,2	2,3	122	125	126
5	70	0,965	0,996	0,965	4	4,3	4,2	2,2	2,5	2,2	135	135	138
6	75	1,003	0,988	0,974	5,6	5,1	5,4	2,4	2,7	2,4	143	144	142
7	80	0,982	1,01	0,989	6	6,1	6,5	3,2	3,1	3,6	148	148	146
8	85	0,989	0,996	0,989	7	6,9	6,7	3,8	3,4	3,5	153	150	152
9	90	0,966	0,99	0,983	7,5	7	7,5	5,2	4,2	4,2	156	158	156

Lampiran 2
Foto Dokumentasi

