

Bidang Penelitian: (HYDRO ENERGY)

**LAPORAN AHIR
PENELITIAN UNGGULAN KOMPETITIF
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

JUDUL PENELITIAN:

**PENGEMBANGAN SUDU TURBIN PELTON UNTUK DIAPLIKASIKAN
PADA KINCIR AIR UNDERSHOT ARUS LEMAH 0,8 – 2,5 M/DETIK
DENGAN BAHAN DASAR POLYMER Matrik Komposit**



**DR. IR. DARMAWI, MT.,MT NIDN: 0015065809
PROF.DR.IR. RIMAN SIPAHUTAR, MSc NIDN: 0004065606
QOMARUL HADI, ST.,MT.Met NIDN: 0013026905**

Biaya dari:
Anggaran DIPA Badan Layanan Umum
Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2018
No: 042.01.2.400953/UN9/SK.LP2M.PT/2018
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya
No: 108.254/UN9/SB3.LP2M.PT/2018
Tanggal 06 Juni 2018

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

Halaman Pengesahan

1. Judul penelitian: Pengembangan Sudu Turbin Pelton Untuk Diaplikasikan pada Kincir Air Type Undershot Arus Lemah 0,8 – 2,5 m/detik Dengan Bahan Dasar Polymer Matrik Komposit.
2. Bidang penelitian: Bidang Energy Hydro
3. Ketua Peneliti:
 - a. Nama lengkap : Dr.Ir. Darmawi, MT.,MT
 - b. Jenis kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 195806151987031002
 - d. Pangkat dan Golongan: Lektor kepala / IV-a
 - e. Jabatan struktural : -
 - f. Jabatan fungsional : Pembina.
 - g. Perguruan Tinggi: Universitas Sriwijaya
 - h. Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknik / Jurusan Teknik Mesin
 - i. Alamat kantor: Jalan Raya Prabumulih KM 32, Indralaya Kab. Ogan Ilir
 - j. Telepon/Fax: 0711-580169
 - k. Alamat rumah: Komplek Afila Permai Blok P No:2 Kenten Plg 30961
 - l. Telepon/HP: 0812-7886884 Email: darmawi@unsri.ac.id
4. Jangka waktu penelitian: 2 Tahun
5. Biaya Tahun Pertama: Rp 71.500.000,-
6. Jumlah yang diajukan Rp 141.500.000,-



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UNSRI:

Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS.,PhD
NIP: 196009091987031004

Indralaya, 25 Nopember 2018
Ketua Peneliti:

Dr.Ir. Darmawi, MT.,MT
NIP: 19580615031002

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat:

Prof. Drs. Tatang Suhery, M.A.,PhD
NIP: 195904121984031002

I. Identitas Penelitian

1. Judul Usulan : Pengembangan Sudu Turbin Pelton Untuk Diaplikasikan Pada Kincir Air Undershot Arus Lemah 0,8 – 2,5 m/detik Dengan Bahan Dasar Polymer Matrik Komposit.

2. Ketua Peneliti:

- a. Nama lengkap: Dr.Ir. Darmawi, MT.,MT
- b. Bidang keahlian: Hydro Energy dan Lingkungan

3. Anggota peneliti

No:	Nama dan Gelar	Keahlian	Institusi	Curahan waktu (Jam/minggu)
1	Qomarul Hadi, ST.,MT.	Material komposit	UNSRI	2 Jam/minggu
2	Prof. Dr. Riman Sipahutar, MT	Energi	UNSRI	2 Jam /minggu
3	Alfi Astra Ryanda	Mahasiswa Tugas Ahir bidang energi	UNSRI	8 Jam/minggu
4	Ilhamsyah	Mahasiswa Tugas Ahir bidang Material	UNSRI	8 Jam/minggu

- 4. Isu Strategis : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM)
- 5. Topik Penelitian : Hydro Energy (Turbin Air).
- 6. Objek penelitian : Pengembangan Sudu Kincir Air dengan Arus 0,8 m/det – 2,5 m/detik.
- 7. Lokasi Penelitian : jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- 8. Hasil yang ditargetkan : Hak Paten atas Bentuk Sudu yang Diusulkan.

II. Substansi Penelitian

ABSTRAK

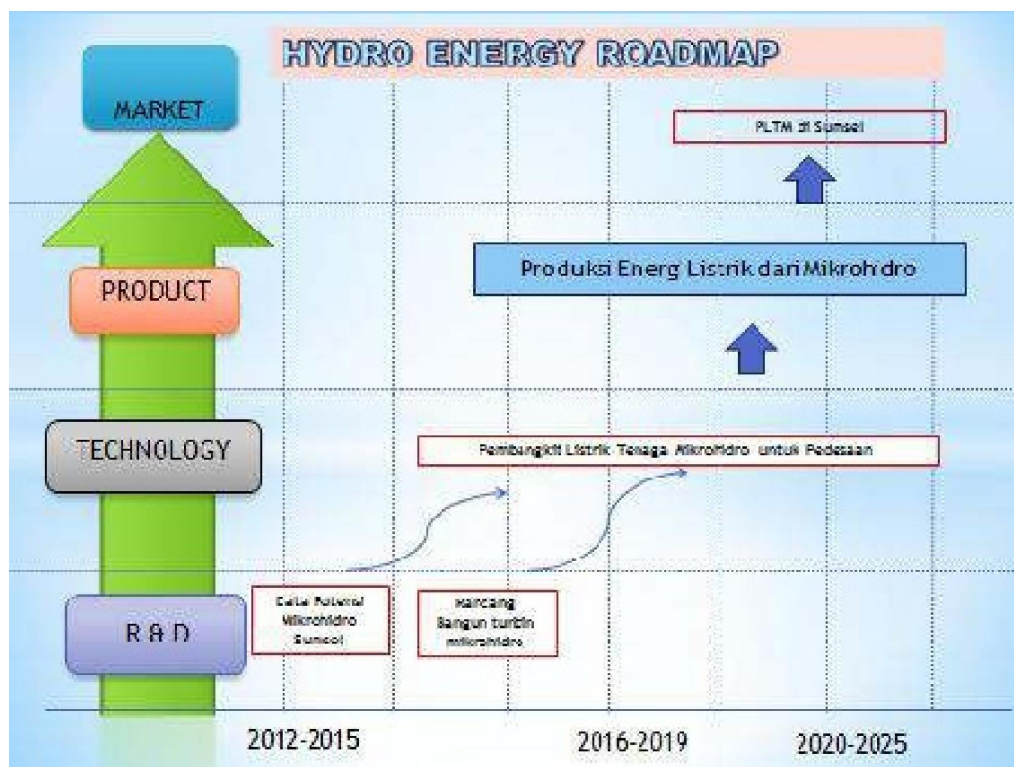
Akan dilakukan sebuah penelitian terhadap sudu impuls yang merupakan pengembangan dari sudu turbin Pelton. Pengembangan ini bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan energi energi air pada sungai di Sumatera Selatan khususnya yang memiliki kecepatan aliran berkisar antara 0,8 s/d 2,5 m/detik. Pengembangan bentuk sudu ini dipandang perlu mengingat kecilnya efisiensi sudu jika bentuk sudu hanya berbentuk flat (rata) saja. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan aliran air yang umumnya kecil tersebut maka efisiensi yang tinggi menjadi sangat penting. Penelitian ini akan dilakukan dalam skala laboratorium dengan peralatan penunjang yang sebagian dibeli dan sebagian lainnya dibuat sendiri.

Kata kunci: Pengembangan, Pelton, Kincir air, Arus lemah, 0,8 – 2,5 m/detik.

BAB I PENDAHULUAN

Penelitian ini tidak lepas dari penelitian yang sudah pernah kami lakukan pada tahun 2012 dan pada tahun 2014 tentang hydropower. (Darmawi, Sipahutar, Masreah, & Sodik, 2013)(Darmawi, Nurussama, & Taqwiym, 2016). Kedua penelitian tersebut menunjukkan pentingnya dibuat suatu sudu turbin air yang mampu mengakomodir semua energi aliran air dengan hambatan yang rendah guna mendapatkan efisiensi yang tinggi. Hal ini menjadi makin perlu ketika kita menyadari bahwa aliran air sungai di Sumatera Selatan pada umumnya rendah, yaitu berkisar antara 0,3 m/detik – 2,5 m/detik. Untuk turbin air (Mikrohidro), kecepatan air yang bisa digunakan adalah minimal 1 m/detik. [(Kiho, Shiono, & Suzuki, 1996) Pada penelitian ini, sebaran data dimulai dari kecepatan aliran air 0,8 m/detik hingga 2,5 m/detik karena inilah aliran air yang ekonomis untuk digunakan bagi kincir air.

Univeristas Sriwijaya sebagai perguruan tinggi yang besar di Sumatera Selatan telah menetapkan energi sebagai salah satu Rencana Induk Penelitian, dimana Roadmap untuk



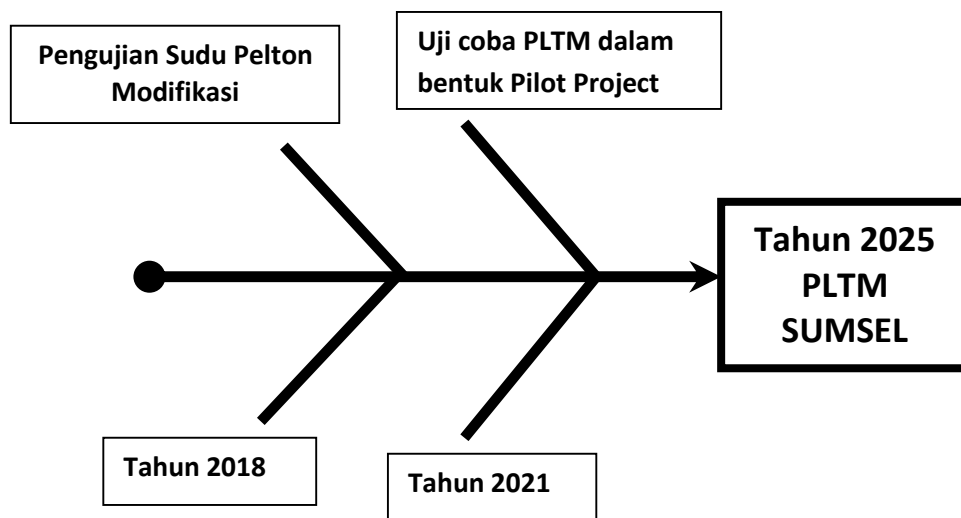
mikrohidro berdasarkan RIP yang sudah direvisi Tahun 2018 dimana pada selang antara tahun 2020 -2025 sudah ada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTM) di Sumatera Selatan.

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan arus sungai menjadi energi listrik atau energi mekanik, maka sudu turbin (Turbine blade) perlu dikembangkan agar lebih efektif dalam menyerap energi dari arus sungai. Dalam hal ini sudu Turbin Pelton adalah bentuk sudu yang paling mungkin dikembangkan untuk turbin air pada arus lemah dengan kecepatan 0,8 m/detik hingga 2,5 m/detik. Hal inilah yang paling memungkinkan timbulnya kemandirian energi di pedesaan di Indonesia, sebagaimana yang diisyaratkan oleh dunia bagi negara-negara untuk mengeksplor pemanfaatan sumber daya energi terbarukan termasuk di dalamnya Indonesia.(Darmawi et al., 2013)

BAB II PETA JALAN PENELITIAN

Sudu turbin yang efektif untuk arus lemah adalah diantara perangkat yang harus disiapkan oleh bangsa Indonesia untuk mengembangkan hidropower, selain hal2 lain yang juga penting seperti sistem transmisi (Darmawi, 2014), rangka roda dll.

Blade (sudu) turbin yang dalam hal ini akan diaplikasikan pada turbin jenis Kincir Air merupakan faktor penting dalam mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik. Sudu yang efektif akan menyerap energi secara maksimal dan mengkonversinya menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran roda kincir.



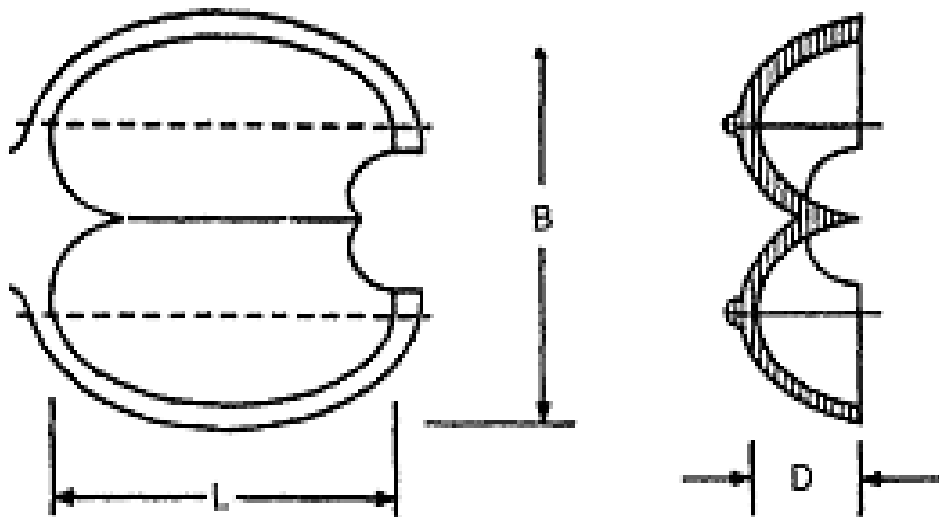
Gambar 2: Roadmap penelitian Tenaga Mikrohidro

Gambar menunjukkan peta jalan penelitian menuju realisasi PLTM di Sumatera Selatan pada tahun 20125. Peta jalan ini bersesuaian dan bersinergi dengan renstra Universitas Sriwijaya yang menargetkan berdirinya PLTM di Sumatera Selatan pada selang antara tahun 2020 – 2025.

BAB III STUDI PUSTAKA

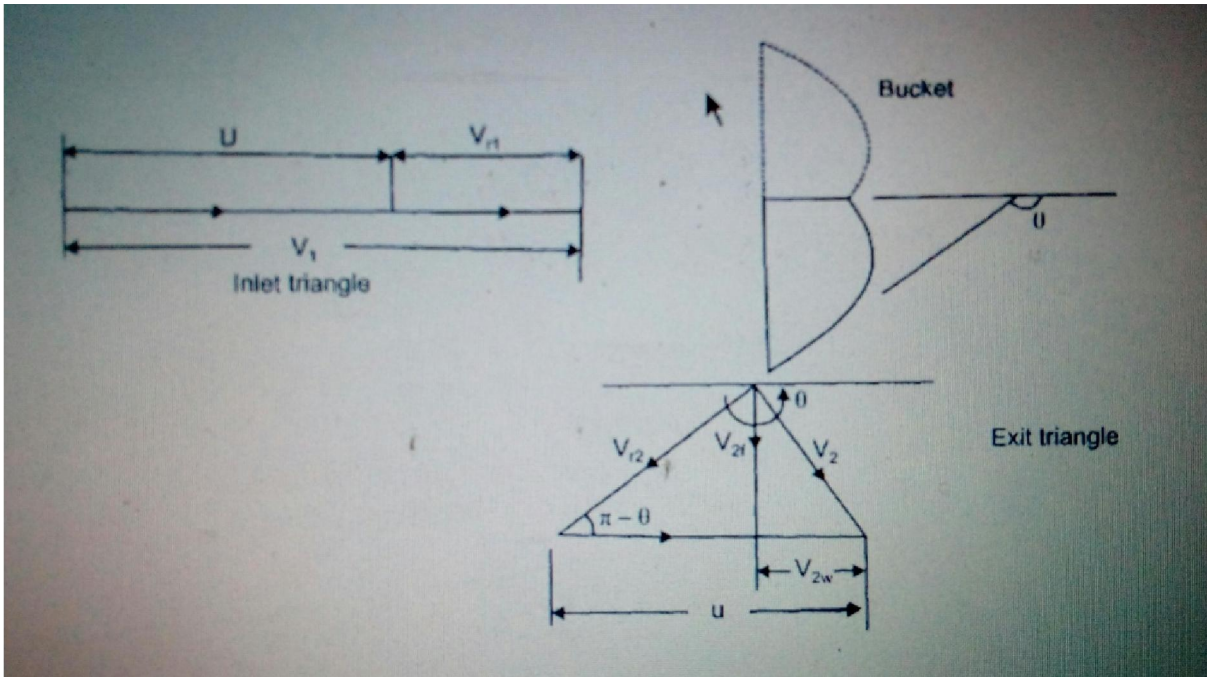
Tujuan pokok dari design sudu pada turbin Pelton adalah untuk menyerap sebanyak mungkin energi dari aliran air tanpa adanya interference antara aliran air yang datang dan air yang keluar sudu. Inilah yang membuat sudut θ pada sudu Pelton tidak 180 derajat, tetapi $\theta = 165^{\circ}$ agar tidak terjadi interference yang akan mengakibatkan getaran yang besar pada sudu dan pada roda turbin.

Blade (sudu) turbin yang dalam hal ini akan diaplikasikan pada turbin jenis Kincir Air merupakan faktor penting dalam mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik. Sudu yang efektif akan menyerap energi secara maksimal dan mengkonversinya menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran roda kincir.



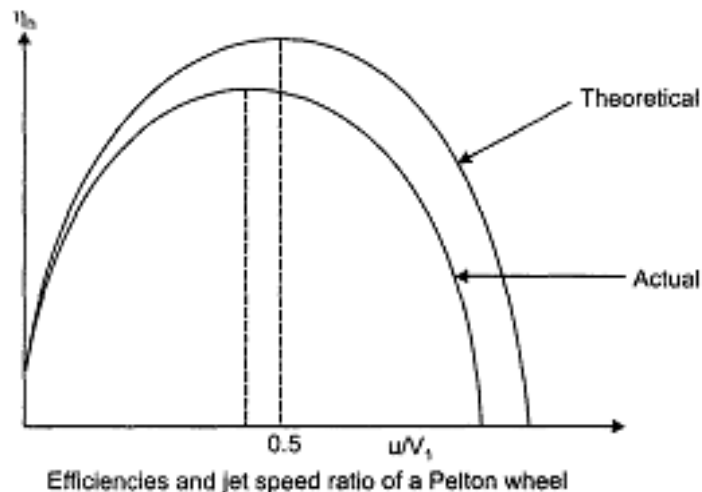
Gambar 3: Sudu Pelton dan perbandingan ukuran2 nya.(Hussian, Abdullah, & Alimuddin, 2008)

Hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan performa sudu rata yg digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya dan akan di-implimentasikan dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) pada daerah-daerah yang memiliki sungai dengan arus air mencapai 0,8 m/detik – 2,5 m/detik.



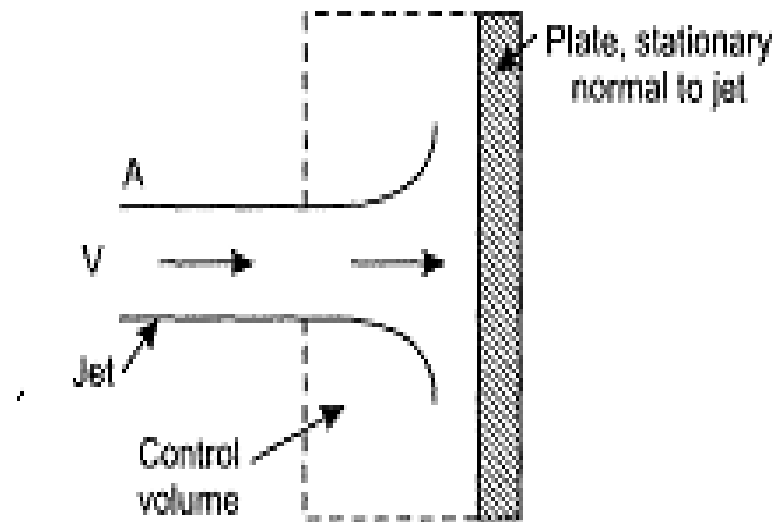
Gambar 4: Segitiga kecepatan pada Sudu Pelton sebenarnya. (Hussian et al., 2008)

Dimana efisiensi maksimal ($\eta_{\max} = 100\%$) terjadi pada saat sudut $\theta = 180^\circ$, faktor gesekan sudu $K = 1$. Pada kondisi ideal, nilai $U/v_1 = 0,5$. Namun jika turbin beroperasi pada kondisi ideal dimana sudut $\theta = 180^\circ$ timbul getaran yang besar. Getaran ini akan berdampak buruk pada konstruksi turbin dan pada sudu (blade) turbin sendiri akibat interference arus yang datang dan arus kembali. Sehingga dibuat $\theta = 165$ dan $K = 0,85 - 0,9$ dimana $U/v_1 = 0,46$.



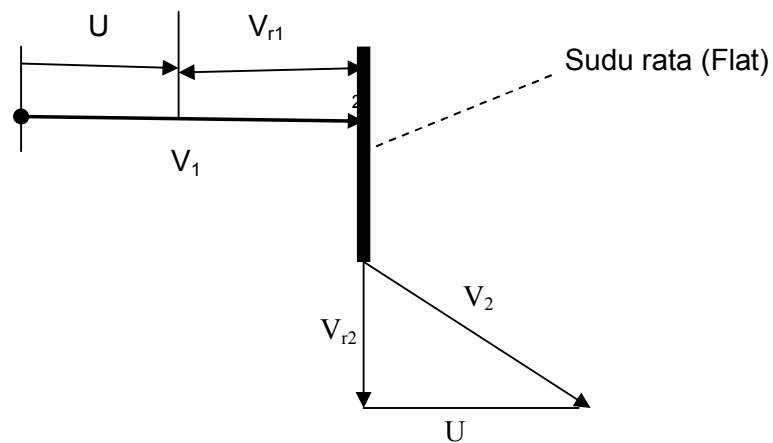
Gambar 5: Efisiensi pada Sudu Pelton (Hussian et al., 2008)

Jika dibandingkan dengan sudu rata (flat) , maka



Gambar 6: Sudu rata (flat).(Hussian et al., 2008)

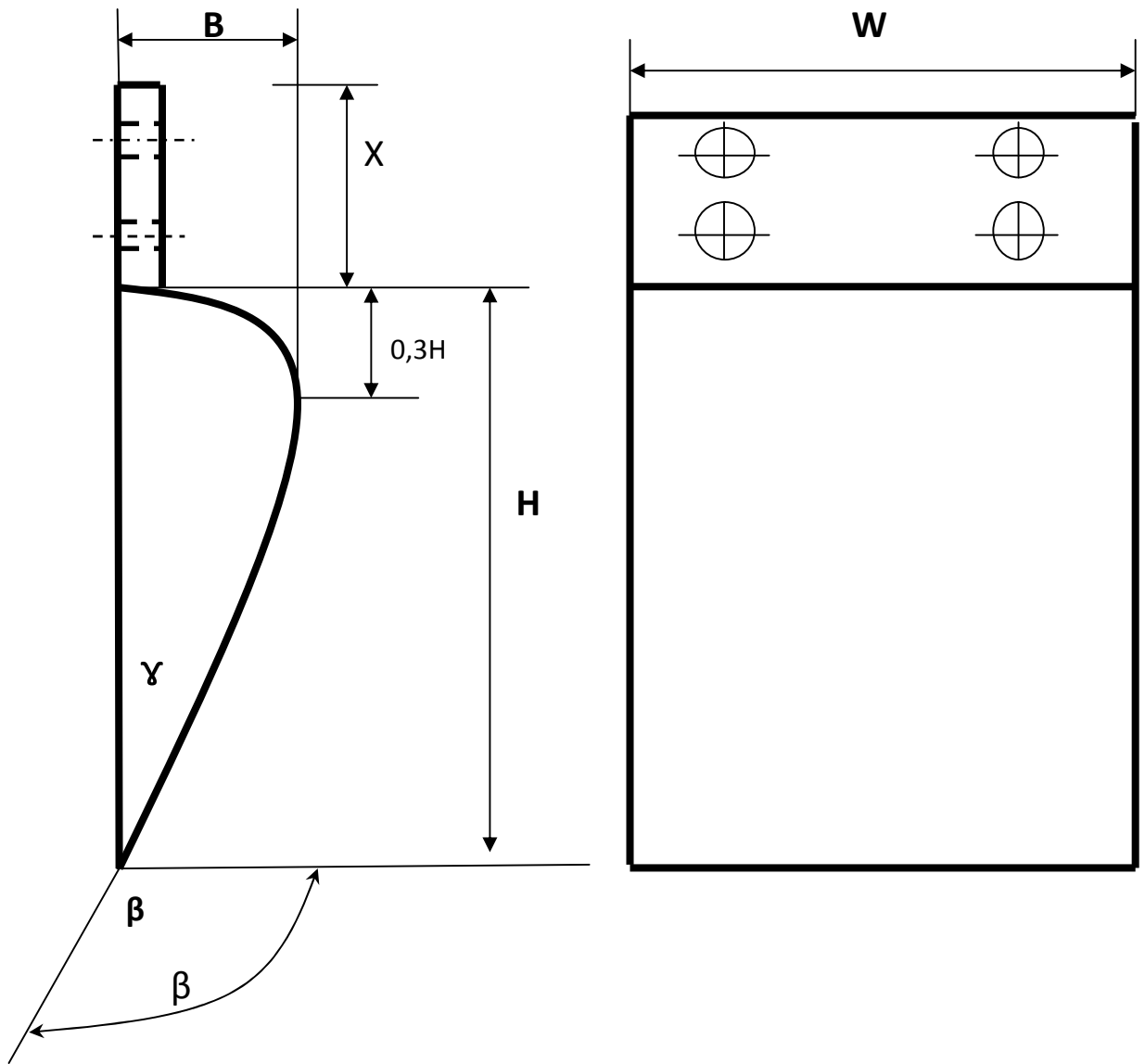
Segitiga kecepatannya adalah sbb:



Gambar 6: Segitiga kecepatan sudu rata (flat).

Dari gambar diatas, terlihat masih banyak energi yang terbuang, yaitu masih ada komponen kecepatan sebesar V_2 yang tidak terpakai. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan

dikembangkan bentuk sudu baru yang kami sebut Sudu Pelton Modifikasi untuk Kincir Air Undershot dengan kecepatan rendah 0,8 m/detik – 2,5 m/detik sbb:

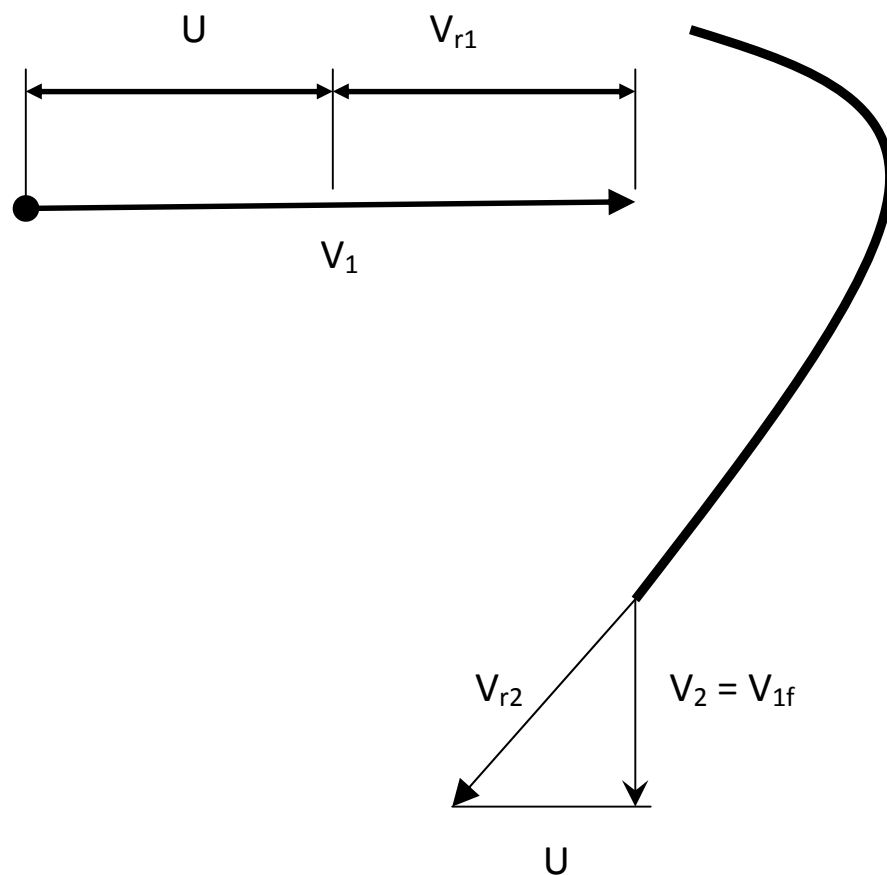


Gambar 7: Sudu Pelton Modifikasi

Tabel 1: Variabel ukuran Sudu Kincir Air Pelton-Modifikasi terhadap diameter roda kincir.

Diameter roda turbin (Cm)	Jumlah Sudu (Blade number)	Sudut γ	Sudut β	Tinggi blade H (cm)	Kedalaman maks. blade B (cm)	Lebar blade W (cm)	Panjang tangkai X (cm)
50 - 80	8	45	135	15-20	0,35 H	15-40	5 cm
80 - 120	10	36	134	15-30	0,35H	16-40	6 cm
120 - 150	12	30	150	16-35	0,33H	18-55	7 cm
150 - 200	16	22,5	157,5	16-40	0,32H	20-50	8 cm
200 - 240	20	18	162	18-45	0,31H	25-60	9 cm
240 - 300	24	15	165	20-50	0,30 H	30-70	10 cm
300 - 400	26	13,8	166,2	20-50	0,29 H	31-72	11 cm
400 - 450	28	12,8	167,2	22-50	0,28H	33-75	12 cm
450 - 500	30	12	168	25-50	0,27H	35-76	13 cm
550 - 600	34	10,5	169,5	28-55	0,26H	38-78	14 cm
600 - 650	36	10	170	30-60	0,25 H	40-80	15 cm

Analisis segitiga kecepatan Sudu Pelton Modifikasi yg baru dikembangkan:



Gambar 8: Segitiga kecepatan Sudu Pelton Modifikasi

Melalui pengembangan sudu yang mengadopsi prinsip Pelton ini, terlihat energi air arus lemah dapat terserap secara optimum menjadi energi mekanik atau energi listrik. Untuk itu diperlukan perancangan sudu dan pengujian yang akan dilakukan melalui penelitian yang diusulkan ini.

BAB IV MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini akan menunjukkan secara faktual perbedaan serapan energi kinetik aliran sungai antara sudu rata (Flat Blade) dengan Sudu Pelton Modifikasi yang diusulkan ini. Perbedaan tersebut akan terlihat secara jelas pada momen puntir poros hasil pengukuran yang dalam hal ini akan diukur pada tempat pengujian yang sama dengan variabel kecepatan arus yang sama.

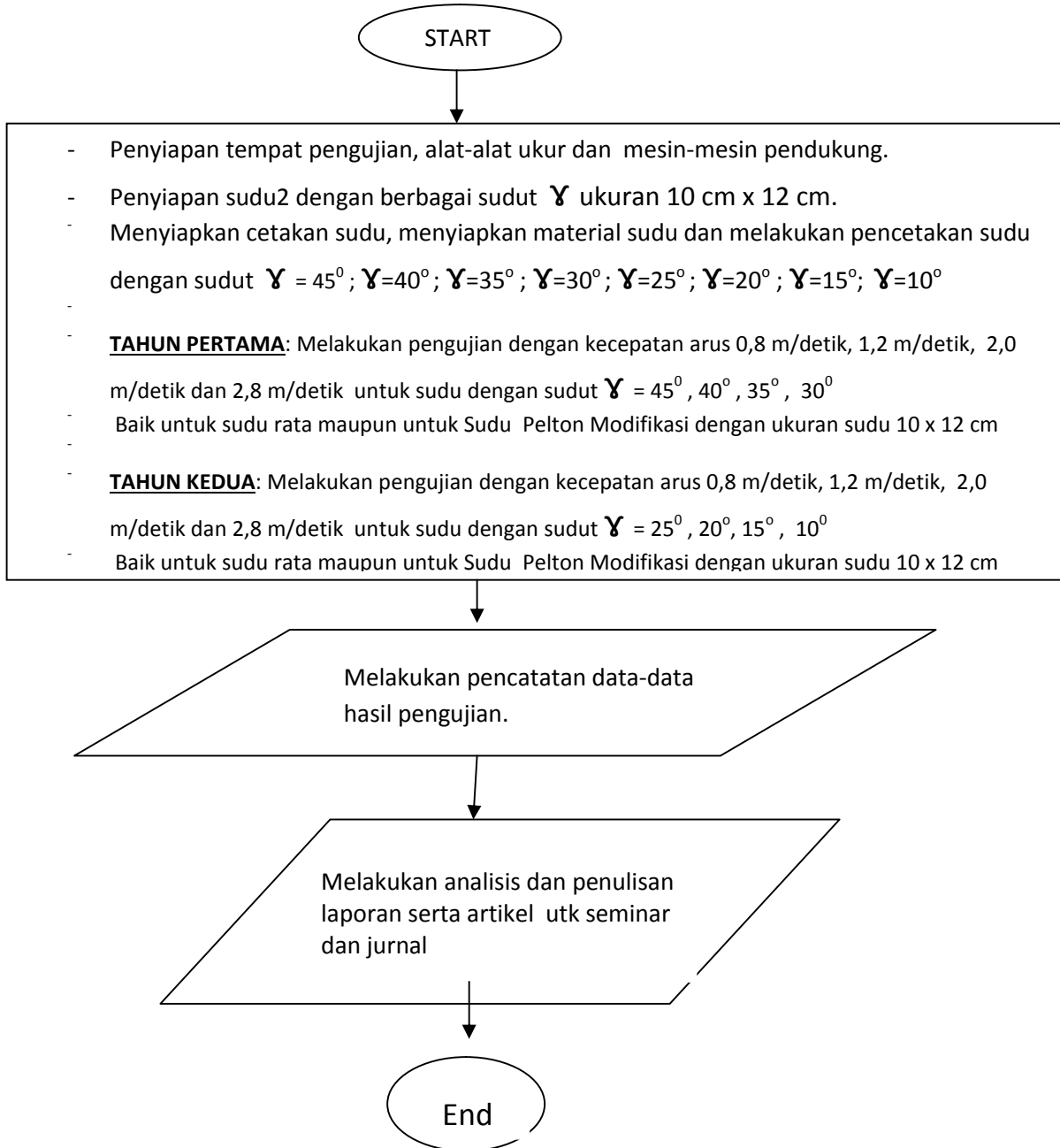
Manfaat yang kedua adalah kontribusi bagi pengembangan Turbin Air (Kincir Air) Undershot untuk arus lemah yang memungkinkan pemanfaatan arus sungai-sungai di Sumatera Selatan menjadi energi listrik atau energi mekanik lainnya secara lebih efektif.

Manfaat ketiga, hasil penelitian ini dapat dipublikasikan secara nasional maupun secara internasional sebagai sumbangan bagi ilmu pengetahuan.

Manfaat keempat, hasil penelitian ini dapat menambah materi perkuliahan sebagai sesuatu yang baru khususnya bagi turbin air (Kincir Air) undershot.

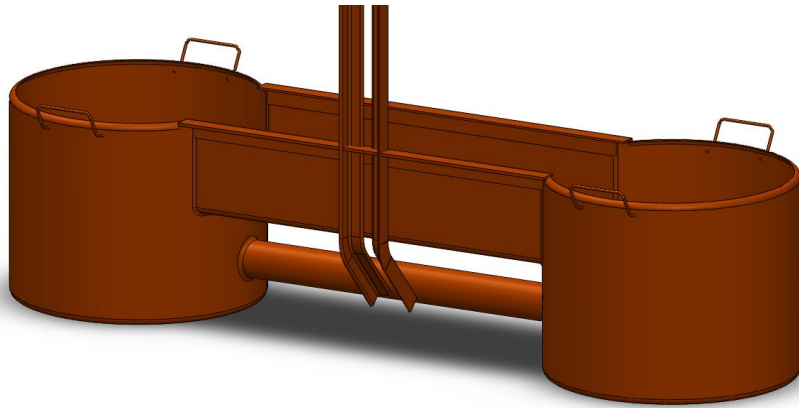
BAB V. LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN TAHUN PERTAMA

V.1. Penelitian ini dilakukan dengan diagram alir sbb:

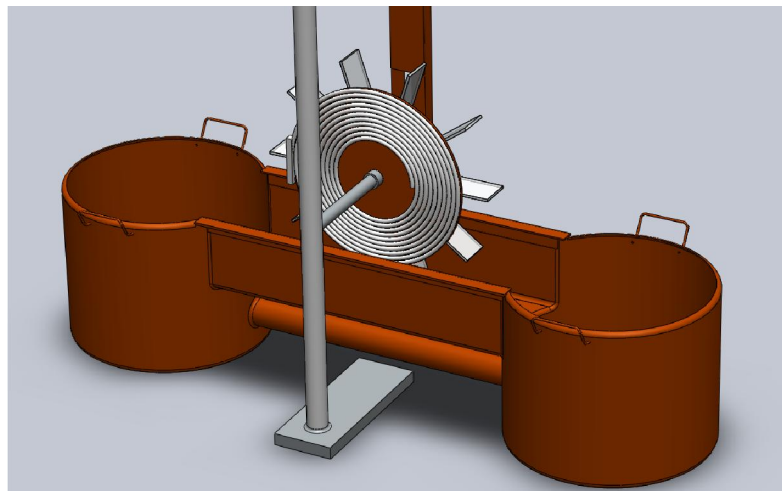


Gambar: Diagram alir Penelitian Tahun Pertama dan Tahun Kedua

V.2. METODOLOGI



Gambar 1: Alat uji utama berupa sistem sirkulasi air dengan dua Silinder kiri dan kanan, dan pipa saluran balik (bawah) serta saluran air (atas).



Gambar 2: Alat uji dengan roda kincir terpasang

Pada penelitian ini diukur tiga komponen penting masing-masing: Putaran roda kincir, Torsi pada poros kincir berikut beban yang diberikan dan Putaran pada keadaan berbeban. Data pengujian ini dilakukan pada Sudu Rata, Sudu dengan gamma 30° , Sudu dengan gamma 35° , Sudu dengan gamma 40° dan Sudu dengan gamma 45° .

Pembuatan Sudu Dengan Berbagai Sudut Gama dilakukan dengan urutan kerja sbb:

Urutan Kerja Pembuatan Sudu Pelton Modifikasi Melalui Proses Cetak Resin

1. Siapkan rangka cetak berupa kotak dari kaca ukuran 14 x 12 cm
2. Siapkan pola cetakan sesuai sudut sudu yang mau dibuat.
Siapkan lilin pembentuk sudu sesuai sudut sudu yang mau dibuat.
3. Siapkan pola cetakan untuk membentuk cekungan sudu sesuai sudut sudu yang mau dibuat.
4. Lakukan pencampuran antara Unsaturated Polyester Resin Type 2668 WNC dengan 1% hardener Methyl Ethyl Keton Peroksida (Mepoxe).
5. Lakukan penuangan hingga semua rongga terisi dan mencapai level yang ditentukan.
6. Keluarkan sudu dari cetakan setelah 5 jam penuangan.
7. Lakukan finishing terhadap permukaan sudu.
8. Lakukan penimbangan dan penomoran.
9. Lakukan pemboran untuk baut pemegang sudu kincir.
10. Sudu siap digunakan untuk pengujian



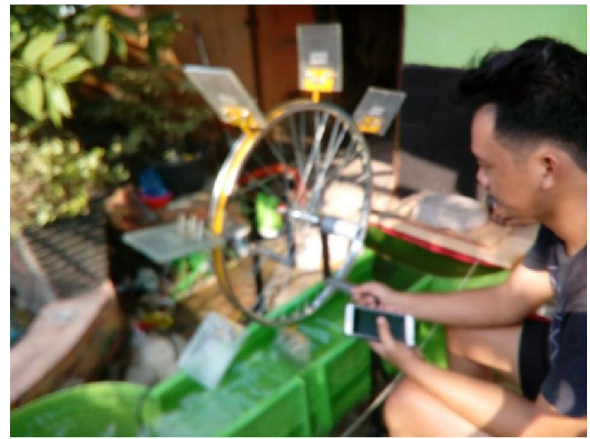


Komposisi material baja 'wire mesh':

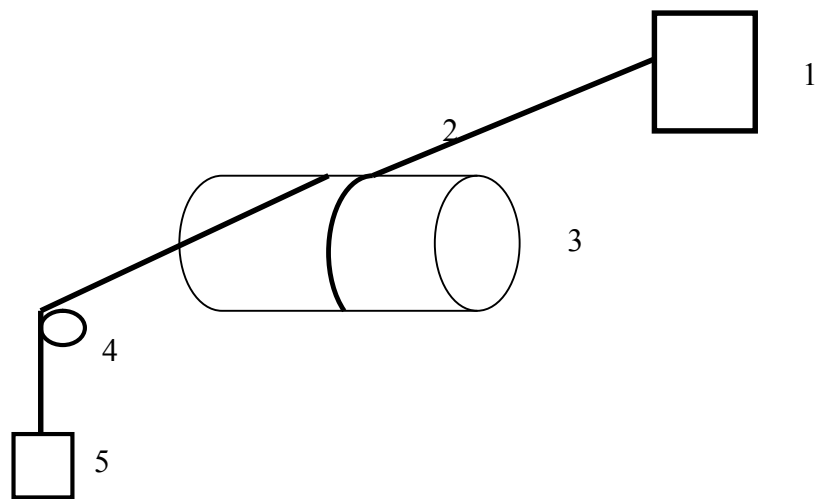
Unsur	Prosentase (%)	Unsur	Prosentase (%)
Cu	0,133	Mo	0,114
Zn	35,49	Pb	0,276
Zr	0,043	V	1,44
Nb	0,053	Fe	46,17
Mn	0,224	Co	0,772

Diagram Alir Penyiapan Lengan Sudu Kincir Undershot

1. Pemilihan bentuk roda kincir
2. Penentuan diameter roda kincir.
3. Pembuatan 'belt' tempat lengan pemegang sudu.
4. Melakukan pengelasan lengan pemegang sudu terhadap belt.
5. Melakukan pemboran terhadap daun lengan pemegang sudu.
6. Melakukan pengikatan 'belt' sudu terhadap 'wheel rim'
7. Wheel rim siap digunakan.



Torsi pada poros Kincir diukur dengan skema sbb:



1. Timbangan gaya
2. Benang
3. Roll silinderis
4. Pulley
5. Beban

Adapun hasil-hasil yang didapat dari pengujian ini adalah sbb:

NO:	SUDUT GAMMA SUDU	KECEPATAN ALIRAN V = 2,68 m/det	KECEPATAN ALIRAN V = 2,397 m/det	KECEPATAN ALIRAN V = 1,57 m/det	KECEPATAN ALIRAN V = 1,539 m/det	KECEPATAN ALIRAN V = 0,98 m/det
	Tiga Puluh Derajat	Tanpa beban: N = 26,0 Beban 275 gr Fp = 650 gr N = 24,5 Beban 425 gr Fp = 1050 gr N = 24 Beban 535 gr Fp 1250 gr N = 22,6 Beban 710 gr Fp 1700 gr N = 22,25	Tanpa beban N = 25,7 Rpm Beban 275 gr Fp = 650 gr N = 24,25 Beban 425 gr Fp = 1050 gr N = 22,3 Beban 535 gr Fp = 1250 gr N = 21,6 Beban 710 gr Fp 1750 gr N = 20	Tanpa beban N = 10,8 Beban 275 gr Fp = 650 gr N = 10 Beban 425 gr Fp = 1150 gr N = 9,75 Beban 535 gr Fp = 1250 N = 8,6 Beban 710 gr Fp = 1750 gr N = 7,75	Tanpa beban N = 10,75 Beban 275 gr Fp = 650 gr N = 10 rpm Beban 425 gr Fp = 1100 gr N = 8,5 Beban 535 gr Fp = 1300 N = 8,5 Beban 710 gr Fp = 1700gr N = 7,7	Tanpa beban N = 5 Beban 275gr Fp = 450gr N = 1
	Tiga Puluh Lima Derajat	Tanpa beban N = 27,2 Beban 275gr Fp=650 gr N = 24 Beban 425gr Fp=1000gr N = 22,9	Tanpa beban N = 25,6 Beban 275gr Fp = 650 gr N = 22,5 Beban 425gr Fp= 1100gr	Tanpa beban N = 10,85 Beban 275gr Fp = 650gr N = 10,2 Beban 425gr Fp = 1050gr	Tanpa beban = 10,8 Beban 275gr Fp = 650gr N = 10.2 Beban 425gr Fp = 1100gr N = 9,7	Tanpa beban N = 7 Beban 275gr Fp = 500gr N = 1,8 Beban 425gr Fp = 0

		<p>Beban 535gr Fp = 1210gr N = 21,7</p> <p>Beban 710gr Fp = 1750gr N = 21,7</p>	<p>N = 22,3</p> <p>Beban 535gr Fp = 1200gr N = 21,5</p> <p>Beban 710gr Fp = 1800gr N = 21,2</p>	<p>N = 9,8</p> <p>Beban 535gr Fp = 1350gr N = 9,2</p> <p>Beban 710gr Fp = 1800gr N = 8,1</p>	<p>Beban 535gr Fp = 1275gr N = 9</p> <p>Beban 710gr Fp = 1750gr N = 8,0</p>	<p>N = 0</p>
	Empat puluh Derajat	<p>Tanpa beban N = 28,75</p> <p>Beban 275gr Beban pegas 675gr N = 24,1</p> <p>Beban 425gr Beban pegas 1000gr N = 21,2</p> <p>Beban 535gr Beban pegas 1100gr N = 19</p> <p>Beban 710gr Beban pegas 1400gr N = 18,5</p>	<p>Tanpa beban N = 21,2</p> <p>Beban 275gr Beban pegas 675gr N = 20 rpm</p> <p>Beban 425 gr Beban pegas 1000gr N = 19,8 rpm</p> <p>Beban 535gr Beban pegas 1100gr N = 18</p> <p>Beban 710gr Beban pegas 1400gr N = 17,5</p>	<p>Tanpa beban N = 11,3</p> <p>Beban 275gr Beban pegas 625gr N = 10,7</p> <p>Beban 425gr Beban pegas 625gr N = 10,3</p> <p>Beban 535gr Beban pegas 1050gr N = 10,25</p> <p>Beban 710gr Beban pegas 1450gr N = 9,75</p>	<p>Tanpa beban N = 11,25</p> <p>Beban 275gr Beban pegas 675gr N = 10,6</p> <p>Beban 425gr Beban pegas 950gr N = 10,25</p> <p>Beban 535gr Beban pegas 1050gr N = 10,20</p> <p>Beban 710gr Beban pegas 1250gr N = 9</p>	<p>Tanpa beban N = 10.6</p> <p>Beban 275gr Fp = 550gr N = 3</p>
	Empat Puluh Lima Derajat	<p>Tanpa beban N=28</p> <p>Beban 275 gr Beban pegas 650 gr N = 25,5 Rpm</p>	<p>Tanpa beban N = 23,4</p> <p>Beban 275 gr Beban pegas 675 gr N = 19 Rpm</p>	<p>Tanpa beban N = 16,75 Rpm</p> <p>Beban 275 gr Beban pegas 700 gr N = 15,2 Rpm</p>	<p>Tanpa beban N = 16,5</p> <p>Beban 275 gr Fp = 1050 gr N = 15</p>	<p>Tanpa beban N = 8</p> <p>Beban 275gr Fp = 650gr N = 4</p>

		<p>Beban (275 +150) gr Beban pegas 950 gr N = 22,8 Rpm</p> <p>Beban (275+150+110) Beban pegas 1200 gr N = 22,5 Rpm</p> <p>Beban (275+150+110+175) Beban pegas 1650 gr N = 21,8 Rpm</p>	<p>Beban 425 gr Beban pegas 1050 gr N = 17,3</p> <p>Beban 535 gr Beban pegas 1200 gr N = 17</p> <p>Beban 710 gr Beban pegas 1650 gr N= 15,75</p>	<p>Beban (275+150) gr Beban pegas 1000 gr N = 14,5 Rpm</p> <p>Beban (275+150+110) Beban pegas 1250 gr N = 14,3 Rpm</p> <p>Beban (275+150+110+175) Beban pegas 1550 gr N = 14,3 Rpm</p> <p>Beban (275+150+110+175+1 25) Beban Pegas 1750 gr N = 12,4 Rpm</p>	<p>Beban 425 gr Fp = 700 gr N = 14,3</p> <p>Beban 535 gr Fp = 1215 gr N = 14</p> <p>Beban 710 gr Fp = 1500 N = 12,3</p> <p>Beban 835 gr Fp = 1800 gr N = 12,25</p>	<p>Beban 425gr Fp 850gr N = 0</p>
--	--	--	--	---	--	---

Pengukuran Kecepatan Aliran Air:

Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan menggunakan alat ukur kecepatan aliran yang disebut: Current Meter LS 1206B Propeller Type, Cara kedua adalah secara manual dan ketiga secara perhitungan kecepatan keliling roda kincir dengan $U/V = 0,46$

Keadaan Tanpa Beban.

Diameter rata-rata roda kincir: 82 cm = 0,82 meter

Putaran maksimum pada Kecepatan 1 terjadi pada sudu dengan Gama = 40 derajat, yaitu: 28,75 RPM

Kecepatan keliling roda kincir adalah:

$$\begin{aligned}U &= (\pi \cdot D \cdot N) / 60 \\ &= (\pi \times 0,82 \times 28,75) / 60 \\ &= 1,233 \text{ m/detik.}\end{aligned}$$

Ratio antara kecepatan keliling roda kincir dengan kecepatan aliran (U/V) = 0,46.

Maka:

$$V1 = 2,68 \text{ m/detik.}$$

Putaran maksimum pada Kecepatan 2 terjadi pada sudu dengan sudut Gama = 10 derajat, yaitu 25,75 RPM

$$\begin{aligned}U &= (\pi \cdot D \cdot N) / 60 \\ &= (\pi \times 0,82 \times 25,7) / 60 \\ &= 1,1028 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

Dengan $U/V = 0,46$ maka $V2 = 2,397$ m/detik.

Putaran maksimum pada Kecepatan 3 terjadi pada sudu dengan sudut Gama = 45 derajat, yaitu: 16,75 Rpm

$$U = (\pi \cdot D \cdot N) / 60 = 0,718 \text{ m/detik.}$$

Dengan $U/V = 0,46$ maka $V3 = 1,56$ m/detik.

Putaran maksimum pada Kecepatan 4 terjadi pada sudu dengan sudut Gama = 45 derajat, yaitu: 16,5 Rpm.

$$U = (\pi \cdot D \cdot N) / 60 = 0,708 \text{ m/detik.}$$

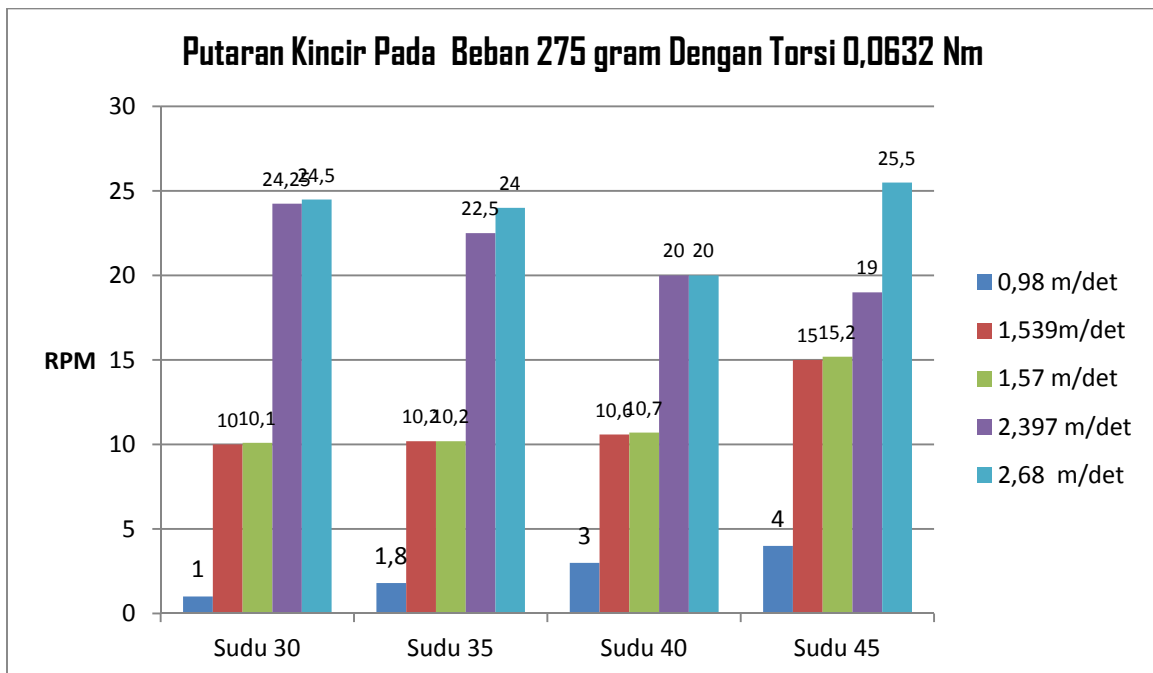
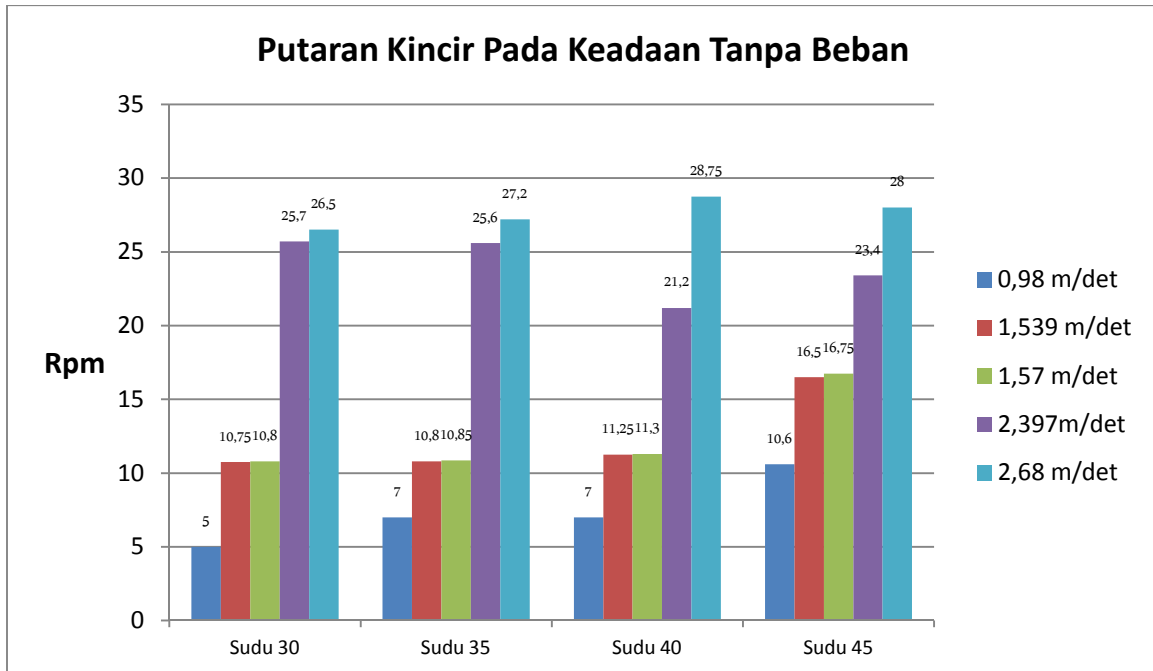
Dengan $U/V = 0,46$ maka $V4 = 1,539$ m/detik.

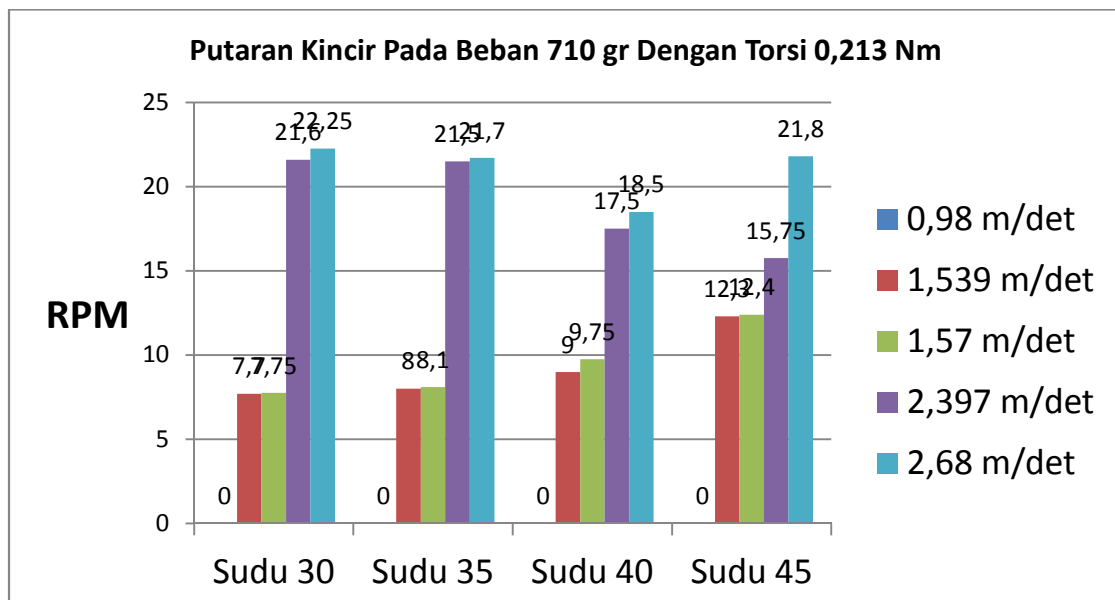
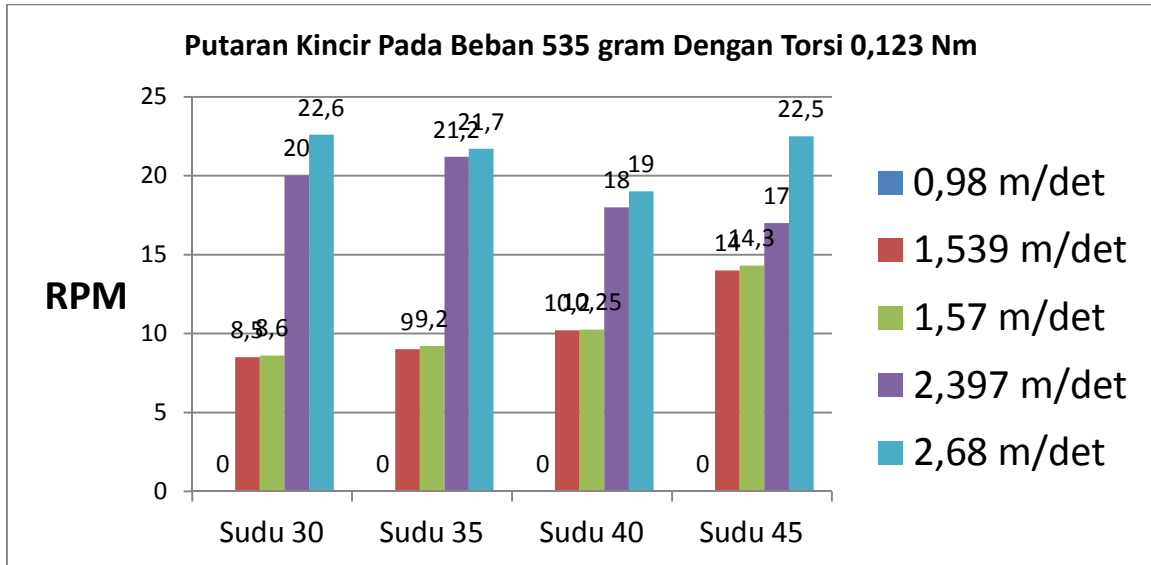
Putaran maksimum pada Kecepatan 5 terjadi pada sudu dengan sudut Gama = 45 derajat, yaitu: 10,4 Rpm.

$$U = (\pi \cdot D \cdot N) / 60 = (\pi \times 0,82 \times 10,4) / 60 = 0,446 \text{ m/detik.}$$

Dengan $U/V = 0,46$ maka $V5 = 0,97$ m/detik

Dari data diatas, dapat diperoleh Grafik-grafik Putaran Kincir sbb:





Dari data tersebut, dapat dihitung besaran-besaran berikut:

1. Gaya yang menimbulkan torsi pada poros:
 $\Delta F = F_{\text{pegas}} - F_{\text{total}}$
2. Torsi pada turbin air (Nm):
 $T = \Delta F \times g \times r$. Pulley diambil $g = 10 \text{ m/detik}^2$.
3. Kecepatan sudu turbin (m/detik)
 $U_{\text{sudu}} = (\pi \cdot D \cdot N) / 60$
4. Daya air (Watt):
 $P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot (V_{\text{air}})^3$
5. Kecepatan sudut Roda kincir (Rad/det)
 $\omega = (2\pi N) / 60$
6. Daya kincir (Watt):
 $P_t = (T \times \omega) / \eta_{rg}$.
7. Koefisien Daya:
 $C_p = P_t / P_{th} = \text{Daya turbin} / \text{Daya air}$.

DARI HASIL PERHITUNGAN DENGAN FORMULA DIATAS, DIDAPAT HASIL SEBAGAI BERIKUT:

Untuk sudu dengan sudut gamma 30 derajat pada kecepatan aliran 0,98 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det) <i>0,042913 X N</i>	Daya air (Watt) <i>11,5 V³</i>	Kec. Sudut kincir (Rad/det) <i>0,10466N</i>	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
1	0	0	0	5	0,0120	0	0,023	0	0,21456	10,823	0,5233	0,9	0	-	
2	0,275	0,275	0,65	1	0,0120	0,375	0,023	0,0862	0,042913	10,823	0,1046	0,9	0,009	0,000833	0,083
3															
4															
5															

Untuk sudu dengan sudut gamma 30 derajat pada kecepatan aliran V = 1,539 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det) <i>0,042913 X N</i>	Daya air (Watt) <i>11,5 V³</i>	Kec. Sudut kincir (Rad/det) <i>0,10466N</i>	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
1	0	0	0	10,75	0,0120	0	0,023	0	0,21456	41,919	1,1250	0,9	0	-	
2	0,275	0,275	0,65	8,5	0,0120	0,375	0,023	0,862	0,36476	41,919	0,8896	0,9	0,766	0,0182	1,82
3		0,425	1,10	8,5	0,0120	0,625	0,023	1,437	0,36476	41,919	0,8896	0,9	1,278	0,0304	3,04
4		0,535	1,25	7,7	0,0120	0,715	0,023	1,644	0,33043	41,919	0,8058	0,9	1,324	0,0315	3,15

Untuk sudu dengan sudut gamma 30 derajat pada kecepatan aliran 1,57 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	10,8	0,0120	0	0,023	0	0,4634	44,503	1,1303	0,9	0	-	-
2	0,275	0,275	0,65	10	0,0120	0,375	0,023	0,086	0,4291	44,503	1,046	0,9	0,0899	0,00202	0,2
3		0,425	1,15	9,75	0,0120	0,725	0,023	0,166	0,4184	44,503	1,0204	0,9	0,1693	0,00380	0,38
4		0,535	1,75	8,6	0,0120	1,215	0,023	0,279	0,3690	44,503	0,9000	0,9	0,2511	0,00564	0,56
5		0,71	1,70	7,75	0,0120	0,999	0,023	0,229	0,3325	44,503	0,8111	0,9	0,1857	0,00417	0,41

Untuk sudu dengan sudut 30 derajat pada kecepatan aliran V = 2,397 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	25,7	0,0120	0	0,023	0	1,1028	44,503	2,6897	0,9	0	-	-
2	0,275	0,275	0,65	24,25	0,0120	0,375	0,023	0,086	1,0406	44,503	2,5380	0,9	0,231	0,00519	0,519
3		0,425	1,05	22,3	0,0120	0,625	0,023	0,143	0,9569	44,503	2,3339	0,9	0,333	0,00748	0,748
4		0,535	1,25	21,6	0,0120	0,715	0,023	0,164	0,9269	44,503	2,2606	0,9	0,370	0,00831	0,831
5		0,71	1,75	20	0,0120	1,04	0,023	0,239	0,8582	44,503	2,0932	0,9	0,500	0,01121	1,120

Untuk sudu dengan sudut 30 derajat pada kecepatan aliran $V = 2,68$ m/detik.

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det) $0,042913 \times N$	Daya air (Watt) $11,5 V^3$	Kec. Sudut kincir (Rad/det) $0,10466N$	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
1	0	0	0	26	0,0120	0	0,023	0	1,1157	221,36	2,7211	0,9	0	-	-
2	0,275	0,275	0,65	24,5	0,0120	0,375	0,023	0,086	1,0513	221,36	2,5641	0,9	0,245	0,0011	0,11
3		0,425	1,05	24	0,0120	0,625	0,023	0,143	1,0299	221,36	2,5118	0,9	0,399	0,0018	0,18
4		0,535	1,25	22,6	0,0120	0,715	0,023	0,164	0,9698	221,36	2,3653	0,9	0,43	0,00194	0,19
5		0,71	1,70	22,25	0,0120	1,00	0,023	0,230	0,9548	221,36	2,3286	0,9	0,594	0,00268	0,26

Untuk sudu dengan sudut gamma 35 derajat pada kecepatan aliran $V = 0,98$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det) $0,042913 \times N$	Daya air (Watt) $11,5 V^3$	Kec. Sudut kincir (Rad/det) $0,10466N$	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
1	0	0	0	7	0,0120	0	0,023	0	0,30039	10,823	0,73262	0,9	0	-	-
2	0,275	0,275	0,65	1,8	0,0120	1,15	0,023	0,2645	0,07724	10,823	0,18838	0,9	0,0497	0,00459	0,4
3		0,425	1,05	0	0,0120	0,625	0,023	0,1437	0	10,823	0	0,9	0		

Untuk sudu dengan sudut gamma 35 derajat pada kecepatan aliran V = 1,539 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	10,8	0,0120	0	0,023	0	0,46346	41,919	1,1303	0,9	0	-0	-
2	0,275	0,275	0,65	10,2	0,0120	0,375	0,023	0,0862	0,43771	41,919	1,0675	0,9	0,102	0,002703	0,2703
3		0,425	1,10	9,7	0,0120	0,675	0,023	0,155	0,41625	41,919	1,0152	0,9	0,157	0,004161	0,4161
		0,535	1,275	9	0,0120	0,74	0,023	0,1702	0,38621	41,919	0,94194	0,9	0,160	0,004240	0,3816
		0,71	1,750	8,0	0,0120	1,04	0,023	0,239	0,34330	41,919	0,83728	0,9	0,222	0,005884	0,5884

Untuk sudu dengan sudut gamma 35 derajat pada kecepatan aliran V = 1,57 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	Usudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	10,85	0,0120	0	0,023	0	0,46560	44,503	1,13556	0,9	0		
2	0,275	0,275	0,65	10,2	0,0120	0,375	0,023	0,0862	0,43771	44,503	1,06753	0,9	0,092	0,002296	0,296
3		0,425	1,05	9,8	0,0120	0,625	0,023	0,1437	0,42054	44,503	1,02566	0,9	0,1534	0,003447	0,3447
		0,535	1,250	9,2	0,0120	0,715	0,023	0,1644	0,39479	44,503	0,96287	0,9	0,1582	0,003554	0,3554
		0,71	1,800	8,1	0,0120	1,09	0,023	0,2507	0,34759	44,503	0,84774	0,9	0,2125	0,004774	0,4774

Untuk sudu dengan sudut gamma 35 derajat pada kecepatan aliran $V = 2,397$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	25,6	0,0120	0	0,023	0	1,09857	158,38	2,67929	0,9	0		
2	0,275	0,275	0,65	22,5	0,0120	0,375	0,023	0,08625	0,96554	158,38	2,35485	0,9	0,225	0,00142	0,142
3		0,425	1,1	22,3	0,0120	0,625	0,023	0,14375	0,95695	158,38	2,33391	0,9	0,372	0,00234	0,234
		0,535	1,2	21,5	0,0120	0,715	0,023	0,16445	0,92263	158,38	2,25019	0,9	0,411	0,002595	0,259
		0,71	1,8	21,2	0,0120	1,09	0,023	0,2507	0,90975	158,38	2,218792	0,9	0,617	0,003895	0,389

Untuk sudu dengan sudut gamma 35 derajat pada kecepatan aliran $V = 2,68$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	27,2	0,0120	0	0,023	0	1,16723	221,36	2,84675	0,9	0	-	-
2	0,275	0,275	0,65	24	0,0120	0,375	0,023	0,08625	1,02991	221,36	2,51184	0,9	0,241	0,00108	0,108
3		0,425	1,0	22,9	0,0120	0,575	0,023	0,1322	0,98270	221,36	2,39671	0,9	0,351	0,00158	0,158
		0,535	1,21	21,7	0,0120	0,675	0,023	0,1552	0,93121	221,36	2,27112	0,9	0,391	0,00176	0,176
		0,71	1,750	21,7	0,0120	1,04	0,023	0,2392	0,93121	221,36	2,27112	0,9	0,603	0,00272	0,272

Untuk sudu dengan sudut gamma 40 derajat pada kecepatan aliran V = 0,98 m/det

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	10,6	0,0120	0	0,023	0	0,4548	10,823	1,10939	0,9	0		
2	0,275	0,675		3	0,0120	0,400	0,023	0,092	0,1287	10,823	0,31398	0,9	0,028	0,00266	0,26

Untuk sudu dengan sudut gamma 40 derajat pada kecepatan aliran V = 1,539 m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	Δ F	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	11,25	0,0120	0	0,023	0	0,4827	41,919	1,1774	0,9	0		
2	0,275	0,275	0,675	10,6	0,0120	0,400	0,023	0,92	0,4548	41,919	1,1093	0,9	0,133	0,00317	0,317
3		0,425	0,95	10,25	0,0120	0,525	0,023	0,12	0,4398	41,919	1,0727	0,9	0,143	0,00341	0,341
		0,535	1,05	10,20	0,0120	0,515	0,023	0,118	0,4377	41,919	1,0675	0,9	0,139	0,00331	0,331
		0,71	1,25	9	0,0120	0,54	0,023	0,124	0,3862	41,919	0,9419	0,9	0,144	0,00343	0,343

Untuk sudu dengan sudut gamma 40 derajat pada kecepatan aliran $V = 1,57$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	11,3	0,0120	0	0,023	0	0,4849	44,503	1,1826	0,9	0		
2	0,275	0,275	0,625	10,7	0,0120	0,35	0,023	0,0805	0,4591	44,503	1,1198	0,9	0,1000	0,00224	0,224
3		0,425	0,750	10,3	0,0120	0,325	0,023	0,0747	0,4420	44,503	1,0779	0,9	0,089	0,00199	0,199
		0,535	1,050	10,25	0,0120	0,515	0,023	0,1184	0,4398	44,503	1,0727	0,9	0,140	0,00314	0,314
		0,71	1,45	9,75	0,0120	0,74	0,023	0,1702	0,4184	44,503	1,0204	0,9	0,1736	0,00390	0,390

Untuk sudu dengan sudut gamma 40 derajat pada kecepatan aliran $V = 2,397$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	21,2	0,0120	0	0,023	0	0,90975	158,38	2,2188	0,9	0		
2	0,275	0,275	0,675	20	0,0120	0,4	0,023	0,092	0,85826	158,38	2,0932	0,9	0,2138	0,00135	0,135
3		0,425	1,000	19,8	0,0120	0,575	0,023	0,132	0,84967	158,38	2,0722	0,9	0,3038	0,00191	0,191
		0,535	1,100	18	0,0120	0,565	0,023	0,129	0,77243	158,38	1,8838	0,9	0,270	0,01468	0,146
		0,71	1,400	17,5	0,0120	0,69	0,023	0,158	0,75097	158,38	1,8315	0,9	0,3215	0,0202	0,202

Untuk sudu dengan sudut gamma 40 derajat pada kecepatan aliran $V = 2,68$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	28,75	0,0120	0	0,023	0	0,90975	172,45	2,2188	0,9	0	-	
2	0,275	0,275	0,675	24,1	0,0120	0,4	0,023	0,092	0,85826	172,45	2,0932	0,9	0,1024	0,000593	0,0593
3		0,425	1,0	21,2	0,0120	0,575	0,023	0,13225	0,84967	172,45	2,0722	0,9	0,304	0,001762	0,1762
		0,535	1,1	19	0,0120	0,565	0,023	0,1299	0,77243	172,45	1,8838	0,9	0,271	0,001571	0,1571
		0,71	1,4	18,5	0,0120	0,69	0,023	0,1587	0,75097	172,45	1,8315	0,9	0,290	0,001681	0,1681

Untuk sudu dengan sudut gamma 45 derajat pada kecepatan aliran $V = 0,98$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	8	0,0120	0	0,023	0	0,44629	10,823	0,83728	0,9	0		
2	0,275	0,275	0,650	4	0,0120	0,375	0,023	0,0862	0,17165	10,823	0,41864	0,9	0,036	0,00332	0,332
3		0,425	0,950	1	0,0120	0,525	0,023	0,1207	0,04291	10,823	0,10466	0,9	0,0126	0,00116	0,116

Untuk sudu dengan sudut gamma 45 derajat pada kecepatan aliran $V = 1,539$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 $\times N$	11,5 V^3	0,10466N				
1	0	0	0	16,5	0,0120		0,023	0	0,708064	41,919	1,72689	0,9	0	0	
2	0,275	0,275	0,700	15	0,0120	0,425	0,023	0,0977	0,64369	41,919	1,5699	0,9	0,1704	0,00406	0,406
3		0,425	1,050	14,3	0,0120	0,625	0,023	0,1437	0,61365	41,919	1,4966	0,9	0,2389	0,00569	0,569
		0,535	1,215	14	0,0120	0,68	0,023	0,1564	0,60078	41,919	1,4652	0,9	0,2546	0,00607	0,607
		0,710	1,800	12,3	0,0120	1,09	0,023	0,2507	0,52782	41,919	1,2853	0,9	0,3670	0,00875	0,875

Untuk sudu dengan sudut gamma 45 derajat pada kecepatan aliran $V = 1,57$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 $\times N$	11,5 V^3	0,10466N				
1	0	0	0	16,75	0,0120	0	0,023	0	0,71879	44,503	1,753055	0,9	0	0	
2	0,275	0,275	0,70	15,2	0,0120	0,425	0,023	0,0977	0,65227	44,503	1,5908	0,9	0,172	0,00386	0,386
3		0,425	1,00	14,5	0,0120	0,575	0,023	0,1322	0,62223	44,503	1,5175	0,9	0,222	0,00498	0,498
		0,535	1,25	14,3	0,0120	0,715	0,023	0,1644	0,61365	44,503	1,4966	0,9	0,273	0,00613	0,613
		0,710	1,55	14	0,0120	0,840	0,023	0,1932	0,60078	44,503	1,4652	0,9	0,314	0,00705	0,705

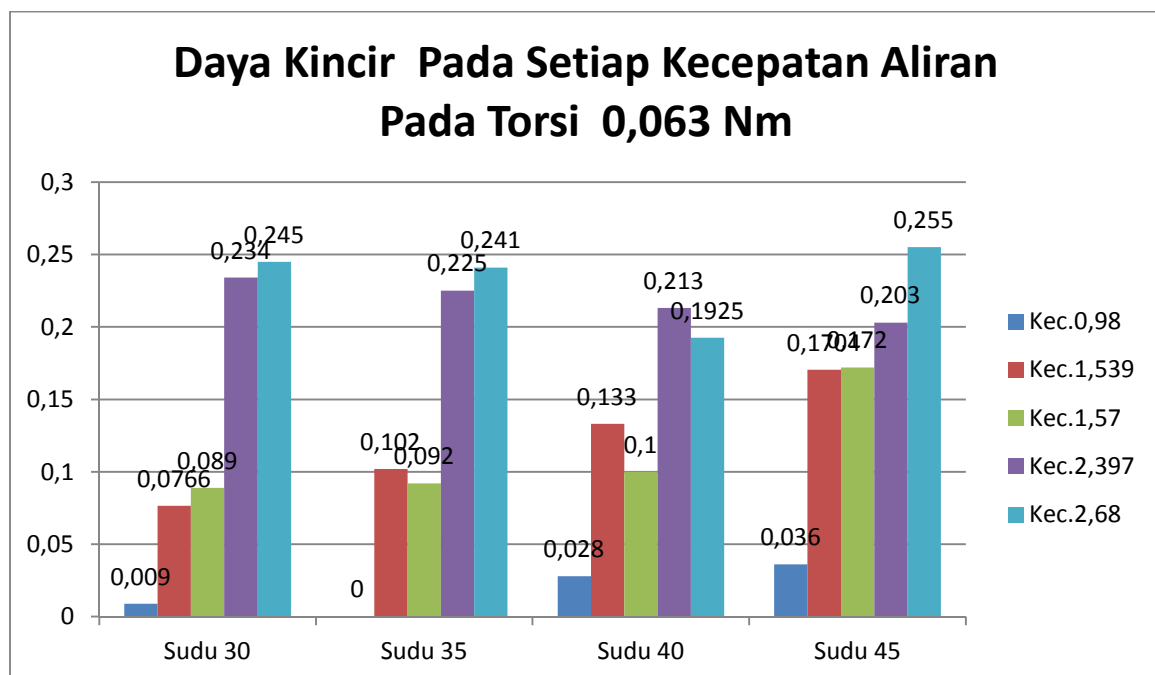
Untuk sudu dengan sudut gamma 45 derajat pada kecepatan aliran air $V = 2,397$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	23,4	0,0120	0	0,023	0	1,00416	158,38	2,449	0,9	0	0	
2	0,275	0,275	0,675	19	0,0120	0,4	0,023	0,092	0,8153	158,38	1,988	0,9	0,203	0,00128	0,128
3		0,425	1,05	17,3	0,0120	0,625	0,023	0,143	0,7423	158,38	1,810	0,9	0,287	0,00181	0,181
		0,535	1,20	17	0,0120	0,665	0,023	0,153	0,7295	158,38	1,779	0,9	0,302	0,00190	0,190
		0,710	1,65	15,75	0,0120	0,940	0,023	0,216	0,6758	158,38	1,6483	0,9	0,395	0,00249	0,249

Untuk sudu dengan sudut gamma 45 derajat pada kecepatan aliran air $V = 2,68$ m/detik

No:	F beban (Kgf)	F total (Kgf)	F pegas (Kgf)	N (Rpm)	A sudu (m ²)	ΔF	Radius pulley (m)	Torsi pada roda kincir (Nm)	U sudu (m/det)	Daya air (Watt)	Kec. Sudut kincir (Rad/det)	Efisiensi roda gigi	Daya Kincir (Watt)	Koef. Daya Kincir	Efisiensi kincir (%)
									0,042913 X N	11,5 V ³	0,10466N				
1	0	0	0	28	0,0120	0	0,023	0	1,2015	221,36	2,93048	0,9	0	0	0
2	0,275	0,275	0,65	25,5	0,0120	0,375	0,023	0,0862	1,09428	221,36	2,66883	0,9	0,255	0,00115	0,115
3		0,425	0,95	22,8	0,0120	0,525	0,023	0,1207	0,9784	221,36	2,38624	0,9	0,32	0,00144	0,144
		0,535	1,2	22,5	0,0120	0,665	0,023	0,153	0,9655	221,36	2,35485	0,9	0,40	0,00180	0,180
		0,710	1,65	21,8	0,0120	0,940	0,023	0,216	0,9355	221,36	2,28158	0,9	0,547	0,00247	0,247

Grafik Daya Kincir Terhadap Sudut Gamma Pada Berbagai Kecepatan



Grafik menunjukkan secara konsisten kecenderungan peningkatan daya kincir pada berbagai kecepatan aliran. Nilai torsi 0,063 Nm diambil, untuk penyederhanaan perolehan data pada beban awal 275 gram..







Data daya menunjukkan terdapat fluktuasi yang cukup besar karena beban poros yang ditunjukkan pada timbangan pegas juga fluktuatif. Harga yang fluktuatif ini agak sukar untuk dimantapkan karena terkait sifat aliran air khususnya kontour permukaan air yang tidak stabil mendatar horizontal, tetapi merupakan permukaan yang dinamis dan bergelombang.

Namun secara sangat yakin kita dapat menyimpulkan dari data sementara ini bahwa daya kincir cenderung meningkat seiring dengan peningkatan sudut gamma yang hingga 45 derajat. Namun kita belum mengetahui, bagaimana profil daya dan putaran kincir pada sudut gamma nol derajat hingga dua puluh lima derajat.

KESIMPULAN SEMENTARA TAHUN PERTAMA

Dari data yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan sementara, yaitu:

1. Terdapat kecenderungan dimana, makin besar sudut gamma pada sudu makin besar pula daya air yang dapat diakomodasi pada kincir air.
2. Bentuk kurva daya kincir air terkait sudut gamma sudu memiliki tiga kemungkinan, bentuk sebagai berikut yaitu:

NO:	Tahun Kedua	Tahun Pertama
1		
2		
3		

3. Kesimpulan ahir akan diperoleh setelah dilakukan pengujian untuk sudu dengan sudut gamma 0° , 10° , 15° , 20° dan 25° pada TAHAP KEDUA.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawi, I. (2014). Tidal Current Turbine and Related Development Problems for Indonesia. *Applied Mechanics and Materials*, 575, 610–614. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.575.610>
- Darmawi, Nurussama, & Taqwiym, A. (2016). THE EFFICIENCY DECREMENT OF THE SPIRAL PUMP REGARDING THE PIPE COIL DIAMETER, (19 mm), 27–30.
- Darmawi, Sipahutar, R., Masreah, S., & Sodik, M. (2013). Renewable Energy and Hydropower Utilization Tendency Worldwide, 16, 213–215.
- Hussian, Z., Abdullah, Z., & Alimuddin, Z. (2008). *Basic Fluid Mechanics and Hydraulic Machines*. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=FABEAQAIAAJ&pgis=1>
- Kiho, S., Shiono, M., & Suzuki, K. (1996). The power generation from tidal currents by darrieus turbine. *Renewable Energy*, 9(1–4), 1242–1245. [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(96\)88501-6](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)88501-6)

BIODATA PENELITI

I. IDENTITAS DIRI

1.1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr.Ir. Darmawi, MT.,MT.
1.2.	Jabatan fungsional	Pembina/ IV-a
1.3.	NIP/NIK/Nomor identitas lainnya	195806151987031002
1.4.	Tempat dan Tanggal lahir	Tulung Selapan, 15 Juni 1958
1.5.	Alamat rumah	Komplek Afila Permai Blok P No:2
1.6.	Nomor telepon/Fax	0812-7886884
1.7.	Alamat e-mail	darmawi@unsri.ac.id
1.8	Mata kuliah yang diampuh	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem Pembangkit Tenaga Air 2. Teknik Energi dan Lingkungan 3. Alat Pengangkat dan Pengangkut 4. Teknik Korosi

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

	S1	S2	S2	S3
Nama PT	Univ. Sriwijaya	ITB	UNSRI	UNSRI
Bidang ilmu	Tek. Mesin	Korosi	Energi	Energi & Lingkungan
Tahun masuk	1977	1991	1999	2009
Tahun lulus	1986	1995	2003	2013
Judul tugas akhir	Turbin Uap	Studi Korosi Retak Tegang pada Baja Tahan Karat Tipe 304 Tersensitisasi di Lingkungan 5N H ₂ SO ₄ + NaCl pada suhu kamar dengan metode Lengkung U	Up-grading Batubara Peringkat Rendah Kabupaten Banyuasin Melalui Proses Pemanasan Temperatur rendah.	Pengembangan Kemandirian Energi Pedesaan Berwawasan Lingkungan melalui Rancang Bangun Kincir Air Apung pada Saluran Sekunder Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut.
Nama pembimbing	Ir. Masursyah Nasoetion	Dr.Ir. Sulaiman, MSc	Prof. Ir. Machmud Hasjim,MME	Dr.Ir.Riman Sipahutar, MSc

III. PENGALAMAN PENELITIAN (

No:	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2014	Pengujian Skala Laboratorium Aplikasi Kincir Air Apung Untuk Pemanfaatan	UNSRI	50.000.000,-

		Energi Pasang Surut Untuk Menggerakkan Pompa Spiral		
--	--	---	--	--

IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No:	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2014	Aplikasi Rancang Bangun Alat Pemanggang Kemplang Palembang Yang Hemat Energi, Sehat dan Hygienis Untuk Usaha Kecil di Kenten Palembang	DIPA Unsri	Rp8.000.000,-
2	2015	Aplikasi Rancangan Tungku Pemanggang Kemplang Untuk Tiga Orang Pemanggang	DIPA Unsri	Rp5.000.000,-
3	2016	Modifikasi Mesin Penggiling Mie Menjadi Alat Press Purun Untuk Memperkuat Daya Saing Industri Rumahan Masyarakat Desa Pedamaran Kabupaten Ogan Komering Ilir		

V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No:	Tahun	Judul artikel ilmiah	Volume/nomor	Nama Jurnal
1	2013	Renewable Energy and Hydropower Utilization Tendency Worldwide	Vol. 16 No:1	Renewable and Sustainable Energy Reviews
2	2013	Pico Hydropower Application on Tidal Irrigation Canal Supporting the Indonesian Agricultural Activities Case Study: Telang II - Banyuasin	Vol 3. No: 1	International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology
3	2014	Tidal Current Turbine and Related Development Problems for Indonesia	Vol 575 pp 610-614	Applied Mechanics and Materials

Indralaya, 21 Nopember 2018
Peneliti

Dr. Ir. Darmawi, MT., MT.
NIP.195806151987031002

CURRICULUM VITAE

1. **N a m a** : Dr. Ir. Riman Sipahutar, MSc.
2. **N I P** : 19560604 198602 1 001
3. **NIDN** : 0004065606
4. **Jabatan / Gol.** : Lektor Kepala / IV-a
5. **Pekerjaan** : Dosen Fakultas Teknik Unsri
6. **Tempat / Tanggal lahir** : P. Siantar / 4 Juni 1956
7. **Jenis Kelamin** : Laki-laki
8. **Alamat Kantor** : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri

Jl. Raya Prabumulih KM-32 Indralaya, OI.

Telepon : 0711-580272

8. Alamat Rumah : Jl. Perwari/Bayam No. 81 Rt. 21-C, Palembang
30113. Telepon : 0711-317722 ;

HP: 0811787782 ; Fax: 0711-317722

Email: riman_sipahutar@yahoo.com

9. Pendidikan : S1 - Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri, 1985

: S2 - Master of Science in Combustion and Energy, Leeds University, England, 1988.

: S3 - Doctor of Philosophy in Fuel and Energy, Leeds University, England, 1992.

9. Pengalaman Penelitian :

No:	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)
1	2014	Pengaruh ratio pencampuran minyak kelapa dan solar terhadap emisi gas buang dan kinerja mesin Diesel	Penelitian dosen	10
2	2015	Performance of Combined Water Turbine Drrieus-Savonius with two stages Savonious Bucket and single deflector	DIPA UNSRI	15
3	2017	Bio-coal Briquettes made from South Sumatra low rank coal and palm shell charcoal for using in small industries	DIPA UNSRI	225

10. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

No:	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2014	Aplikasi Rancang Bangun Alat Pemanggang Kemplang Palembang Yang Hemat Energi, Sehat dan Hygienis Untuk Usaha Kecil di Kenten Palembang	DIPA Unsri	Rp8.000.000,-
2	2015	Aplikasi Rancangan Tungku Pemanggang Kemplang Untuk Tiga Orang Pemanggang	DIPA Unsri	Rp5.000.000,-
3	2016	Modifikasi Mesin Penggiling Mie Menjadi Alat Press Purun Untuk		

		Memperkuat Daya Saing Industri Rumahhan Masyarakat Desa Pedamaran Kabupaten Ogan Komerling Ilir		
--	--	--	--	--

12. Pengalaman Pekerjaan

- a.. Wakil Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, 2006 s.d. 2009.
- b. Peneliti RUSNAS PEBT Universitas Sriwijaya 2008 – sekarang.

Palembang, 4 Juni 2018

Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

NAMA : QOMARUL HADI, ST. MT.Met

NIP : 132 130 471

TEMPAT/TGL. LAHIR : PALEMBANG, 13 FEBRUARY 1969

PANGKAT/GOLONGAN : PENATA MUDA / III.C

JABATAN FUNGSIONAL : LEKTOR

PEKERJAAN : DOSEN TETAP JURUSAN TEKNIK MESIN,

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA

ALAMAT : JL. SYUHADA NO.1956 RT.35 RW.10

KELURAHAN LOROK PAKJO CAMPUS

PALEMBANG 30137

TELEPON/HP : 0711-8355775 / 081532972341

ALAMAT KANTOR : JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA JL. RAYA

PALEMBANG-PRABUMULIH INDRALAYA,

OGAN ILIR SUMSEL

TELEPON/ FAX : 0711-580272 / 0711-580371

Jabatan : Wk lab Bengkel 1996-1998

Wk Lab Metalurgi 1998- 2001

Wk. Lab Metalurgi 2004 s/d Sekarang

Sekjur Teknik Mesin Unsri 2009 s/d 2013

1. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. UMUM

No	Jenis sekolah	Bagian	Tahun	Tempat
01	SD Negeri Teladan 100	-----	1977-1983	Palembang
02	SMP Negeri I	-----	1983-1985	Palembang
03	SMA Negeri I	FISIK (A1)	1985-1988	Palembang
04	Fakultas Teknik Unsri	S1 Teknik Mesin	1988-1994	Palembang
05	Universitas Indonesia	Teknik metallurgy	2000-2002	Palembang

B KURSUS,/ PENATARAN/ PELATIHAN

No	Jenis Kursus/pelatihan/workshop	Penyelenggara	Tempat	waktu
01	Lokakarya/workshop penyusunan dokumentasi jurusan	UNSRI	2008	Palembang
02	Lokakarya Akreditasi dan Penjamin Mutu Pendidikan Tinggi	Universitas Sriwijaya	2007	Palembang
03	Lokakarya Strategi Pengembangan Energy Laternatif	PEMDA , Dewan Riset Nasional	2008	Palembang
04	Lokarrya PersiapanAkreditasi Laboratorium	FT.Unsri	2009	Palembang
05	Worksop Implementasi Penjamin Mutu Pendidikan FT. Unsri	Forum HEDS	2008	Indralaya

2. PENGALAMAN TUTORIAL / SEMINAR

No	JUDUL PELATIHAN , MAKALAH SEMINAR	Penyelenggara/T empat	Waktu	Kedudukan
01	PelatihanAhli Korosi Tingkat Dasar	Balitek-INDECOR/Balitek	2006	Tutorial
02	PelatihanAhli Korosi Tingkat Dasar	Balitek-INDECOR/Balitek	2007	Tutorial
03	Pelatihan /WORKSHOP Welding Infection	Balitek	2008	Tutorial
04	Pengaruh Retak Tegang Terhadap Faktor Intensitas Tegangan Pada	Seminar Nasional Sains dan		

	Logam Paduan Al-Cu di lingkungan 0,2M NaOH	Teknologi 2007, UNILA,Lampung , 27 Agustus 2007	2007	Pemakalah
06	Pengaruh Fraksi Volume Penguat Terhadap Densitas Porositas, Kekerasan dan Keausan MMCAL6063-Al2O3 Dengan Sistem Casting	Seminar Nasional Dosen Muda (Dikti 2009)	2009	Pemakalah Terbaik
07	Seminar Implementasi Energi Alternatif dan Teknologi Hasil Pertanian dalam Rangka Memperdayakan Ekonomi Masyarakat menuju Sumsel Lumbung Energi dan Pangan Nasional,Palembang, 26 Juli	Dewan Riset Daerah Palembang, 26 Juli 2007	2007	Peserta
08	Penguatan Logam Dengan Metode ECAP pada Logam	Seminar Kenaikan Jabatan Fungsional, Fakultas Teknik, UNSRI 2008	2008	Pemakalah

3. PENGALAMAN PENELITIAN

No	JUDUL PENELITIAN	Sumber Dana	Waktu	Hasil Dalam Publikasi
01	Pengaruh Retak Tegang Terhadap Faktor Intensitas Tegangan Pada Logam Paduan Al-Cu di lingkungan 0,2M NaOH	Dana Mandiri	2007	Proceeding SATEK'2007
02	Pengaruh Fraksi Volume Penguat Terhadap Densitas Porositas, Kekerasan dan Keausan MMCAL6063-Al2O3 Dengan Sistem Casting	Dosen Muda (Dikti 2008)	2009	Laporan Penelitian

06	Penguatan Logam Dengan Metode ECAP pada Logam	Dana Mandiri	2008	Laporan Penelitian
----	---	--------------	------	--------------------

4 PENGALAMAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

No	JUDUL PENGABDIAN	SUMBER DANA	Waktu	TEMPAT
05	Komponen-Komponen Mesin Speda Motor Dan Perawatan Dasar Kepada Para Guru Dan Siswa Pgrl Indralaya, Ogan Ilir	DANA DIPA UNSRI 2007	2007	OGAN ILIR
06	Upaya Peningkatan Oduk Pengecoran Dengan Perbaikan Mutu Bahan Baku Dan Metode Pengecoran Di Industri Kecil Logam Jaya Palembang	Dikti 2008	2008	PALEMBANG

SURAT PERNYATAAN

Yang Bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dr.Ir. Darmawi, MT.,MT

NIP : 195806151987031002

Fakultas : Fakultas Teknik

Perguruan Tinggi : Universitas Sriwijaya

Pangkat/Golongan : Pembina / IV-a

Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Alamat : Komplek Afila Permai Blok P No:2 Kenten laut – Palembang 30961

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian saya dengan judul “ **Pengembangan Sudu Turbin Pelton Untuk Diaplikasikan Pada Kincir Air Type Undershot Arus Lemah 0,8 – 2,5 m/detik Dengan Bahan Dasar Polymer Matrik Komposit**” yang diusulkan dalam jenis Penelitian Unggulan Kompetitif Tahun 2018 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Mengetahui,
Ketua LPPM Universitas Sriwijaya

Prof.Dr. Tatang Suhery,M.A.,PhD
NIP: 195904121984031002

Palembang, 22 Februari 2018,

Yang menyatakan,



Dr.Ir. Darmawi, MT.,MT
NIP: 195806151987031002

TINJAUAN TEORITIS MODIFIKASI SUDU TURBIN PELTON DENGAN MATERIAL POLYESTER MATRIX COMPOSITE UNTUK PEMAKAIAN PADA KINCIR AIR 'UNDERSHOT' ARUS LEMAH 0,8 – 2,5 M/DETIK

Darmawi ^{*, a)}, Riman Sipahutar ^{*)}, Qomarul Hadi ^{*)}

^{*)} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya Ogan Ilir 30662

^{a)} Corresponding author email: darmawi@unsri.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan telaah bagi pengembangan sudu turbin Pelton berupa modifikasi bentuk sudu untuk pemakaian pada kincir air 'undershot' arus lemah 0,8-2,5 m/detik dalam rangka pemanfaatan energi air sungai yang ada di Sumatera Selatan khususnya dan Indonesia pada umumnya dengan tujuan untuk optimalisasi penyerapan energi kinetik arus sungai menjadi energi mekanik yang berguna bagi kehidupan. Material yang digunakan pada modifikasi ini adalah Polyester Matrix Composite berpenguat anyaman logam dengan tujuan untuk mendapatkan kekuatan mekanik, kekuatan impact dan kekuatan terhadap korosi air laut dan memastikan sudu kincir air ini dapat beroperasi di air laut sekalipun. Variabel pengujian dilakukan terhadap sudut gama dengan kisaran 10 derajat hingga 45 derajat. Hasil yang dicapai sementara ini menunjukkan sudu dengan sudut gama 30 derajat menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan kisaran sudut lainnya.

Kata kunci: Sudu Pelton modifikasi, arus lemah, Polyester Matrix Composite, Penguat anyaman kawat.

Abstract

It has been studied about the modification of Pelton turbine blade to apply for Undershot Waterwheel at low current speed of 0.8 – 2.5 m/sec for South Sumatran rivers specifically and Indonesian rivers are in general. This study aims at developing and confirming that the kinetic energy of water current could optimally utilized by creating a new blade shape, inspired from Pelton blade modification to ascend the effectiveness and improve the efficiencies. The material used in this experiments is Polyester Matrix Composite reinforced by wire mesh to find the mechanical and impact strength and corrosion strength. The variable of the tests are the gamma angle of the blade which is ranging from 10⁰ to 45⁰. The tests results temporarily show that the blade with gamma 30⁰ produce a higher force compare to blade with other gamma angle.

Keywords: Pelton blade modification, Low current, Polyester Matrix Composite, Wire mesh reinforcement.

1. Pendahuluan

Hasil studi [1] menunjukkan bahwa kecepatan arus sungai di Sumatera Selatan khususnya pada umumnya berada dibawah 1 m/detik. Pada kecepatan dibawah 1 m/detik, arus air kurang ekonomis untuk dimanfaatkan menjadi energi mekanik [2] sehingga diperlukan upaya untuk melakukan modifikasi terhadap arus sungai tersebut dalam rangka meningkatkan kecepatan aliran menuju sudu turbin air guna mengoptimalisasikan energi kinetik arus sungai.

Secara teknologi, ada dua hal yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut, yaitu Pertama, menggunakan pengarah yang berbentuk konvergen guna memfokuskan aliran dan meningkatkan kecepatan pada saat memasuki sudu turbin. Kedua, adalah melakukan modifikasi sudu turbin air atau kincir air sehingga dapat menyerap energi air secara maksimal.

Sebagaimana diketahui, bahwa penulis telah melakukan penelitian [2] terhadap energi aliran air pasang surut pada saluran sekunder daerah Telang, Banyuasin-Sumatera Selatan dengan menggunakan Kincir Air sudu rata. Sudu rata pada kesempatan itu dimaksudkan untuk mengantisipasi aliran bolak-balik pada saat pasang naik dan pada saat pasang surut. Dari penelitian terdahulu itu dapat disimpulkan beberapa hal yang meliputi:

1. Masih banyak energi aliran air yang terbuang pada sudu rata.
2. Terdapat kendala dalam sistem transmisi yang bekerja dengan prinsip meningkatkan putaran (*step-up*) yang belum umum dijual di pasaran.[3]

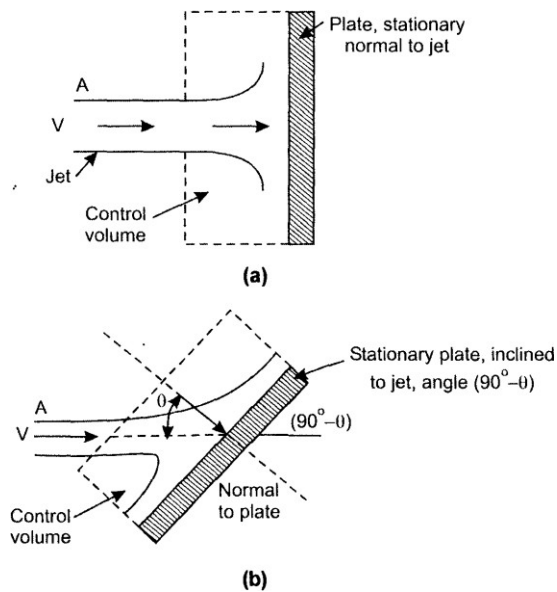
Tulisan ini akan membahas tentang upaya memaksimalkan penyerapan energi kinetik aliran air dengan cara memodifikasi sudu turbin untuk diaplikasikan pada kincir air aliran bawah (*undershot*). Sudu turbin Pelton dianggap sangat layak dijadikan acuan, karena telah terbukti efektif menyerap energi impuls yang berasal dari aliran air yang keluar dari penstock dan diubah menjadi energi mekanik melalui sudu-sudu turbin. Oleh karena itu, kami menyebut sudu kincir yang kami buat ini sebagai Sudu Pelton modifikasi, karena memang inspirasi pembuatan sudu ini berasal dari sudu Pelton. Sudu Pelton sendiri tak mungkin digunakan pada kincir air '*undershot*' karena sudu ini dirancang khusus untuk kecepatan aliran yang tinggi, yaitu sekitar 100 m/detik atau lebih besar. Sedangkan kecepatan aliran air sungai berkisar 0,8 m/detik atau jika dilakukan modifikasi aliran, maka kecepatan dapat ditingkatkan hingga sekitar 2 m/detik. Untuk keamanan, maka pada pengujian ini dilakukan pengujian dengan kisaran 0,8 m/det hingga 2,5 m/det.

Jika aliran sungai-sungai di Indonesia yang kebanyakan bergerak dengan kecepatan dibawah 1 m/detik dapat dimanfaatkan menjadi energi mekanik secara optimal maka sangat besar potensi energi air (*hydropower*) yang dapat digunakan untuk kehidupan masyarakat terutama yang tinggal di pedesaan.

2. Tinjauan Teoritis

Kincir Air (*Waterwheel*) bekerja dengan tiga prinsip dasar, yaitu: Aliran Atas (*Uppershot*), Aliran Dada (*Breastshot*) dan Aliran Bawah (*Undershot*) yang masing-masing membutuhkan konfigurasi sudu yang berbeda terkait arah dan sifat aliran yang berbeda pula. Kincir air dengan sudu rata akan menghasilkan aliran dengan konfigurasi seperti pada Gambar 1. Untuk memastikan sudu dapat beroperasi dengan aman pada lingkungan air yang asam sekalipun, maka material sudu tidak dibuat dari logam tetapi

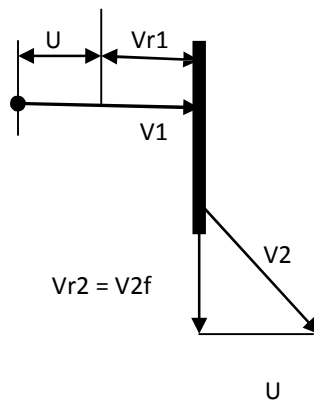
dibuat dari PMC (Polymer Matrix Composite) dengan penguat wire mesh baja yang pada bangunan digunakan sebagai saringan nyamuk.



Gambar 1. Aliran membentur sudu rata [4].

- a. Pada posisi vertikal
- b. Pada posisi miring.

Segitiga kecepatan aliran menjadi sbb:



Gambar 2. Segitiga kecepatan turbin air dengan sudu rata.

Dimana:

U = kecepatan keliling sudu (rad/detik)

V_{r1} = kecepatan relatif air masuk sudu (m/det)

V_1 = kecepatan absolut air masuk sudu (m/det)

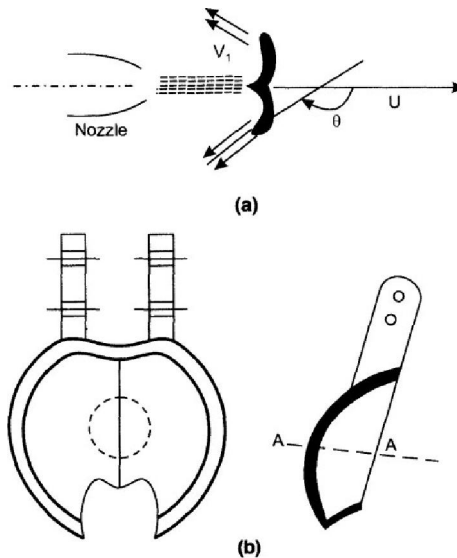
V_{r2} = kecepatan relatif air keluar sudu. V_{2f} = kecepatan aliran keluar sudu.

V_2 = kecepatan absolut air keluar sudu.

. Ada beberapa macam resin yang ditemukan dipasar, diantaranya adalah: Polyaster

Oprthopthalic, Polyester Isophthalic, Epoxy, Vinyl Ester, Phenolic dan Yukalac. Hampir semua resin-resin ini tahan terhadap korosi dan larutan asam, yang menjadi alasan mengapa resin dijadikan bahan baku sudu. Dengan ketahanan korosi dan ketahanan terhadap asam, maka sudu ini akan dapat beroperasi pada air laut dengan pH rendah. Pada perencanaan sudu modifikasi ini, dipilih resin Unsaturated Polyester Type 2668 WNC dengan pengeras MEPOXE (Methyl Ethyl Keton Peroksida) dengan alasan mudah didapatkan dan harga lebih murah.

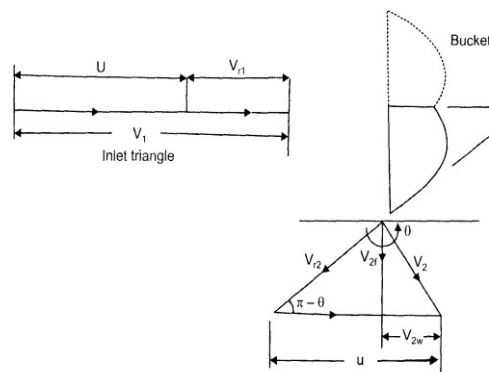
Berikut adalah sudu Pelton yang bekerja pada Turbin Air Impuls



Gambar3: Sudu Pelton

- Sudu Pelton dengan pemecah jet pada bagian tengah dan kemiringan pada sisi samping untuk menghindari interferensi.
- Sudu Pelton dengan tangkai pemegang tampak depan dan tampak samping

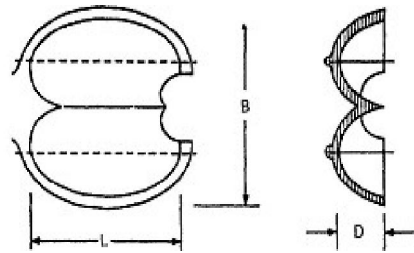
Dimana segitiga kecepatannya adalah sebagai berikut:



Gambar 4: Sudu Pelton dengan segitiga kecepatan saat inlet dan outlet.

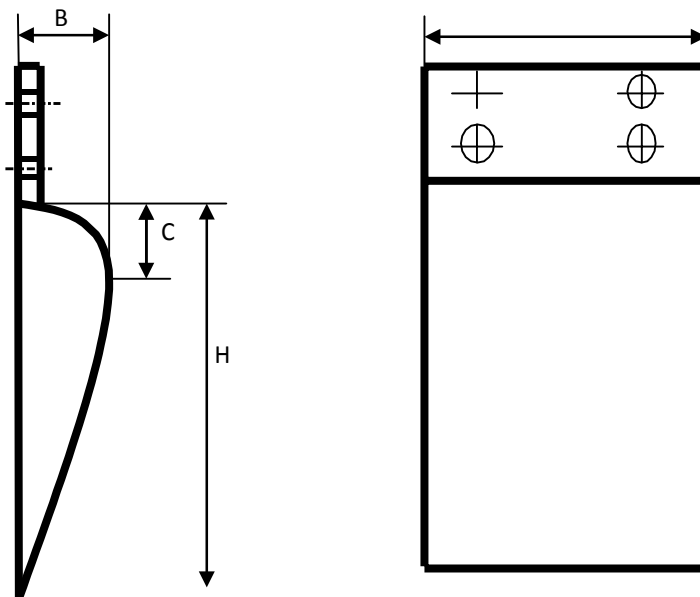
3. Sudu Pelton Modifikasi

Sudu dengan bentuk seperti ini tidak dapat bekerja efektif pada aliran air dengan kecepatan rendah. Oleh sebab itu perlu pengembangan berupa perubahan-perubahan bentuk pada sisi tertentu yang mengarah pada efektifitas dan efisiensi sudu yang lebih tinggi.



Gambar 5: Sudu Pelton dan ukurannya.

Dimana: $L = 2 - 3 D$; $B = 3-5 D$ dan $D = 0,8 - 1,2$ diameter nozzle.[4]



Gambar 6: Sudu Pelton modifikasi dengan ukuran-ukuran utama.

Gambar 6 menunjukkan sudu Pelton modifikasi untuk aliran air kecepatan rendah 0,8 m/detik – 2,5 m/detik.[5] Pada sudu ini terdapat dinding disisi kiri dan kanan, serta bidang miring dengan kemiringan sudut gama dengan kisaran 10^0 hingga 45^0 yang dimaksudkan untuk mengakomodir sebanyak mungkin arus dan menyerap sebesar-besarnya energi kinetik air pada sudu. Dinding ini dimaksudkan untuk meminimalisir kerugian energi akibat aliran relatif keluar sudu Vr_2 yang juga merupakan $V2f$. Sebaliknya air akan mengalir kebawah yang bidangnya miring sebesar sudut gama.

Dengan cara ini maka akan didapat berapakah peningkatannya dibandingkan dengan jika sudu kincir hanya berupa bidang datar saja. Dan pada kemiringan sudut gamma berapa didapat efisiensi tertinggi sudu modifikasi.

Tabel1: Hipotetik ukuran sudu Pelton modifikasi untuk kincir air Undershot terhadap tinggi sudu (H) dan sudut gamma.[5]

No.	Sudut γ	Kedalaman sudu B (cm)	Lebar sudu W (cm)
1	45	0,4 -0,5H	1,2-1,5H
2	35	0,3-0,4H	1,2-1,5H
3	30	0,3-0,4H	1,2-1,6H
4	20	0,2-0,35H	1,2-1,6H
5	15	0,2-0,3H	1,2-1,7H
6	10	0,2-0,3H	1,2-1,7H

Pengujian lebih lanjut masih diperlukan untuk memastikan hipotesa ini bekerja sesuai perkiraan dan perkiraan ukuran-ukuran mendekati kepastian.

4. Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan diatas dapat disimpulkan hal-hal sbb:

1. Secara teoritis, dapat dilakukan pembuatan sudu turbin bentuk baru untuk pemakaian pada kincir air 'undershot' agar penyerapan energi kinetik air pada sudu lebih optimum dibandingkan dengan hanya memakai sudu rata.
2. Pembuatan sudu baru ini mengacu kepada modifikasi sudu Pelton dimana bidang miring pada kiri kanan sudu Pelton, diubah menjadi bidang tegak karena untuk air dengan kecepatan rendah 0,8-2,5 m/detik karena tak akan menimbulkan interferensi.
3. Lebar sudu modifikasi ini lebih besar dari tinggi sudu, untuk mengantisipasi pemakaian pada sungai yang dangkal.

Daftar Pustaka:

1. Darmawi, "Pengembangan Kemandirian Energi Pedesaan Berwawasan Lingkungan Melalui Rancang Bangun Kincir Air Apung Pada Saluran Sekunder Daerah Reklamasi Rawa Pasng Surut", Disertasi, Pascasarjana Unsri , Palembang, 2013.
2. Kiho S, Shiono M, Suzuki K, "The Power Generatio From Tidal Currents by Darrieus Turbine", WREC Journal, halaman 1242-1245, Tahun 1996.
3. Darmawi, "Tidal Curentns Turbine and Related Development Problems for Indonesia", International Journal of Applied Mechanics and Materials, Volume 575 Halaman 610-614, Tahun 2014.
4. Zoeb Husain, Mohd.Zulkifly Abdullah, Zainal Alimuddin, "Basic Fluid Mechanics and Hydraulic Machines", BS Publication, halaman 101-115, Hyderabad, 2008
5. Darmawi, Riman Sipahutar, Qomarul Hadi, "Pengembangan Sudu Turbin Pelton Untuk Diaplikasikan Pada Kincir Air Undershot Arus Lemah 0,8 – 2,5 m/detik

Dengan Bahan Dasar Polymer Matrik Komposite” , Rancangan Penelitian Dana BNPB, Universitas Sriwijaya, Tahun 2018.



BALAI RISET DAN
STANDARDISASI INDUSTRI
PALEMBANG

Sertifikat

Nomor : 077/BPPI/Baristand-Palembang.5/10/2018
diberikan kepada

Prof. Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.

Atas partisipasinya sebagai PESERTA

SEMINAR NASIONAL 1 HASIL LITBANGYASA INDUSTRI

HILIRISASI INDUSTRI BERBASIS SUMBER DAYA ALAM LOKAL
DALAM MENGHADAPI TANTANGAN INDUSTRI 4.0

Palembang, 18 Oktober 2018



Kepala

Syamdian
Syamdian



Jl. Perindustrian II No. 12, Km. 9, Palembang
Telp. / Fax. : (0711) 412482
WA : 0811 7958 001
e-Mail : baristandpalembang@kemenperin.go.id
baristandpalembang.kemenperin@gmail.com

@baristandpalembang.kemenperin.go.id
baristandpalembang
Baristand Industri Palembang

Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI PALEMBANG

Sertifikat

Nomor : 076/BPPI/Baristand-Palembang.5/10/2018
diberikan kepada
Dr. Darmawi Bayin, S.T.,S.T.,M.T.

Atas partisipasinya sebagai PRESENTER ORAL Karya Tulis Ilmiah dengan judul:
Tinjauan Teoritis Modifikasi Sudu Turbin Pelton Dengan Material Polyester Matrix Composite Untuk Pemakaian Pada Kincir Air "Undershot" Arus Lemah 0.8 – 2.5 m/detik

SEMINAR NASIONAL 1 HASIL LITBANGYASA INDUSTRI
HILIRISASI INDUSTRI BERBASIS SUMBER DAYA ALAM LOKAL
DALAM MENGHADAPI TANTANGAN INDUSTRI 4.0

Palembang, 18 Oktober 2018

Kepala

Syamdian

Jl. Perindustrian II No. 12, Km. 9, Palembang,
Telp. / Fax. : (0711)412482
WA : 0811 7658 001
e-Mail : baristandpalembang@kemenperin.go.id
baristandpalembang.kemenperin@gmail.com

baristandpalembang.kemenperin.go.id
baristandpalembang
Baristand Industri Palembang

**Langkah-langkah Penyiapan
SUDU PELTON MODIFIKASI**

- **Memilih resin jenis** Resin merek SHCP berupa Unsaturated Polyester Resin Type 2668 WNC. Membeli katalis, dari jenis MEPOXE (Methyl Ethyl Keton Peroksida dari resin-resin yang lain.
- **Mempersiapkan tempat pengecoran sudu dan memilih material pola.** Tempat coran dibuat dari kaca, cetakan berbasis material lilin dan pola dibuat dari styrofoam dibungkus penuh dengan celotape.
- Mempersiapkan pola dan material penguat berupa 'wire mesh'
- Melakukan pengecoran.
- Finishing sudu Pelton Modifikasi dengan gerinda.
- Pengukuran dan Penimbangan
- Pengeboran tangkai sudu untuk pengikatan pada posisi sudu.
- Pemasangan sudu (Blade assembly).
- Comissioning dan pengujian.

Langkah-langkah Penyiapan PENYIAPAN RODA KINCIR

1. Pemilihan diameter roda kincir.
2. Perancangan lingkaran/belt pengikat sudu.
3. Pemboran tempat pengikat sudu.
4. Perancangan tiang penyangga roda kincir.
5. Pembuatan tiang penyangga roda kincir
6. Pemasangan roda kincir dan tiang penyangga roda kincir.
7. Commissioning.

Langkah-langkah Penyiapan SISTEM SIRKULASI ALIRAN AIR

1. Memilih bahan yang cocok untuk menjadi silinder air.
2. Merancang sistem laluan air, meliputi bahan dan ukuran.
3. Mencari pipa untuk laluan bawah.
4. Mencari tempat untuk proses pengelasan.
5. Melakukan preparasi untuk proses painting.
6. Proses painting.
7. Sistem Sirkulasi Air siap digunakan.