

**PERANCANGAN KINCIR PEMBANGKIT LISTRIK
TERAPUNG TENAGA AIR DENGAN MODEL
KINCIR LENGAN FLEKSIBEL**

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi sebagian Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:

Saiful Azis

NIM. 1401130330

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PALANGKA RAYA
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
PROGRAM STUDI TADRIS FISIKA
2019 M/1441 H**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Perancangan Kincir Pembangkit Listrik Terapung
Tenaga Air Dengan Model Kincir Lengan Fleksibel
Nama : Saiful Azis
NIM : 1401130330
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Jenjang : Strata Satu (S-1)

Palangka Raya, 30 September 2019

Mengetahui

Pembimbing I



Suhartono, M.Pd.Si.

NIP. 19810305 200604 1 005

Pembimbing II



Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si

NIP. 19900217 201503 2 009

Mengetahui,

Wakil Dekan

Bidang Akademik,



Dr. Nurul Wahdah, M.Pd

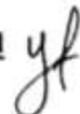
NIP. 19800307 200604 2 004

Ketua Jurusan

Pendidikan MIPA,

Luvia Ranggi Nastiti, S.Si., M.Pd

NIP. 19851115 201503 2 002



NOTA DINAS

Hal: Mohon Diuji Skripsi
Saudara Saiful Azis

Palangka Raya, 30 September 2019

Kepada

**Yth. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
IAIN Palangka Raya**

di-

Palangka Raya

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, memeriksa dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi saudara :

Nama : Saiful Azis
NIM : 1401130330
**Judul : Perancangan Kincir Pembangkit Listrik
Terapung Tenaga Air Dengan Model Kincir
Lengan Fleksibel**

Sudah dapat diujikan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan.

Demikian atas perhatiannya diucapkan trimakasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I



Suhartono, M.Pd.Si.
NIP. 19810305 200604 1 005

Pembimbing II



Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si
NIP. 19900217 201503 2009

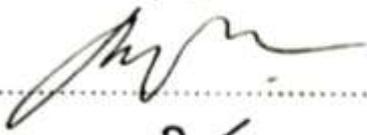
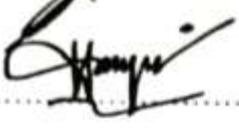
PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul **Perancangan Kincir Pembangkit Listrik Terapung Tenaga Air dengan Model Kincir Lengan Fleksibel** oleh Saiful Azis NIM 1401130330 telah dimunaqasahkan oleh tim munaqasah skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan (FTIK) Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 19 Oktober 2019

Palangka Raya, Oktober 2019

Tim Penguji :

1. Sri Fatmawati, M.Pd (.....)
Ketua Sidang/Anggota I
2. Luqman Hakim, S.Si., M.Si. (.....)
Anggota II
3. Suhartono, M.Pd.Si. (.....)
Anggota III
4. Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si (.....)
Sekertaris/Anggota IV

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
IAIN Palangka Raya,



Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd
NIP. 19671003 1993303 2 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan ini saya

Nama : Saiful Azis
NIM : 1401130330
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika

menyatakan bahwa skripsi dengan judul, **Perancangan Kincir Pembangkit Listrik Terapung Tenaga Air dengan Model Kincir Lengan Fleksibel** adalah benar karya saya sendiri. Jika dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran maka saya siap menanggung resiko atau sanksi dengan peraturan yang berlaku.

Palangka Raya, Oktober 2019

Yang membuat pernyataan,


METERAI
TEMPEL
DAE2EAFF700304071
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Saiful Azis

NIM. 1401130330

Azis, Saiful. 2019. *Perancangan Kincir Pembangkit Listrik Terapung Tenaga Air Dengan Model Kincir Lengan Fleksibel*. Skripsi, Jurusan pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya. Pembimbing: (I) Suhartono, M.Pd., Si., (II) Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si.

ABSTRAK

Potensi energi air dari sungai yang berarus lemah di daerah pelosok-pelosok Kalimantan Tengah sangat besar. Daerah pelosok tersebut banyak yang belum teraliri oleh jaringan listrik karena medan yang berat dan sangat jauh untuk menuju daerah tersebut. Arus sungai yang lemah dibutuhkan rancangan bangun kincir yang bisa mengubah arus sungai yang lemah tersebut dapat memutar generator dengan maksimal.

Penelitian ini bertujuan (1) Mengetahui rancangan yang sesuai untuk pembangkit listrik terapung arus sungai skala pikohidro didaerah sungai berarus lemah. (2) Mengetahui lengan fleksibel berapa yang menunjukkan nilai tegangan, arus dan daya paling optimum dari pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel. (3) Mengetahuim pada kedalaman sudu berapa yang menunjukkan nilai tegangan, arus dan daya paling optimum dari pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Variasi dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah variasi kedalaman sudu tercelup 0, 24 m dan 0,44 m. Kemudian variasi sudut tekuk lengan fleksibel mulai dari 10°, 20°, 55° dan 90°.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Bentuk rancangan pembangkit listrik terapung arus sungai skala pikohidro ini memiliki dua kincir dengan diameter 1,5 m yang dipasang satu poros secara berselisihan antar jari-jarinya. Pada masing-masing kincir memiliki 12 sudu model sayap kupu-kupu dengan lengan fleksibel. (2) Sudut tekuk lengan fleksibel 20° lebih optimal dibandingkan dengan sudut tekuk lengan fleksibel yang lainnya. (3) Nilai tegangan, arus dan daya pada kedalaman sudu 0.44 m lebih optimal dibandingkan dengan kedalaman sudu 0.24 m.

Kata Kunci : Arus lemah, kincir air, lengan fleksibel.

Azis, Saiful. 2019. *The Design of Hydropower Floating Power Plant Wheel with Flexible Arm Wheel Model*. Thesis. Department of Mathematics and Natural Sciences Education (MIPA). Faculty of Teacher Training and Education, State Islamic Institute of Palangka Raya. Advisors: (I) Suhartono, M. Pd. (II) Hadma Yuliani, M. Pd., M. Si.

ABSTRACT

Potential of water energy from a weak current river in the remote areas of Central Kalimantan. Many remote areas that have not been electrified because of the heavy terrain and it is so far away to get to the area. Weak current rivers require water wheel design that able to make the weak current rivers able to turn the generator maximally.

The purpose of this research are (1) To find out the appropriate design for a floating power plant in the Pikohidro-scale, in a weak current river area. (2) To find out the value of voltage, current and power generated by generators from hydroelectric floating power plants with flexible armwheel models. (3) Fine out at what depth the blade shows the optimum value of voltage, current and power of a floating hydroelectric floating power plants with flexible armwheel models.

This research use an experimental method. The variation in data collection in this study is the variation of the depth of the immersed angle 0, 24 m and 0.44 m. Then the variation of flexible arm bend angle start from 10 °, 20 °, 55 ° and 90 °.

The results showed that (1) The design of this floating power plant in the Pikohidro-scale this have two wheel with a diameter of 1.5 m which installed to one axis at between the spokes. Each wheel has 12 butterfly wings model angle with flexible arms. (2) The flexible arm bend angle 20° is more optimal than the other flex arm bend angle. (3) The value of voltage, current and power at a blade depth of 0.44 meters is more optimal than that of a blade depth of 0.24 meters

Keywords : Weak Flow, water wheel, flexible arm

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena rahmat, nikmat, taufik dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Perancangan Kincir Pembangkit Listrik Terapung Tenaga Air dengan Model Kincir Lengan Fleksibel** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan (S.Pd). Sholawat serta salam semoga tetap dilimpahkan oleh Allah kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan sekripsi ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
2. Ibu Dr. Nurul Wahdah, m.Pd., selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
3. Ibu Luvia Rangi Nastiti, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
4. Bapak Suhartono, M.Pd.Si., selaku Ketua Program Studi Tadris Fisika sekaligus sebagai Pembimbing I dan Pembimbing Akademik.

5. Ibu Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si., selaku Pembimbing II.
6. Bapak Rahmat Rudianto, S.Pd., selaku pengelola Laboratorium Fisika Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah ikut membantu dalam menyusun dan mengumpulkan data dalam penelitian ini. Tanpa bantuan teman-teman semua tidak mungkin penelitian ini bisa diselesaikan. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga yang telah bersabar di dalam memberikan do'a dan perhatiannya.

Penulis menyadari masih banyak keterbatasan dan kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palangka Raya, Oktober 2019

Penulis,

Saiful Azis
NIM. 1401130330

MOTO

وَابْتَغِ فِيمَا آءَاتٰكَ اللهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا
 وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا
 يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Dan carilah pada apa yang Telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah Telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan. (Q.S. Surah Al-Qashash, ayat 77)

IAIN
 PALANGKARAYA

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT.

Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia dan kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan.

Sholawat serta salam selalu terlimpahkan keharibaan

Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Ibunda dan Ayahanda Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Komsiah) dan Ayah (Jaelani) yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembur kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat

Ibu dan Ayah bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih.

Untuk Ibu dan Ayah yang selalu memberikanku motivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendo'akanku, selalu menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik. Terimakasih Ibu... Terimakasih Ayah...

Kakak, Adik dan Orang Terdekatku

Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya kecil ini untuk kakak dan adikku (Emawati dan Vio Fajar Wanto). Terima kasih telah memberikan semangat, nasehat, motivasi, dan inspirasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga do'a dan semua hal yang terbaik yang engkau berikan menjadikanku orang yang baik pula...

Terima kasih...

Teman-teman dan Adik Tingkat Anfis

Buat kawan-kawanku yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dukungan moral serta material yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Warhamni, Lalu, Teguh, Sando, Pendi, Anisa, Lisa, Umrah, Hikmah, Susana, Junadi, Sri, Mitha dan Maulida sahabat Anfis 14 dengan formasi lengkap ketika pertama kali masuk. Atun dan Rara sahabat yang datang menambal kehilangan dua sahabat Anfis 14 yang pindah dan yang berhenti (Maulida dan Jumadi).

Kalian sudah memberikan banyak hal yang tak akan bisa aku lupaka...

Apalagi Lalu dan Teguh, sahabat yang berjuang tinggal bersama di Sanggar Pramuka dari semester III s/d semester VI. Banyak cerita yang tidak bisa aku

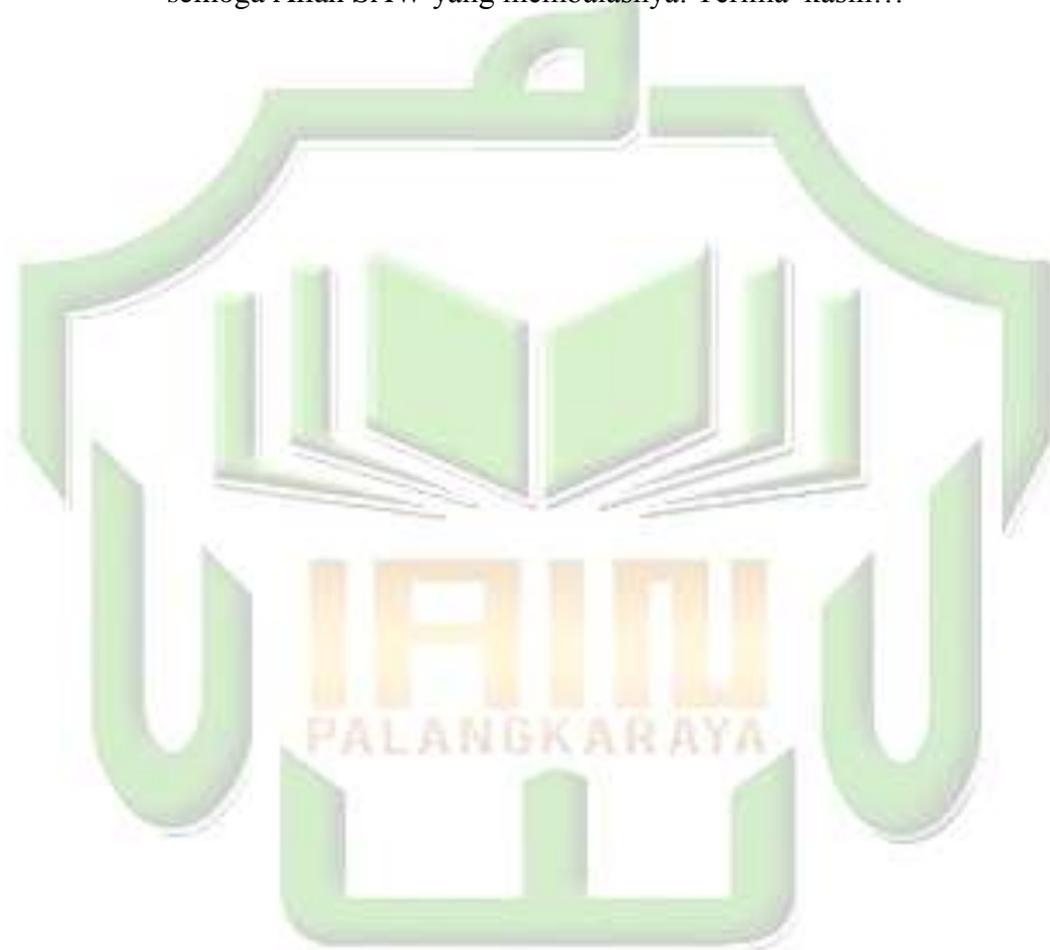
lupakan bersama kalian....

Adik tingkat Anfis 15, Anfis 16, Anfis 17, dan Anfis 18 trimakasih sudah banyak membantu dalam penyelesaian tugas kakak ini. Berkat Allah melalui kalian tugas akhir ini bisa terselesaikan. Semangat buat kalian, ikuti proses yang berlangsung,

insyaallah wabikhaulillah wakuwatillah semuanya akan indah...

Dosen Pembimbing

Bapak Suhartono, M.Pd., Si. selaku Pembimbing I, Ibu Hadma Yuliani, M.Pd.,
M.Si. selaku pembimbing II, Ibu Sri Fatmawati, M.Pd. terima kasih atas
bimbingan, nasehat dan semangat yang telah anda berikan kepada saya, saya tidak
bisa membalas kebaikan yang telah anda berikan selama saya menjadi mahasiswa
semoga Allah SAW yang membalasnya. Terima kasih...



DAFTAR ISI

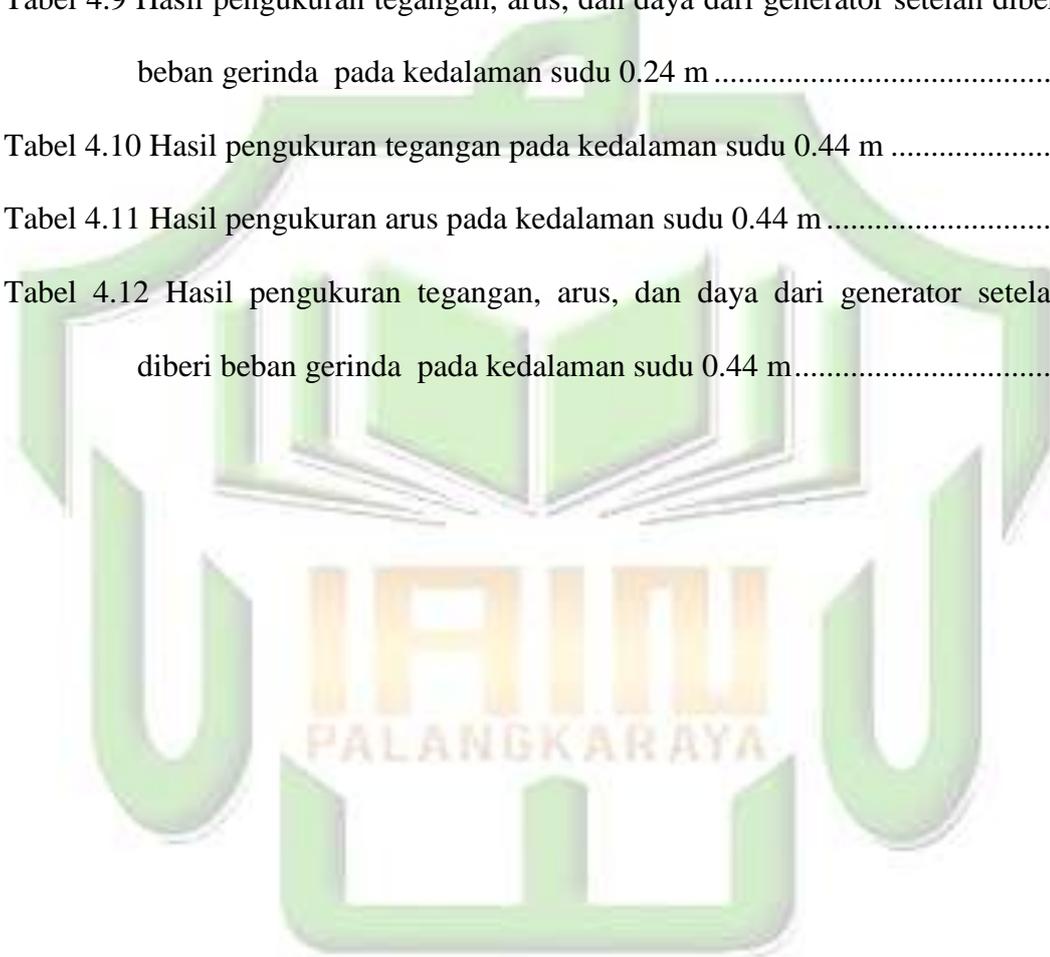
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
MOTO	Error! Bookmark not defined.
PERSEMBAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Batasan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
F. Definisi Operasional	8
G. Sistematika Penulisan	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	11
A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	11
B. Kincir Air.....	12

C. Turbin	16
D. Generator	17
E. Debit Aliran Fluida	18
F. Benda Tegar.....	20
G. Daya Kincir (Brake Horse Power).....	25
H. Penelitian Yang Relevan.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Metode Penelitian	29
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
C. Alat dan Bahan	29
D. Prosedur Penelitian	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	37
A. Proses Pembuatan Kincir.....	37
B. Pengujian Kincir	47
C. Hasil Penelitian.....	51
D. Analisis Data.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Momen Inersia Beberapa Benda	24
Tabel 3.1 Alat yang digunakan	30
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan	31
Tabel 3.3 Alat pengambilan data	32
Tabel 4.1 Hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55°, dan 90°	52
Tabel 4.2 Hasil pengukuran arus yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55°, dan 90°	52
Tabel 4.3 Hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya generator menggunakan beban gerinda pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55°, dan 90°	53
Tabel 4.4 Hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55°, dan 90°	54
Tabel 4.5 Hasil pengukuran arus yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55°, dan 90°	55

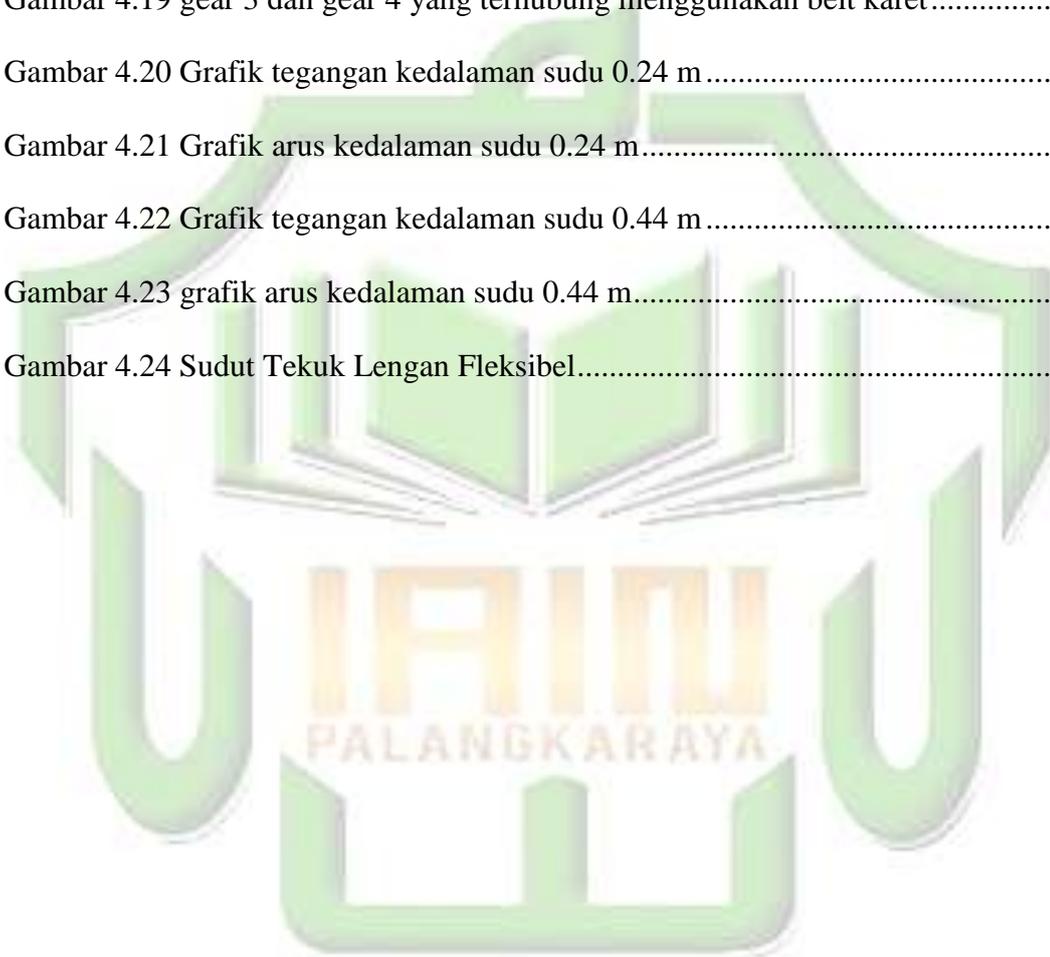
Tabel 4.6 Hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya generator menggunakan beban gerinda pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55°, dan 90°	55
Tabel 4.7 Hasil pengukuran tegangan pada kedalaman sudu 0.24 m	56
Tabel 4.8 Hasil pengukuran arus pada kedalaman sudu 0.24 m	57
Tabel 4.9 Hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya dari generator setelah diberi beban gerinda pada kedalaman sudu 0.24 m	58
Tabel 4.10 Hasil pengukuran tegangan pada kedalaman sudu 0.44 m	58
Tabel 4.11 Hasil pengukuran arus pada kedalaman sudu 0.44 m	59
Tabel 4.12 Hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya dari generator setelah diberi beban gerinda pada kedalaman sudu 0.44 m	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kincir air <i>overshot</i>	13
Gambar 2.2 Kincir air <i>undershot</i>	14
Gambar 2.3 Kincir air <i>brteastshot</i>	15
Gambar 2.4 Turbin air.....	16
Gambar 2.5 Irisan fluida tegak lurus penampang pipa yang tebalnya Δx	18
Gambar 3.1 Bagan prosedur penelitian.....	32
Gambar 3.2 Prototipe kincir air dengan 12 sudu fleksibel.....	33
Gambar 3.3 Uji lapangan sekala kecil dengan sungai buatan.....	34
Gambar 4.1 Bahan pembuatan rangka penyangga kincir.....	37
Gambar 4.2 Menentukan ukuran penyangga kincir	38
Gambar 4.3 Proses pengecatan pelampung.....	39
Gambar 4.4 Proses penggabungan pelampung dengan dasar penyangga kincir.....	40
Gambar 4.5 Penyangga kincir bagian tengah.....	41
Gambar 4.6 Penyangga kincir dan pelampung kincir	42
Gambar 4.7 Piringan sudu kincir	43
Gambar 4.8 Piringan kincir yang dipasang pada penyangga kincir.....	44
Gambafr 4.9 Pemasangan sudu kincir pada piringan.....	45
Gambar 4.10 Tampak depan bangun kincir air lengan fleksibel	46
Gambar 4.11 Tampak samping bangun kincir air lengan fleksibel	46
Gambar 4.12 Pemasangan flow rate pada kincir.....	47
Gambar 4.13 Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data	48

Gambar 4.14 Pengatur kedalaman sudu kincir bagian tengah	49
Gambar 4.15 Pengatur kedalaman sudu bagian samping	50
Gambar 4.16 Pengatur sudut tekuk lengan fleksibel.....	51
Gambar 4.17 Hubungan gear pada poros kincir (gear 1) dan gear 2	60
Gambar 4.18 Gear 2 dan gear 3 yang seporos	61
Gambar 4.19 gear 3 dan gear 4 yang terhubung menggunakan belt karet.....	62
Gambar 4.20 Grafik tegangan kedalaman sudu 0.24 m.....	64
Gambar 4.21 Grafik arus kedalaman sudu 0.24 m.....	64
Gambar 4.22 Grafik tegangan kedalaman sudu 0.44 m.....	65
Gambar 4.23 grafik arus kedalaman sudu 0.44 m.....	66
Gambar 4.24 Sudut Tekuk Lengan Fleksibel.....	67



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Instrumen pengambilan data.....	70
Lampiran 2 Dokumentasi penelitian	72



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (*energy is the capacity for doing work*). Secara umum energi dapat dikategorikan menjadi beberapa macam, yaitu energi mekanis, energi listrik, energi elektromagnetik, energi kimia, energi nuklir, dan energi termal. Energi listrik merupakan salah satu energi yang saat ini menjadi kebutuhan pokok manusia. Kebutuhan akan energi tersebut tiap tahun semakin meningkat seiring dengan kemajuan teknologi baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri di setiap daerah (Pudjanarsa, 2008:1-3).

Di banyak daerah pedalaman di Indonesia, solusi energi tidak terbaharukan belum tersedia karena akses kepada jaringan PLN belum ada ataupun masih sangat terbatas. Wilayah Provinsi Kalimantan Tengah yang luas dan populasi penduduknya yang tersebar (2% dari jumlah penduduk di Pulau Jawa, dengan luas wilayah 25% lebih besar) dan minimnya infrastruktur, menciptakan tantangan untuk pengadaan listrik di daerah terpencil. Berdasarkan rasio elektrifikasi, yaitu hitungan tenaga yang tersedia dibandingkan luas wilayah yang membutuhkan tenaga listrik, maka nilainya 61.1%, dimana masih ada 529 desa yang belum punya akses (Pemprov Kalteng, 2015).

Sebagai perbandingan, rasio nasional adalah 71%. Provinsi Kalimantan Tengah memiliki kapasitas terpasang sebesar 76.5 MW (2010), tetapi tingginya kebutuhan menyebabkan kapasitas terpasang ini tidak cukup. Pertumbuhan permintaan listrik tahunan yang mencapai nilai 9.7% sekaligus menunjukkan pesatnya pertumbuhan ekonomi di Kalimantan Tengah (Pemprov Kalteng, 2015).

Pembangkit mikrohidro yang menggunakan tenaga air bisa menjadi solusi dari permasalahan akan kebutuhan listrik di daerah terpencil tersebut. Selain pentingnya menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi, sumber energi alternatif punya potensi untuk menyediakan manfaat tambahan yang signifikan (Pemprov Kalteng, 2015).

Allah SWT telah menciptakan langit dan bumi beserta isinya dan memberikan tanda-tanda kekuasaan-Nya bagi orang-orang yang berakal. Sebagaimana yang difirmankan-Nya dalam surah Al-Jaatsiyah ayat 3, 4, dan 5

إِنَّ فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّلْمُؤْمِنِينَ ﴿٣﴾ وَفِي خَلْقِكُمْ
 وَمَا يَبُتُّ مِنْ دَابَّةٍ آيَاتٌ لِّقَوْمٍ يُوقِنُونَ ﴿٤﴾ وَأَخْتَلَفِ اللَّيْلُ
 وَالنَّهَارَ وَمَا أَنزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ رِزْقٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ
 مَوْتِهَا وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ آيَاتٌ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٥﴾

Artinya :

“Sesungguhnya pada langit dan bumi benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) untuk orang-orang yang beriman. Dan pada penciptakan

kamu dan pada binatang-binatang yang melata yang bertebaran (di muka bumi) terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) untuk kaum yang meyakini, Dan pada pergantian malam dan siang dan hujan yang diturunkan Allah dari langit lalu dihidupkan-Nya dengan air hujan itu bumi sesudah matinya; dan pada perkisaran angin terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berakal”.(Q.S Al Jaatsiyah ayat 3, 4 dan 5).

Pada surat Al-Jasiah ayat 3, 4, dan 5 ini secara beruntun Tuhan menampilkan tentang rahasia penciptaan langit dan bumi, penciptaan manusia dan semua makhluk yang bergerak, serta pergantian malam dan siang, perkisaran angin dan sebagainya. Manakala seseorang dapat meneliti hakikat keadaan setiap benda sejak dari dirinya sendiri, keadaan yang ada sekelilingnya, sampai kepada semua binatang yang bergerak dipermukaan bumi ini (apapun jenisnya), maka pemikiran dan pengertiannya akan membawanya kearah yang lebih maju lagi untuk meneliti penciptaan alam semesta. Keyakinan akan timbul dengan bertambahnya ilmu dan mantabnya pengertian serta bertambah banyaknya bukti-bukti kekuasaan Tuhan yang ditemukan. Bila kita sudah meyakini betapa indahnya alam ini, betapa baik strukturnya, maka hal itu hampir dapat memaksa daya pikir kita untuk mampu menembus rahasia alam dan citra kejadian yang menakjubkan. (Surin, 2002).

Salah satu kekuasaan Allah tersebut adalah air. Air merupakan salah satu sumber energi yang dapat terbarukan dan keberadaanya melimpah di sekitar kita. Pemanfaatan energi air tersebut dapat menggantikan energi fosil yang ketersediaannya semakin hari semakin berkurang.

Daerah Kalimantan memiliki potensi sumber daya air yang sangat besar sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi Pembangkit Lisrik Tenaga Air (PLTA). Pola topografinya yang relatif datar, kemudian bentuk

pesisir yang rendah dan memanjang hingga dataran sungainya. Dengan bentuk sungai semakin lebar maka semakin besar pula volume air yang menuju ke laut. (Rahmat, 2015).

Puncak pegunungan di Kalimantan tergolong rendah dan berbentuk tumpul. Keadaan ini menyebabkan sungai di Kalimantan memiliki arus yang tidak begitu deras. Secara umum sungai-sungai di Kalimantan berfungsi sebagai sarana transportasi (Kurniawan, 2013). Salah satu sungai yang ada di Kalimantan Tengah khususnya Palangka Raya yaitu Sungai Kahayan. Sungai ini memiliki panjang lebih dari 600 Km dan membelah kota Palangka raya dengan kecepatan aliran sungai berkisar antara 0,8 sampai 1,1 m/s (data ini diambil di daerah Flamboyan Bawah kecamatan Pahandut)

Data dari Kemitraan Energi dan Lingkungan untuk Indonesia (EEP) menunjukkan di Kabupaten Murung Raya, Gunung Mas, dan Katingan dan Lamandau. Berdasarkan studi kelayakan yang sudah dilakukan, potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di provinsi ini mencapai 15 KW sampai 3,2 MW. Pembangkit ini cocok untuk melayani masyarakat di wilayah terpencil dengan jumlah penduduk terbatas. Kalimantan Tengah juga punya potensi untuk pembangkit listrik tenaga air yang berkapasitas 353 MW. (Pemprov Kalteng, 2015).

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air (energi potensial) menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Terdapat tiga tipe kincir air meliputi, kincir air aliran atas (*overshot*), kincir air aliran tengah (*breastshot*), dan kincir air aliran bawah (*undershot*) (Himran, 2017). Tipe

kincir *Undershot* cocok digunakan di daerah Kalimantan Tengah yang memiliki aliran relatif datar dan juga berkelok-kelok bentuk sungainya. Selain itu ada sebagian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) yang dibangun oleh masyarakat tidak bisa bekerja secara maksimal karena daya hidrolis yang tersedia besar namun daya listrik yang dihasilkan oleh PLTMH dan PLTPH tersebut kecil. Selain itu konstruksi yang rumit dan berat kemudian bahan material yang digunakan juga menjadi kendala yang ada pada masyarakat.

Dengan realita tersebut penulis tertarik untuk membuat rancangan bangun kincir pembangkit tenaga listrik yang baik. Sebelumnya Luther Sule melakukan penelitian dengan judul “Kinerja Yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah Dengan Sudu Berbentuk Mangkok”. Berdasarkan penelitian tersebut didapat bahwa kincir air sedu berbentuk mangkok layak dijadikan sebagai alternatif bentuk sudu yang digunakan dalam pembuatan pembangkit listrik skala kecil. Zahri Kadir dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang dihasilkan”. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa tinggi sudu kincir mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan kincir air. Daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu dan efisiensi kincir akan tinggi jika tinggi sudu semakin kecil.

Berdasarkan permasalahan dan hasil beberapa penelitian sebelumnya tersebut, maka penulis juga akan melakukan penelitian guna menemukan rancangan kincir air yang tepat, efektif dan efisien dengan judul

“Perancangan Kincir Pembangkit Listrik Terapung Tenaga Air dengan Model Kincir Lengan Fleksibel”.

B. Rumusan Masalah

Kinerja kincir antara lain dipengaruhi oleh sudu, ukuran diameter sudu dan berat sudu. Selain itu banyaknya bagian sudu yang tercelup juga mempengaruhi kinerja dari kincir air, sehingga perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan rancangan yang sesuai untuk pembangkit listrik terapung arus sungai skala pikohidro didaerah sungai berarus lemah?
2. Pada lengan fleksibel berapa yang menunjukkan nilai tegangan, arus dan daya paling optimum dari pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel?
3. Pada kedalaman sudu berapa yang menunjukkan nilai tegangan, arus dan daya paling optimum dari pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel?

C. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan penelitian ini maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini peneliti hanya berfokus pada rancangan bangun pembangkit listrik terapung arus sungai skala pikohidro saja sedangkan generator sebagai alat penunjang.

2. Dalam pengujiannya peneliti akan memvariasikan kedalaman sudu tercelup dan sudut tekukan lengan fleksibel kincir di sungai yang berarus lemah.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

Merancang kincir pembangkit listrik tenaga air yang dapat diterapkan di sungai-sungai Kalimantan Tengah yang memiliki karakteristik aliran arus air rendah mendatar dan dapat menyesuaikan dengan ketinggian permukaan sungai yang berpotensi menjadi pembangkit listrik tenaga pikohidro.

1. Mengetahui rancangan yang sesuai untuk pembangkit listrik terapung arus sungai skala pikohidro didaerah sungai berarus lemah.
2. Mengetahui pada lengan fleksibel berapa nilai tegangan, arus dan daya paling optimum yang dihasilkan generator dari pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel
3. Mengetahui pada kedalaman sudu berapa nilai tegangan, arus dan daya paling optimum yang dihasilkan generator dari pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Pembuatan rancangan bangun pembangkit listrik tenaga air diharapkan dapat digunakan sebagai contoh untuk membuat bangun pembangkit listrik yang efektif dan efisien dengan bahan yang murah dan mudah didapat.

2. Dalam bidang pendidikan penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pengayaan dalam mata pelajaran Fisika yang kaitannya dengan kompetensi dasar pada sekolah dalam materi konversi energi, serta dapat digunakan sebagai alat peraga pembelajaran.

F. Definisi Operasional

Definisi oprasional variabel adalah pengertian atau diskripsi dari segala faktor yang mempengaruhi atau dipengaruhi dan memiliki nilai menurut cara pengoprasian, praktik, riil dan fungsi dalam lingkup objek penelitian yang di teliti. Adapun variabel dalam penelian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah segala faktor yang mempengaruhi dan memiliki nilai dan nilainya dapat dirubah rubah secara berkala sehingga mempengaruhi variabel terikat adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

a. Sudut tekuk lengan fleksibel

Sudut tekuk lengan fleksibel digunakan sebagai variabel bebas untuk mengetahui pengaruh panjang lengan fleksibel terhadap kecepatan putar generator dan daya listrik yang dihasilkan generator..

b. Kedalaman sudu tercelup

Kedalaman sudu tercelup digunakan sebagai variabel bebas untuk mengetahui pengaruh variasi kedalaman sudu terhadap kecepatan putar generator dan daya listrik yang dihasilkan generator.

c. Kelajuan air

Kelajuan air digunakan sebagai variabel bebas untuk mengetahui pengaruh kelajuan terhadap kecepatan putar generator dan daya listrik yang dihasilkan generator.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah segala faktor yang di pengaruhi oleh variabel bebas dan memiliki nilai, yang mana besar nilainya terikat terhadap variabel bebasnya, adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah tegangan, arus, daya dan kecepatan putar generator.

Efisiensi digunakan sebagai variabel terikat untuk menyatakan performa suatu mesin yang merupakan perbandingan antara manfaat yang digunakan dengan kerja yang dilakukan kincir.

3. Variabel kontrol

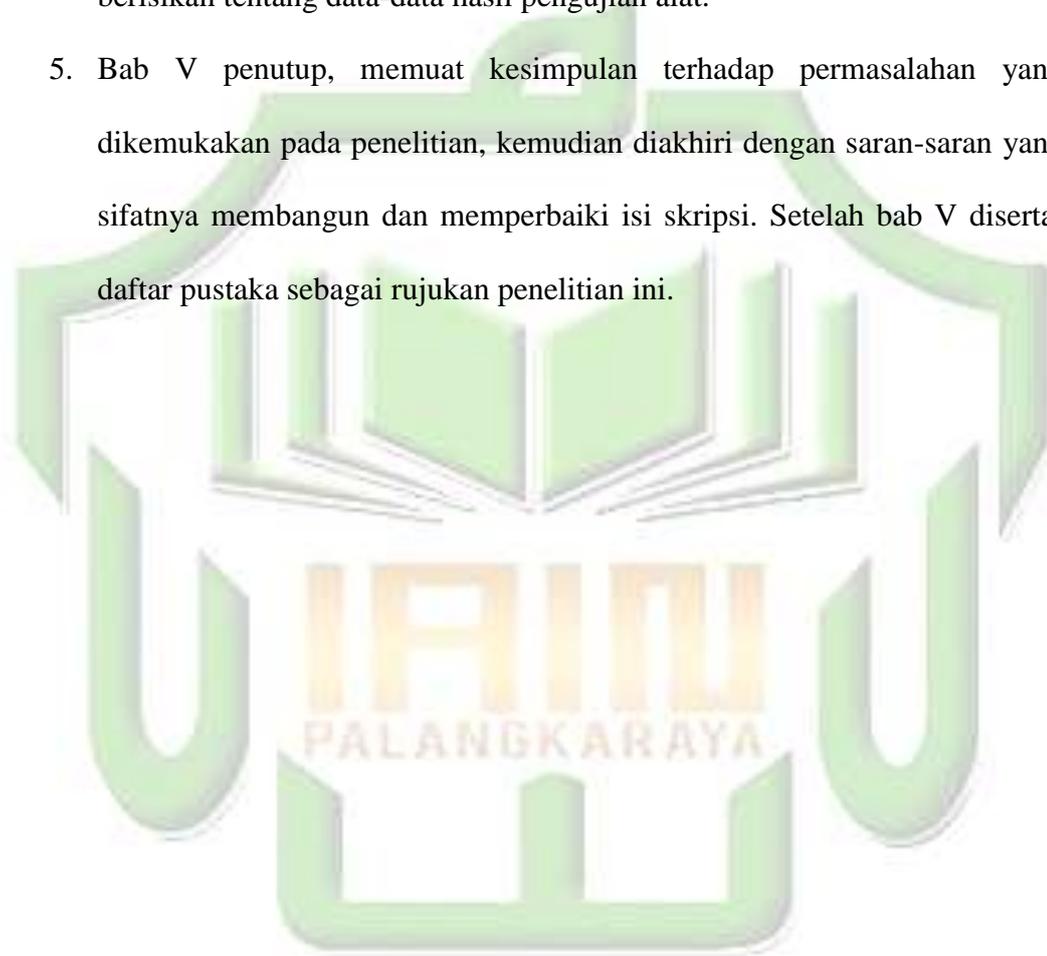
Variabel kontrol adalah variabel atau faktor-faktor yang dikondisikan nilainya agar tidak terpengaruh maupun dipengaruhi variabel lain, adapun variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kecepatan aliran sungai dengan asumsi kecepatan alirannya konstan.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam proposal ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian, definisi oprasional variabel dan sistematika penulisan.
2. Bab II kajian pustaka berisi tentang penelitian sebelumnya dan teori-teori pendukung sebagai dasar dan acuan dalam penelitian ini.

3. Bab III metode penelitian berisi tentang waktu, tempat, tahapan persiapan, tahap pembuatan, pengambilan data serta cara pengolahannya sampai dapat diambil kesimpulan.
4. Bab IV hasil penelitian, membahas tentang hasil penelitian berupa analisis data dan pembahasan yang menjawab dari rumusan masalah yang berisikan tentang data-data hasil pengujian alat.
5. Bab V penutup, memuat kesimpulan terhadap permasalahan yang dikemukakan pada penelitian, kemudian diakhiri dengan saran-saran yang sifatnya membangun dan memperbaiki isi skripsi. Setelah bab V disertai daftar pustaka sebagai rujukan penelitian ini.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan berupa air. Air merupakan sumber energi yang dapat didaur ulang yang dapat dibedakan menurut tenaga air (*hydropower*). Daya keluaran dari pembangkit listrik tenaga air bergantung dari aliran massa air yang mengalir dan tinggi jatuhnya air. Selain kapasitas daya keluarannya yang paling besar diantara energi terbarukan lainnya, pembangkit listrik ini juga telah ada sejak dahulu. Pembangkit listrik tenaga air skala kecil lebih populer disebut mikrohidro atau pikohidro (Pudjanarsa, 2008).

Listrik dari pembangkit mikrohidro atau pikohidro selain digunakan untuk penerangan dan alat elektronik juga dapat memberdayakan potensi ekonomi masyarakat setempat. Mikrohidro atau Pikohidro merupakan sebuah istilah. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Hal yang membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Pikohidro adalah output daya yang dihasilkan. Mikrohidro menghasilkan daya lebih rendah dari 500 KVA, sedangkan untuk pikohidro daya keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 watt. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu aliran air (sumber energi), turbin dan generator (Nurdin dkk, 2013).

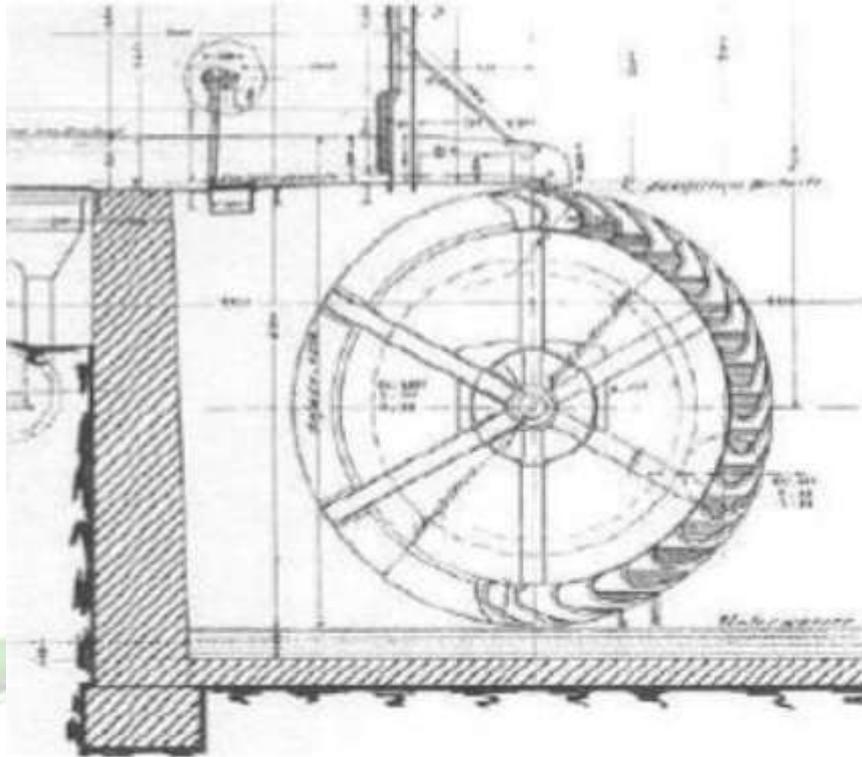
B. Kincir Air

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*blades, bucket, atau vane*) pada sekeliling tepi-tepinya, yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, di samping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air berpotensi pada tekanan atmosfer dan air mengalir pada sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran yang tertentu (Jasa, dkk. 2017).

Kincir air adalah alat penggerak hidrolis tertua yang dikenal manusia dan telah digunakan sejak zaman purbakala yang pada awalnya dibangun dengan menggunakan bahan dari kayu. Dengan adanya ketersediaan material baru seperti besi tuang serta bertambahnya kebutuhan daya mekanik selama revolusi industri, bertambahnya pengetahuan dalam bidang keteknikan hidrolis, perencanaan kincir air telah menghasilkan peningkatan dalam kinerja dan efisiensinya. Terdapat tiga tipe kincir air meliputi, kincir air aliran atas (*overshot*), kincir air aliran tengah (*breastshot*), dan kincir air aliran bawah (*undershot*) (Himran, 2017).

1. Kincir air *Overshot*

Kincir air *Overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air model *Overshot* dapat dibangun di daerah dataran tinggi dan memiliki aliran air atas yang panjangnya sampai ratusan meter (Himran, 2017).



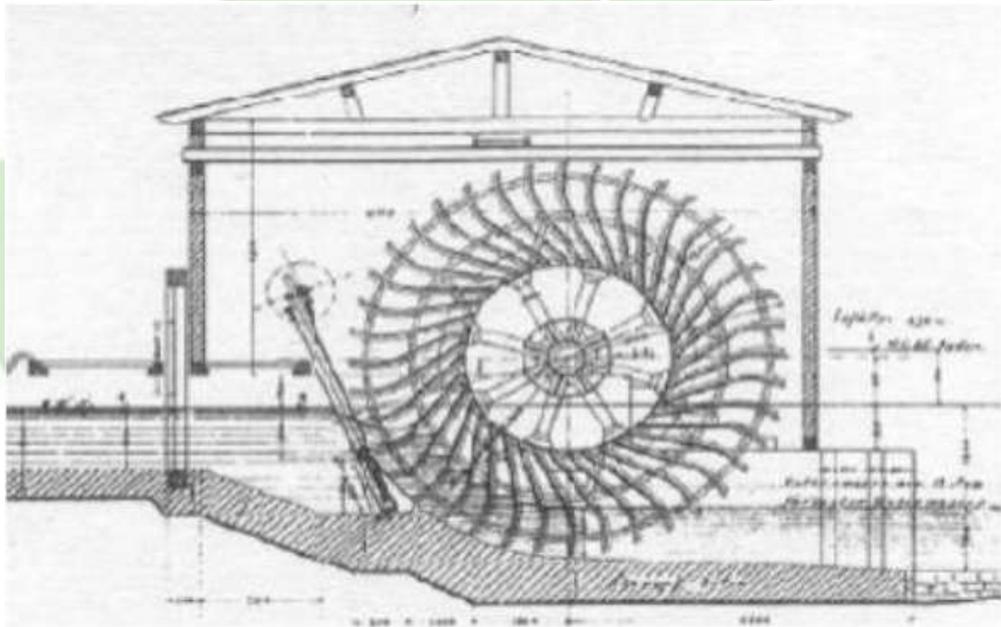
Gambar 2.1 Kincir *Overshot*

Keuntungan dari kincir *Overshot* antara lain tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%, tidak membutuhkan aliran yang deras, konstruksi yang sederhana, mudah dalam perawatan, teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian dari kincir *Overshot* antara lain, karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air memerlukan investasi lebih banyak, tidak dapat untuk mesin putaran tinggi, membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan (Jatmiko, dkk. 2012).

2. Kincir Air *Undershot*

Kincir air *Undershot* bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *Undershot* tidak mempunyai tambahan keutungan dari head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan “vitruvian”. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.



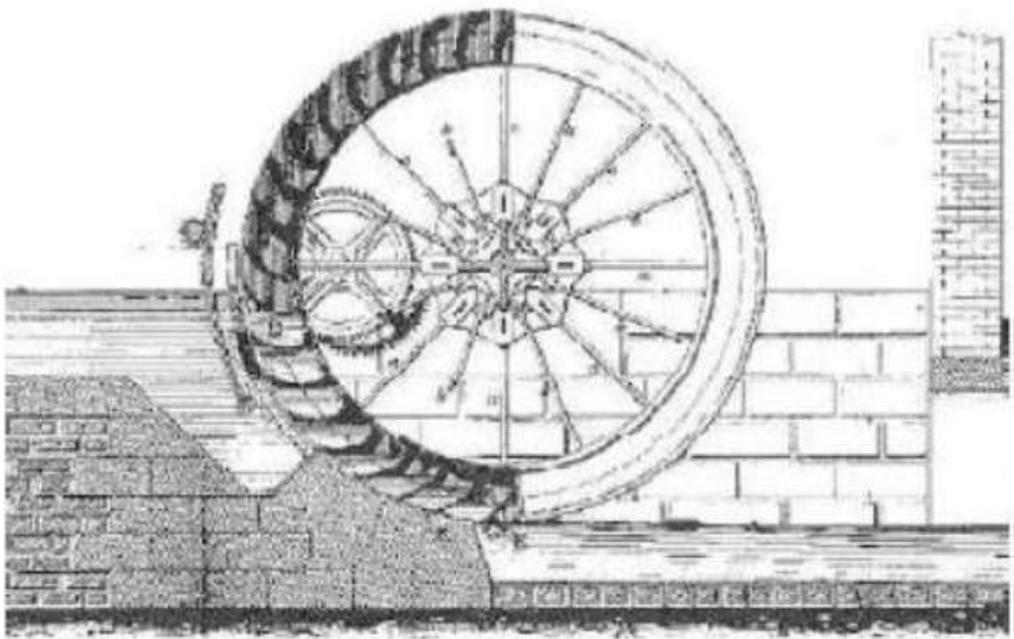
Gambar 2.2 Kincir Air *Undershot*

Keuntungan dari kincir air *Undershot* antara lain konstruksi lebih sederhana, lebih ekonomis, mudah untuk dipindahkan. Adapun kerugian dari kincir air *Undershot* antara lain efisiensi kecil (25%-70%), daya yang dihasilkan relative kecil (Jatmiko, dkk., 2012).

3. Kincir air *breastshot*

Merupakan perpaduan antara tipe *Overshot* dan *Undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Pada kincir air ini air masuk ke dalam roda sejajar dengan poros kincir (*breast*). Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arak aliran air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.

Hal khusus dari model kincir air jenis ini adalah bagian bawah dari roda kincir sebagian terendam atau berada dibawah permukaan air. Karena adanya gerakan kearah yang sama dari roda kincir dan aliran air permukaan ke bawah, maka sewaktu air mengalir akan membantu memutar roda kincir. Kerena itu dapat dikatakan kincir air model ini digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan sebagian karena adanya dorongan air (Jasa, dkk. 2016).



Gambar 2.3 Kincir Air *Breastshot*

Keuntungan dari kincir air *breastshot* antara lain: tipe ini lebih efisiensi dari tipe *undershot*, dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek, dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata. Adapun kerugian dari kincir air *breastshot* antara lain: sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit), diperlukan pada arus aliran rata, efisiensi lebih kecil daripada tipe *overshot* (20%- 75%) (Jatmiko, dkk. 2012).

C. Turbin

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sedangkan turbin air adalah turbin dengan media kerja air. Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tidak kompresibel, yaitu fluida yang secara vertical masa jenisnya tidak berubah dengan tekanan (Jasa, dkk. 2016).



Gambar 2.4 Turbin air

Sudu tetap atau *stationary blade*, tidak ikut berputar bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros (Djiteng, 2005).

Teori pengoperasian aliran air diarahkan langsung menuju sudu-sudu melalui pengarah, menghasilkan daya pada sirip. Selama sudu berputar, gaya bekerja melalui suatu jarak, sehingga menghasilkan kerja. Dalam proses ini, energi ditransfer dari aliran air ke turbin. Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu turbin reaksi dan turbin impuls. Kepresisian bentuk turbin air, apapun desainnya, semua digerakkan oleh suplai tekanan air.

D. Generator

Generator adalah alat elektronik mekanik yang mengubah besaran energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya adalah peristiwa induksi elektromagnetik. Jika kumparan penghantar digerakkan di dalam medan magnetik dan memotong medan tersebut, maka pada kumparan terjadi ggl induksi. Berdasarkan arus yang dihasilkan generator dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC dan generator DC (Budiyanto, 2009).

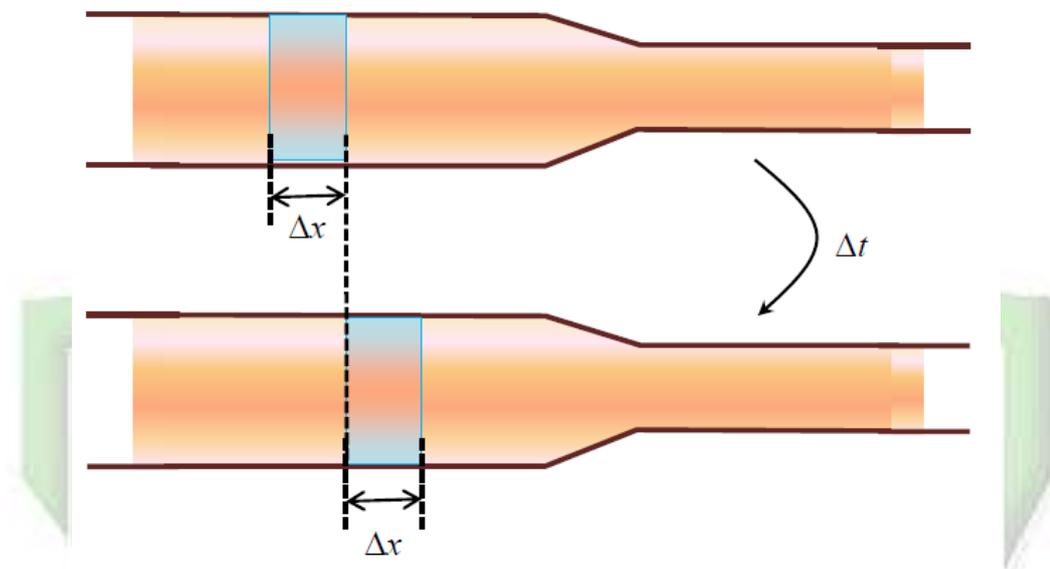
Generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (*alternating current*), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator (Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003).

Generator DC mempunyai konstruksi yang sama dengan generator AC. Perbedaannya hanya pada penggunaannya saja. Untuk generator DC sudah jarang dipakai karena penggunaannya tergantikan dengan barang-

barang elektronik. Generator DC membangkitkan moment start yang besar dan kecepatannya mudah diatur (Departemen Pendidikan, 2008).

E. Debit Aliran Fluida

Debit aliran adalah jumlah volume fluida yang mengalir pada satuan waktu.



Gambar 2.5 Irisan fluida tegak lurus penampang pipa yang tebalnya Δx

Volume fluida dalam elemen tersebut adalah $\Delta V = A\Delta x$. Elemen tersebut tetap bergeser sejauh Δx selama selang waktu Δt . Jika laju aliran fluida adalah \vec{v} maka $\Delta x = \vec{v}\Delta t$, sehingga elemen volume fluida yang mengalir adalah

$$\Delta V = \vec{v}A\Delta t \quad (2.1)$$

Debit aliran fluida didefinisikan sebagai

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$Q = \frac{\bar{v}A\Delta t}{\Delta t}$$

$$Q = \bar{v}A \quad (2.2)$$

Dimana : A = luas penampang sudu (m^2) (Abdullah, 2016).

Untuk kincir air yang hanya memanfaatkan aliran air datar atau kecepatan arus sungai, energi air yang tersedia merupakan energi kinetik :

$$Ek = \frac{1}{2}m\bar{v}^2 \quad (2.3)$$

Dimana : \bar{v}^2 = kecepatan aliran arus sungai(m/s)

Sehingga daya yang tersedia

$$P = \frac{Ek}{t}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2}m\bar{v}^2}{t}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2}\rho V\bar{v}^2}{t}$$

$$P = \frac{1}{2}\rho Q\bar{v}^2 \quad (2.4)$$

Karena $Q = \bar{v}A$ maka daya air

$$P = \frac{1}{2}\rho A\bar{v}^3 \quad (2.5)$$

(Kadir, 2010).

Pada aliran sungai yang datar energi yang berlaku merupakan energi kinetik (energi potensial = 0) maka energi yang dihasilkan kincir merupakan energi mekanik kincir

Energi mekanik kincir merupakan energi kinetik rotasi, secara matematis ditulis:

$$Em = Ek_{rotasi}$$

$$Em = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.6)$$

Dimana : I = inersia kincir

ω = kecepatan sudut kincir

Energi mekanik rotasi dari kincir inilah yang dirubah menjadi energi listrik.

Dari aliran air yang melalui kincir akan memutar kincir tersebut dan berputar pada porosnya, torsi yang dihasilkan kincir tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$\tau = F.R(Nm) \quad (2.7)$$

Dimana : F = gaya tangensial (N)

R = radius kincir (m)

Kecepatan sudut kincir

$$\omega = 2\pi n/60 \text{ (rad/s)} \quad (2.8)$$

Dimana : n = putaran poros atau roda kincir (rpm) (Kadir, 2010).

F. Benda Tegar

Benda tegar adalah benda yang ikatan antar atomnya sangat kuat sehingga tidak terjadi gerakan relatif antar atom. Yang dapat terjadi adalah gerak bersama dengan mempertahankan jarak antar atom. Hampir semua benda padat termasuk ke dalam benda tegar, kecuali yang berwujud plastisin. Ciri utama benda tegar adalah bentuk benda tidak berubah meskipun benda

tersebut dikenai gaya, seperti gaya tekan, gaya gesek, dan sebagainya (Abdullah, 2016).

Gerak benda tegar dapat dianalisis sebagai gerak translasi dari pusat massanya, ditambah gerak rotasi sekitar pusat massa. Gerak translasi atau gerak menggeser suatu benda disebabkan oleh pengaruh gaya F pada benda tersebut. Jika jumlah gaya-gaya yang bekerja pada benda tidak sama dengan nol, maka benda akan bergeser dengan kecepatan tertentu. Sedangkan gerak rotasi (melingkar) adalah gerakan suatu benda atau partikel yang lintasannya berupa lingkaran (mengelilingi sumbu) (Sarwono, dkk. 2009).

Dalam kehidupan sehari-hari, gerakan suatu benda tegar pada umumnya merupakan kombinasi dari gerak translasi dan gerak rotasi. Misalnya gerakan roda pada sebuah kendaraan. Poros roda mengalami gerak rotasi sekaligus gerak translasi.

a) Rotasi Benda Tegar

Benda tegar adalah benda padat yang tidak berubah bentuk apabila dikenai gaya luar. Dalam dinamika, bila suatu benda tegar berotasi, maka semua partikel di dalam benda tegar tersebut memiliki percepatan sudut α yang sama. Momen gaya atau gaya resultan gerak rotasi τ didefinisikan sebagai berikut.

“Apabila sebuah benda tegar diputar terhadap suatu sumbu tetap, maka resultan gaya putar (torque) luar terhadap sumbu itu sama dengan hasil kali momen inersia benda itu terhadap sumbu dengan percepatan sudut”.

Dirumuskan sebagai berikut:

$$\tau = \sum F_i R_i \sin \theta_i \text{ atau } \tau = \left(\sum m_i R_i^2 \right) \alpha \quad (2.9)$$

(Utomo, Modul Perkuliahan).

Dalam gerak rotasi, benda mengalami pergeseran, kecepatan dan percepatan sudut, ini analogi dengan pergeseran, kecepatan dan percepatan linier pada gerak translasi. Titik-titik yang berbeda pada suatu benda tegar yang berotasi bergerak dengan jarak yang berbeda dalam selang waktu tertentu, tergantung dari seberapa jauh titik tersebut terhadap sumbu rotasi. Tetapi karena benda itu tegar, semua titik berotasi melalui sudut yang sama pada waktu yang sama. Kecepatan sudut akan positif jika benda berotasi ke arah penambahan sudut θ (berlawanan dengan arah jarum jam) dan negatif jika benda berotasi ke arah mengurangi sudut θ (searah dengan jarum jam).

Pergeseran sudut sebuah partikel dalam selang waktu $\Delta t = t_2 - t_1$ adalah $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$. Laju sudut rata-rata (ω_{rt}) sebuah partikel dalam selang waktu ini didefinisikan sebagai

$$\omega_{rt} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2.10)$$

Laju sudut sesaat ω didefinisikan sebagai harga limit yang didekati oleh perbandingan di atas bila Δt mendekati nol :

$$\omega = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (2.11)$$

Dan percepatan sudut sesaat adalah harga limit perbandingan ini Δt mendekati nol yaitu:

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (2.12)$$

(Halliday, 1985).

Jika sudut θ dalam radian, satuan kecepatan sudut adalah radian per sekon (rad/s). Satuan lain yang juga sering digunakan adalah putaran (revolusi) per menit (rev/menit atau rpm). Karena 1 putaran = 2π rad, maka 1 rpm senilai dengan $2\pi / 60$ rad/s.

(Tipler, 1991)

b) Momen Inersia (Kelembaman)

Momen inersia (I suatu benda) adalah ukuran kelembaman putar benda. Jika suatu benda yang bebas berputar terhadap sebuah sumbu mengalami kesulitan untuk dibuat berputar, momen inersianya terhadap sumbu itu besar. Suatu benda dengan I kecil memiliki momen inersia putar kecil. Sebuah benda yang terdiri dari sejumlah partikel dengan massa m_1 , m_2 , m_3 , ... pada jarak r_1 , r_2 , r_3 , .. dari sumbu putar. Momen inersia benda tersebut adalah :

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots = \sum_i m_i r_i^2 \quad (2.13)$$

(J. Bueche dan Eugene, 2006).

Apabila sistem yang berotasi adalah sebuah partikel yang bermassa m dan berada pada jarak r dari sumbu rotasi, maka momen inersia partikel tersebut merupakan hasil kali massa partikel dengan kuadrat jaraknya dari sumbu rotasi.

Secara matematis, momen inersia partikel dirumuskan sebagai berikut :

$$I = mr^2 \quad (2.14)$$

dengan :

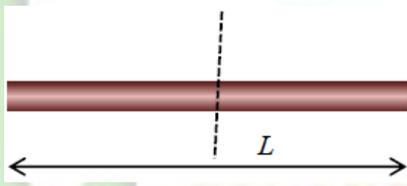
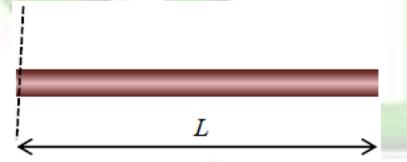
I = momen inersia (N)

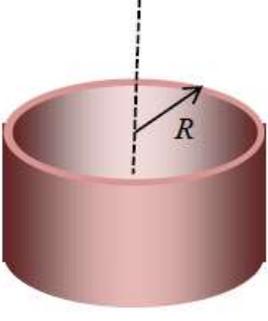
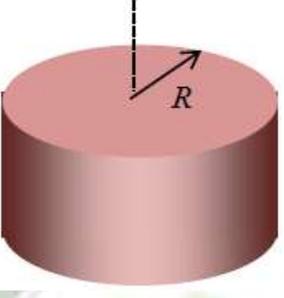
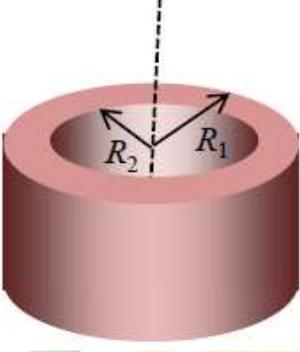
m = massa partikel (kg)

r = jarak partikel dari sumbu rotasi (m) (Haryadi, 2009).

Dari persamaan di atas dapat dikatakan bahwa momen inersia sebuah partikel sebanding dengan massa partikel itu, dan sebanding dengan kuadrat jarak partikel ke sumbu putarnya.

Tabel 2.1 Momen Inersia Beberapa Benda

Bentuk benda	Momen inersia	Nama benda
	$I = \frac{1}{12} ML^2$	Batang homogen sumbu putar pada tengah-tengah batang.
	$I = \frac{1}{3} ML^2$	Batang homogen sumbu putar pada ujung batang.

	$I = MR^2$	Roda sumbu putar melalui titik pusat roda tegak lurus bidang roda.
	$I = \frac{1}{2}MR^2$	Silinder pejal (padat) sumbu melalui titik pusat.
	$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$	Silinder tebal dengan: R_1 = jari-jari dalam R_2 = Jari-jari luar

(Abdullah, 2016).

G. Daya Kincir (Brake Horse Power)

Brake Horse Power adalah daya dari kincir yang diukur setelah mengalami pembebanan yang disebabkan oleh generator, gearbox dan perangkat tambahan lainnya. *Brake* yang dimaksud adalah suatu peralatan yang digunakan untuk memberikan beban pada kincir. Dalam percobaan BHP diukur dengan menggunakan Generator. Dengan mengukur besarnya tegangan yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya generator, seperti persamaan berikut:

$$P_{generator} = V \times I \quad (2.15)$$

Dari persamaan di atas dimana daya generator dilambangkan $P_{generator}$ dengan satuan watt, V merupakan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator dengan satuan volt dan I merupakan besarnya arus listrik dengan satuan ampere. Besarnya BHP dapat dihitung setelah didapat harga $P_{generator}$ sebagai berikut:

$$BHP = \frac{P_{generator}}{\eta_{generator}} \quad (2.16)$$

Dimana $\eta_{generator}$ merupakan efisiensi generator dengan satuan (%)

(Setiawan, 2013)

H. Penelitian Yang Relevan

Pada penelitian sebelumnya, Luter Sule (2015) melakukan penelitian kincir air dengan sudu berbentuk mangkok dengan bahan besi dan *acrilik* dengan judul, Kinerja Yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah Dengan Sudu Berbentuk Mangkok. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi (η) dari kincir berbagai sudu terdapat pada kincir air dengan jumlah sudu 6, yaitu 57,8491% pada debit 0,01089 m³/s. Perbedaan dari penelitian ini yaitu terletak pada bentuk sudu dan bahan sudu yang digunakan.

Rinaldi dkk. (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui rancangan bangun kincir air dengan judul Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik mendapatkan hasil bahwa model kincir *undershot* dari data hasil penelitian diketahui kecepatan putaran kincir tertinggi pada H1h1 (tinggi dasar kincir 1 cm terhadap dasar saluran dan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran)

yaitu sebesar 13,76 RPM. Perbedaan dari penelitian ini yaitu saya menggunakan aliran sungai yang datar dan arus lemah.

Adia Cahya dkk (2013) juga melakukan penelitian dengan judul Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran yang mana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan kecepatan aliran air yang sangat rendah turbin tipe *Savonius* dapat membangkitkan energi listrik. Perbedaan dari penelitian ini yaitu terletak pada pemandu arah aliran. Pada penelitian saya tidak menggunakan pemandu arah aliran.

Quaranta dkk (2015) melakukan penelitian dengan judul *Efficiency Of Traditional Water Wheels* menunjukkan bahwa kecepatan dan besar roda air akan mempengaruhi kinerja dari roda air tersebut. Perbedaan dengan penelitian ini yaitu pada tujuan dari penelitiannya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik kinerja roda air dan hidraulik dan mekanisnya optimalisasi dengan menggunakan model teoritis dan simulasi numerik.

Yassi (2013) melakukan penelitian dengan judul *Experimental Study of a High Speed Micro Waterwheel*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kincir air mikro hidro dapat beroperasi secara efisien di lokasi di mana kecepatan relatif alirannya tinggi.

Muller melakukan penelitian dengan judul *Water Wheels As a Power Source*. Dari penelitian ini didapatkan hasil pengukuran efisiensi roda air overshot memberikan efisiensi maksimum 85-90%. Lebih baik dari model kincir air yang lainnya (Muller, Renewable Energy).

M. Zahri Kadir (2010) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang Dihasilkan. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa pada hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa tinggi sudu kincir mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh kincir air, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Jumlah sudu pada roda kincir hanya mempengaruhi nilai nominal dari daya dan efisiensi maksimum yang dihasilkan kincir air.

Penelitian Rochman (2017) dengan judul Rancang Bangun dan Analisis Kincir Air Terapung Model Sudu Sayap Kupu-kupu sebagai Penggerak Pembangkit Listrik Aliran Sungai. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedalaman sudu mempengaruhi kecepatan putar dari generator. Pada kedalaman sudu 0.30 m kecepatan air 1.4 m/s menghasilkan kecepatan putar generator sebesar 138 rpm. Sedangkan pada kedalaman sudu 0.15 m kecepatan air 1.3 m/s menghasilkan kecepatan putar generator sebesar 122 rpm.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi persiapan dan perancangan kincir air lengan kincir fleksibel. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur kecepatan putar kincir, kecepatan putar generator dan seberapa besar daya listrik yang dihasilkan dari variasi ketinggian sudu dan sudut tekuk lengan fleksibel.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan data dalam penelitian ini dilaksanakan di Kampus IAIN Palangka Raya tepatnya di kolam Mahad Al-Jami'ah IAIN Palangka Raya.

C. Alat dan Bahan

Dalam pembuatan kincir air dan pengujiannya ada beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang kegiatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan kincir air dan generator pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan

No	Alat	Fungsi
1	Satu unit komputer	Sebagai analisis data
2	Kunci ring dan kunci pas	Alat untuk mengencangkan antar komponen komponen
3	Obeng	Alat untuk mengencangkan antar komponen komponen
4	Gunting besi	Alat untuk memotong bahan yang tipis
5	Gerinda	Alat untuk memotong alat yang tebal dan menghaluskan permukaan
6	Bor	Alat untuk melubangi bahan
7	Meteran	Untuk mengukur bahan
8	Alat pengepres	Tempat mencetak dan memegang bahan
9	Tang	Untuk menahan atau memutar
10	Las listrik	Menyambung bahan
11	Palu	Memukul bahan
12	Amplas	Menghaluskan bahan
13	Penjepit G	Menjepit bahan
14	Meteran	Mengukur bahan
15	Pembelok besi	Membelokkan bahan sesuai dengan kebutuhan
16	Gelas ukur	Mengukur volume air
17	Neraca ohaus	Mengukur massa air
18	Penggaris besi	Menggaris bahan yang mau di potong
19	Kompresor	Untuk menyemprot bahan ketika akan dicat
20	Kacamata las	Untuk melindungi mata dari cahaya las ketika mengelas

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kincir adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan

No	Bahan	Fungsi
1.	Bantalan/laker	Untuk menahan poros
2.	Besi kotak 4x8 cm	Bahan rangka pelampung
3.	Besi kotak 1x1 cm	Bahan jari-jari kincir
4.	Mor dan baut 10' 12' 14'	Bahan penghubung antar rangka dan jari-jari kincir
5.	Lembaran besi	Bahan untuk bilah
6.	Plat besi bulat	Tempat sudu-sudu kincir
7.	Plat rangka baja	Bahan sudu
8.	Pipa PVC 6"	Pelampung kincir
9.	Drum	Pelampung
10.	Galvalum	Penahan drum
11.	Besi UNP	Bahan rangka penahan kincir tengah
12.	Besi padat diameter	Bahan untuk poros kincir
13.	Besi bulat berongga	Untuk menghubungkan besi poros dengan laker atau bearing

3. Alat Pengambil Data

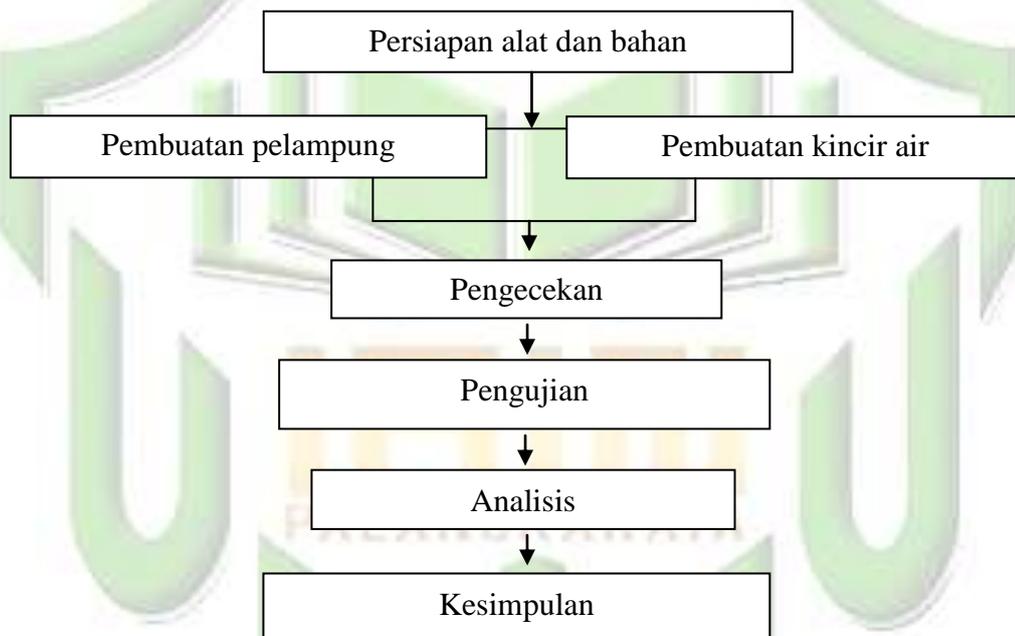
Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini, antara lain:

Tabel 3.3 Alat pengambilan data

No	Nama alat	Jumlah
1.	Mobile phone	1 buah
2.	Multimeter	1 buah
3.	Gerbang cahaya	1 buah
4.	Timer counter	1 buah
5.	Flow rate	1 buah

D. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap pada penelitian ini :

**Gambar 3.1 Bagan Prosedur Penelitian**

1. Persiapan alat dan bahan

Kegiatan penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan alat dan bahan yang dibutuhkan selama penelitian. Alat yang dibutuhkan untuk membuat sampel seperti kunci ring, kunci pas, obeng, gunting besi, gerinda, bor, meteran, alat pengepres, jangka sorong ada di Lab Fisika

Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya. Sementara alat yang digunakan untuk pengambilan data, berupa satu *flow rate*, *mobile phone* dan *timer counter*. Kemudian perangkat pendukung lainnya juga ada di Lab Fisika Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya. Persiapan awal mengumpulkan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan sampel, yaitu besi lis kotak, mur, baut, laker/bantalan, dan lembaran besi/seng.

2. Pembuatan prototipe kincir air skala kecil

Setelah alat semua terkumpul sebelum pembuatan kincir skala besar, untuk memudahkan dalam perancangan kincir dibuatlah prototipe kincir skala kecil.



Gambar 3.2 Prototipe Kincir Air dengan 12 Sudu Fleksibel

Setelah prototipe berhasil dibuat peneliti melakukan uji lapangan skala kecil untuk memastikan adanya perbedaan efektifitas antara kincir air lengan fleksibel dengan kincir air lengan tetap.



Gambar 3.3 Uji Lapangan Skala Kecil dengan Sungai Buatan

Dalam pengujian lapangan menunjukkan adanya efektifitas dari putaran kincir lengan fleksibel dengan kincir lengan tetap.

3. Pengecekan alat

Pengecekan alat setelah dirancang untuk memastikan siap atau tidaknya alat untuk dilakukan pengujian. Pengecekan meliputi rangka, sambungan antar rangka, pelampung dan bearing.

4. Pengambilan data

Dalam tahap pengambilan data terdiri dari pengukuran kecepatan aliran air, kecepatan putar dan besarnya tegangan listrik.

- a. Kecepatan aliran air diukur menggunakan flow rate. Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan dengan jarak yang sama antara flow rate dan peletakan kincir air dengan aliran air. Hal ini dilakukan agar kecepatan aliran air yang mengenai flow rate sama dengan kecepatan aliran air yang mengenai kincir air.
- b. Kemudian mengukur putaran kincir menggunakan timer counter. Dengan menempelkan stik es ksri (supaya mengenai gerbang cahaya) pada poros kincir kemudian melihat waktu yang tertera pada layar timer counter.
- c. Tegangan listrik dan arus listrik diukur menggunakan multimeter. Generator pada penelitian ini berfungsi sebagai pengubah energi pada kincir air, yang tujuannya untuk mendapat gambaran fungsi dan seberapa besar kinerja kincir air dalam menghasilkan daya listrik.

5. Grafik

Setelah dilakukan pengujian alat dan pengambilan data, maka didapatkan data hasil pengukuran yaitu, kecepatan aliran air, kecepatan putar kincir dan daya listrik yang dihasilkan generator. Semua variabel-variabel tersebut diukur dengan tahapan dan perlakuan yang sama pada masing-masing variasi ketinggian sudu. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat hubungan antara variabel-variabel yang diukur.

6. Analisis

Dari pengambilan data diperoleh hubungan antara perubahan kelajuan air dan ketinggian sudu tercelup dengan putaran kincir dan hubungan antara model sudu dengan daya listrik pada generator. Dari data yang diperoleh selanjutnya data dianalisis dengan acuan teori yang ada.

7. Kesimpulan

Selanjutnya menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan Kincir

Ada dua bagian dalam pembuatan perancangan kincir pembangkit listrik terapung dengan model kincir lengan fleksibel ini, pertama yaitu bagian penyangga dan bagian kincirnya itu sendiri. Dalam tahap awal pembuatan kincir peneliti terlebih dahulu membuat penyangga kincir beserta sistim pelampungnya. Berikut merupakan proses dari pembuatan penyangga kincir lengan fleksibel



Gambar 4.1 Bahan Pembuatan Rangka Penyangga Kincir

Gambar 4.1 merupakan bahan pembuatan penyangga kincir yaitu besi kotak ukuran 4x8 cm dan besi kanal U ukuran 4x8 cm dengan panjang 6 meter. Bahan-bahan yang sudah siap kemudian dilakukan proses pengecatan untuk

mengurangi korosi. Pengecatan dilakukan dengan cara disemprot menggunakan kompresor dengan cat besi.



Gambar 4.2 Proses Pemotongan Besi untuk Penyangga

Gambar 4.2 merupakan proses pemotongan bahan besi untuk menentukan dimensi dan ukuran penyangga kincir setelah bahan dicat dan kering. Tinggi penyangga kincir dari dasar penyangga sepanjang 1,5 meter. Penyangga kincir bagian samping kanan dan kiri menggunakan besi kotak sedangkan penyangga bagian tengah menggunakan besi kanal U. Proses pemotongan dilakukan menggunakan gerinda duduk dan gerinda tangan.

Digunakan baut ukuran 10, 12, dan 14 untuk menyatukan antar bagian-bagian baik penyangga ataupun kincir. Penggunaan baut sebagai penyatu

bagian-bagian kincir memudahkan dalam membongkar dan pasang alat jika ingin memindah atau memperbaiki jika ada bagian yang rusak.



Gambar 4.3 Proses Pengecatan Pelampung

Gambar 4.3 merupakan proses pengecatan dari pelampung kincir terapung dengan model kincir lengan fleksibel. Pengecatan ini bertujuan untuk melapisi bagian luar pelampung yang nantinya akan terendam air. Pengecatan menggunakan proses semprot dan cat yang yaitu cat minyak. Pengecatan dilakukan dua kali guna memperoleh hasil yang maksimal.



Gambar 4.4 Proses Penggabungan Pelampung dengan Dasar penyangga Kincir

Gambar 4.4 merupakan proses penggabungan dasar dari penyangga kincir dengan pelampung kincir model kincir lengan fleksibel. Dalam penggabungan ini digunakan klam U buatan sendiri untuk menyesuaikan ukuran pipa dengan penyangga kincir. Selain itu karena buatan sendiri kita bisa menggunakan bahan yang peneliti inginkan. Klam U yang peneliti gunakan dibuat dari besi strip lebar 4 cm dengan tebal 2 mm. Untuk membengkokkan besi strip dengan lebar tersebut peneliti membuat alat yang tersusun dari 3 buah bearing yang disusun hampir sejajar. Dengan bearing yang ditengah bisa digeser-geser untuk menekan dan bearing tersebut dapat diputar untuk melengkungkan besi strip tersebut. Klam U yang digunakan seluruhnya berjumlah 18 buah dengan pembagian 3 Klam U untuk 1 pipa pelampung.

Selain pipa untuk memperkuat daya apung, pelampung ditambah menggunakan drum. Untuk penempatan drum berada pada tengah-tengah antara pipa sehingga untuk menguncinya hanya menambah klem U yang terbuat dari besi strip ukuran 4 cm dan tebal 2 mm. Penggunaan drum untuk pelampung ini berjumlah 13 dengan pembagian 4-5-4. 4 drum untuk pelampung bagian samping-samping dan 5 drum untuk pelampung bagian tengah.



Gambar 4.5 Penyangga Kincir Bagian Tengah

Gambar 4.5 merupakan bentuk dari penyangga kincir bagian tengah. Pada penyangga bagian tengah ini menggunakan besi kanal U untuk memperkuat penyangga. Pada penyangga tengah nantinya akan menerima beban lebih dibandingkan penyangga samping kanan dan samping kiri. Pertemuan antara poros kincir kanan dan kincir kiri akan bertemu disini. Tinggi penyangga kincir dari pelampung 1,5 meter. Penyangga kincir ini tersusun dari 8 besi

kanal U yang dibagi menjadi 4 bagian sehingga setiap bagian 2 besi kanal U. Kemudian bagian atas penyangga kincir saling dihubungkan guna memperkuat dan membuat penyangga tidak goyang. Pada bagian atas ini besi yang digunakan untuk menghubungkan antar tiang penyangga menggunakan besi kotak ukuran 4 x 8 cm. Digunakan baut ukuran 14 untuk menyatukan antar bagian besi pada penyangga kincir bagian tengah ini.



Gambar 4.6 Penyangga Kincir dan Pelampung Kincir

Gambar 4.6 merupakan bentuk dari penyangga dan pelampung kincir. Dimensi penyangga kincir yaitu tinggi 1,5 meter dari atas pelampung, lebar 5,5 meter dan panjang 4,5 meter. Kemudian setelah sistem pelampung dan penyangga kincir selesai berikutnya peneliti membuat kincir lengan fleksibel. Berikut proses pembuatan kincir lengan fleksibel

Tahap awal dalam pembuatan kincir model kincir lengan fleksibel ini yaitu mencari bahan untuk piringan kincir.



Gambar 4.7 Piringan Sudu Kincir

Gambar 4.7 merupakan piringan tempat jari-jari kincir atau bilah-bilah kincir sudu. Terdapat 12 jari-jari yang nantinya akan disusun berjajar melingkar pada piringan kincir. Diameter piringan 60 cm dengan tebal 5 mm. Terdapat 3 buah piringan dalam 1 kincir, keseluruhan terdapat 6 piringan karena ada 2 kincir dalam perancangan ini.



Gambar 4.8 Piringan Kincir yang Dipasang pada Penyangga Kincir

Gambar 4.8 merupakan piringan kincir yang ditempatkan pada poros kincir. Pada pusat piringan kincir dibuat lubang ukuran diameter 4,5 cm untuk tempat menggabungkan antara piringan kincir dan pipa besi dengan ukuran 2 inch. Penggunaan pipa besi memudahkan untuk membongkar pasang kincir dari penyangga poros jika ingin memperbaiki atau memindahkan kincir. Untuk menggabungkan pipa besi dengan piringan kincir peneliti menggunakan sistem las. Sistem las peneliti pilih karena penyatuan piringan dan pipa besi harus kuat dan tidak akan berubah-ubah lagi sehingga sistem las lah yang cocok untuk menggabungkannya.



Gambar 4.9 Pemasangan Sudu Kincir pada Piringan

Gambar 4.9 merupakan piringan kincir yang sudah terpasang dengan jari-jari sudu. Banyaknya jari-jari sudu pada piringan berjumlah 12 buah. Dengan jarak yang sudah diatur sedemikian rupa. Jari-jari sudu kincir disatukan dengan piringan kincir menggunakan dua baut yang membuatnya menempel pada piringan kincir.



Gambar 4.10 Tampak Depan Bangun Kincir Air Lengan Fleksibel



Gambar 4.11 Tampak Samping Bangun Kincir Air Lengan Fleksibel

Disini rancang bangun kincir pembangkit listrik terapung dengan model kincir lengan fleksibel dilakukan uji apung untuk melihat apakah ada kebocoran dalam sistem pelampungnya.

B. Pengujian Kincir

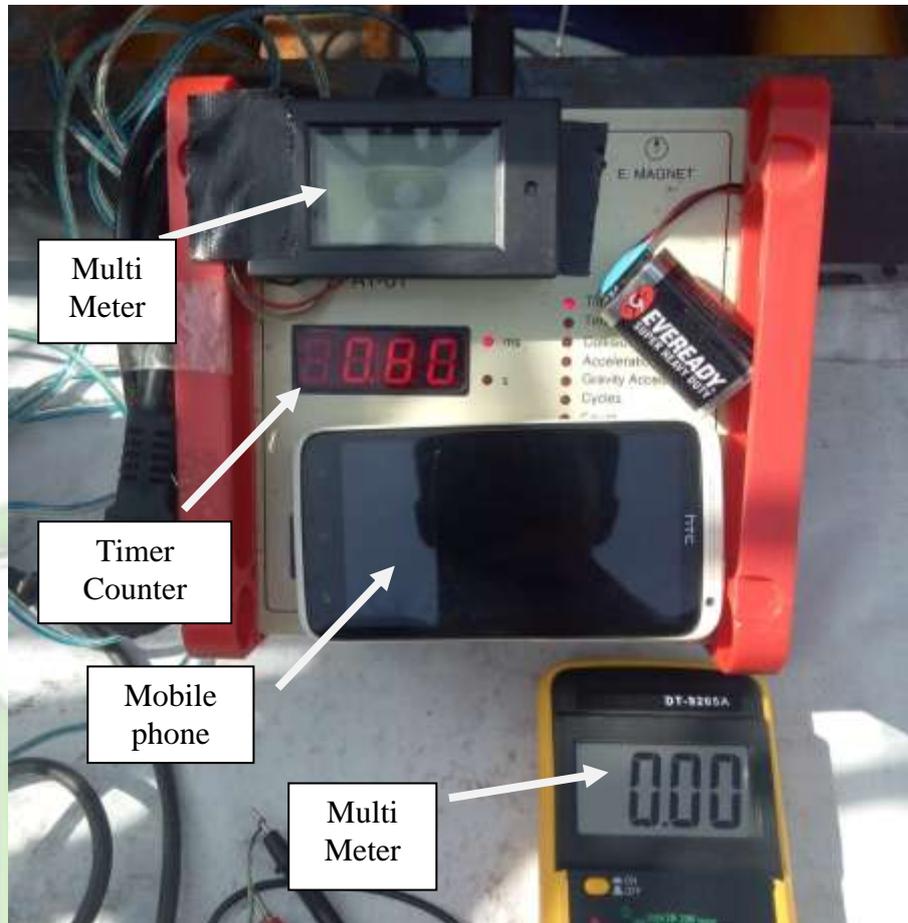
Pengujian kincir air terapung ini dilakukan di kolam Mahad Al-Jami'ah IAIN Palangka Raya, yang terdiri dari pengujian kecepatan kincir, kecepatan putar generator, tegangan dan arus yang dihasilkan generator pada kedalaman sudu tercelum yang berbeda dan sudut tekuk lengan fleksibel yang berbeda juga. Pengambilan data dilakukan dengan cara menarik kincir air terapung dari ujung kolam ke ujung yang satunya yang kira-kira berjarak 15 meter.



Gambar 4.12 Pemasangan Flow Rate pada Kincir

Gambar 4.12 merupakan alat pengukur kecepatan arus air yang dipasangkan di depan kincir air. Alat tersebut dihubungkan ke mobile phon melalui Bluetooth untuk melihat nilai yang didapat melalui aplikasi SPARKvue. Nilai

yang muncul pada aplikasi tersebut merupakan nilai kecepatan arus air beserta suhu air saat pengujian.



Gambar 4.13 Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data

Gambar 4.13 merupakan peralatan yang digunakan dalam pengambilan data dari generator yaitu 2 multi meter, timer counter dan mobile phone. Multi meter disini digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator ketika generator tersebut berputar. Timer counter digunakan untuk mengukur kecepatan putar dari puli generator. Sedangkan mobile phone disini digunakan untuk melihat kecepatan arus air yang memutar flow rate.

Pada pengambilan data ini peneliti akan memvariasikan kedalaman dari sudu kincir air yang tercelup ke air dan sudut tekukan dari lengan fleksibel yang bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh terhadap kecepatan putar generator, tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator. Berikut merupakan pengatur kedalaman dari kincir air terapung,



Gambar 4.14 Pengatur Kedalaman Sudu Kincir Bagian Tengah

Dengan memutar tuas kekanan (naik) atau kekiri (turun) maka kedalaman sudu kincir akan berubah.



Gambar 4.15 Pengatur Kedalaman Sudu Kincir Bagian Samping

Gambar 4.14 merupakan pengatur kedalaman dari sudu kincir air terapung yang berada pada penyangga bagian tengah. Pada bagian tengah pengatur kedalaman sudu menggunakan sistem ulir dengan 4 buah baut ulir panjang yang berada pada bagian pojok-pojok dari penyangga tengah. Sedangkan gambar 4.15 merupakan pengatur kedalaman sudu kincir air terapung bagian kanan dan kiri yang menggunakan sistem dongkrak.



Gambar 4.16 Pengatur Sudut Tekuk Lengan Fleksibel

Untuk mengatur sudut tekuk lengan fleksibel disini peneliti menggunakan sistem penahan (baut kecil) pada titik tekukan lengan fleksibel, sehingga bisa diatur sudut tekukannya.

C. Hasil Penelitian

1. Hasil pengujian lapangan putaran generator, tegangan dan arus yang dihasilkan dari kincir air lengan fleksibel dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel sebesar 10° , 20° , 55° dan 90° .

- a. Kedalaman sudu tercelup 0.24 m

Tabel 4.1. Hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°.

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)				Tegangan (volt)			
	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°
0.5	62	86	69	52	18	22.4	20	14
0.6	104	150	126	128	36	52.8	41.5	42
0.7	128	152	141	149	43.1	60	45	46.2
0.8	167	160	159	176	61	65.2	53	51.5
0.9	195	255	181	184	75.8	78.8	69.7	72.5

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada generator pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°. Dari tabel tersebut dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan dari generator menunjukkan nilai yang semakin besar dan di keempat variasi sudut di sudut 20° kecepatan air 0.9 m/s memiliki nilai putaran generator dan tegangan tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 4.2. Hasil pengukuran arus yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°.

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)				Arus (amper)			
	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°
0.5	33	85	48	24	0.19	0.8	0.53	0.03
0.6	64	87	69	41	0.72	0.86	0.6	0.15
0.7	96	120	100	64	0.92	0.92	0.72	0.36
0.8	124	187	137	84	1	1.21	0.88	0.56
0.9	133	193	180	120	1.17	1.24	1.16	1

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada generator pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°. Dari tabel tersebut dilihat bahwa arus yang dihasilkan dari generator menunjukkan nilai yang semakin besar dan di keempat variasi sudut di sudut 20° kecepatan air 0.9 m/s memiliki nilai putaran generator dan arus tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 4.3. Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya generator menggunakan beban gerinda pada kedalaman sudu 0.24 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°.

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)				Tegangan (volt)				Arus (amper)				Daya (watt)			
	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	185	196	176	187	37	39	38	45	0.55	0.54	0.6	0.55	16.6	21.6	13.3	17
1.1	197	228	180	218	38	53	43	53	0.6	0.7	0.59	0.33	17	27	15.8	19

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan generator yang dihubungkan langsung sebuah gerinda pada kedalaman sudu 0.24. Variasi sudut lengan fleksibel yang digunakan sebesar 10°, 20°, 55° dan 90°. Dari tabel tersebut dilihat bahwa arus yang dihasilkan dari generator menunjukkan nilai yang semakin besar dan di keempat variasi sudut di sudut 20° kecepatan air 1.1 m/s memiliki nilai putaran generator dan arus tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Pada kecepatan air 0.5 m/s sampai dengan 0.9 m/s nilai tegangan, arus dan daya tidak dapat terukur. Hal tersebut terjadi karena alat ukur yang digunakan

dalam penelitian ini memerlukan daya listrik dari generator yang diukur. Sehingga pada kecepatan tertentu (1 m/s) ketika daya listrik yang dibutuhkan alat ukur sudah terpenuhi maka alat tersebut baru bisa beroperasi.

b. Kedalaman sudu tercelup 0.44 m

Tabel 4.4. Hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°.

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)				Tegangan (volt)			
	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°
0.5	122	189	147	63	36	64	49.9	3.8
0.6	149	190	167	135	58	70	55.8	20
0.7	181	194	183	183	63.9	73	65	54
0.8	185	200	187	209	70.4	78.7	70.3	67.6
0.9	194	221	192	218	72.7	79	71.9	70.2

Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada generator pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°. Dari tabel tersebut dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan dari generator menunjukkan nilai yang semakin besar dan di keempat variasi sudut di sudut 20° kecepatan air 0.9 m/s memiliki nilai putaran generator dan tegangan tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 4.5. Hasil pengukuran arus yang dihasilkan dari generator pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°.

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)				Arus (amper)			
	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°
0.5	69	108	32	38	0.6	1.01	0.31	0.1
0.6	72	132	38	55	0.8	1.1	0.58	0.25
0.7	85	155	41	64	0.99	1.15	0.68	0.32
0.8	139	188	52	79	1.04	1.27	0.96	0.44
0.9	152	190	64	167	1.1	1.3	1	1.22

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada generator pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°. Dari tabel tersebut dilihat bahwa arus yang dihasilkan dari generator menunjukkan nilai yang semakin besar dan di keempat variasi sudut di sudut 20° kecepatan air 0.9 m/s memiliki nilai putaran generator dan arus tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 4.6. Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya generator menggunakan beban gerinda pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10°, 20°, 55° dan 90°.

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)				Tegangan (volt)				Arus (amper)				Daya (watt)			
	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°	10°	20°	55°	90°
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	175	229	163	216	39	44	35	38	0.58	0.6	0.51	0.63	18.2	20.6	15.8	20
1.1	202	282	168	236	47	57	37	48	0.57	0.59	0.53	0.64	22.8	29.5	17.1	24

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan generator ketika menggunakan beban sebuah gerinda pada kedalaman sudu 0.44 m dengan variasi sudut lengan fleksibel 10° , 20° , 55° dan 90° . Dari tabel tersebut dilihat bahwa arus yang dihasilkan dari generator menunjukkan nilai yang semakin besar dan di keempat variasi sudut di sudut 20° kecepatan air 1.1 m/s memiliki nilai putaran generator dan arus tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Pada kecepatan air 0.5 m/s sampai dengan 0.9 m/s nilai tegangan, arus dan daya tidak dapat terukur. Hal tersebut terjadi karena alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini memerlukan daya listrik dari generator yang diukur. Sehingga pada kecepatan tertentu (1 m/s) ketika daya listrik yang dibutuhkan alat ukur sudah terpenuhi maka alat tersebut baru bisa beroperasi.

Data yang ditunjukkan pada tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.6 menunjukkan semakin besar kecepatan air maka kecepatan generator akan semakin besar juga dan membuat nilai tegangan, arus dan daya akan besar.

2. Hasil pengujian lapangan putaran generator, tegangan dan arus yang dihasilkan dari kincir air lengan tetap sebagai data pembanding.
- a. Kedalaman sudu tercelup 0,24 m

Tabel 4.7. Hasil pengukuran tegangan generator kincir model sudu tetap dan sudu kepak

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)		Tegangan (volt)	
	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak
0.5	134	79	52	18
0.6	189	132	62.1	43
0.7	196	145	73	48
0.8	231	170	84.9	57.5
0.9	257	185	95.6	70

Dari tabel 4.7 menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan dari generator model sudu tetap dan sudu kepak (kupu-kupu) kedalaman sudu 0.24 m yang digunakan sebagai data pembanding pada kincir air yang dibuat peneliti. Sudu tetap menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan sudu kepak (kupu-kupu).

Tabel 4.8. Hasil pengukuran arus generator kincir model sudu tetap dan sudu kepak

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)		Arus (amper)	
	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak
0.5	78	76	0.58	0.72
0.6	84	79	0.82	0.79
0.7	98	83	0.94	0.82
0.8	109	90	1.03	0.89
0.9	114	108	1.12	0.94

Dari tabel 4.8 menunjukkan nilai arus yang dihasilkan dari generator model sudu tetap dan sudu kepak (kupu-kupu) kedalaman sudu 0.24 m yang

digunakan sebagai data pembanding pada kincir air yang dibuat peneliti. Sudu tetap menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan sudu kepak (kupu-kupu).

Tabel 4.9. Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya dari generator kincir model sudu tetap dan sudu kepak setelah diberi beban gerinda

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)		Tegangan (volt)		Arus (amper)		Daya (watt)	
	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
1	195	185	40	37	0.59	0.55	18.4	16.6
1.1	226	197	47	38	0.59	0.6	23.6	17

Dari tabel 4.9 menunjukkan nilai tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari generator model sudu tetap dan sudu kepak (kupu-kupu) kedalaman sudu 0.24 m ketika diberi beban sebuah gerinda yang digunakan sebagai data pembanding pada kincir air yang dibuat peneliti. Sudu tetap menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan sudu kepak (kupu-kupu).

b. Kealaman sudu tercelup 0.44 m

Tabel 4.10. Hasil pengukuran tegangan kincir model sudu tetap dan sudu kepak

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)		Tegangan (volt)	
	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak
0.5	217	109	19.3	40.8
0.6	221	135	63.2	49.3
0.7	245	153	81.9	56.2
0.8	262	195	88	78.7
0.9	285	238	97.3	84.5

Dari tabel 4.10 menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan dari generator model sudu tetap dan sudu kepak (kupu-kupu) kedalaman sudu 0.44 m yang digunakan sebagai data pembandingan pada kincir air yang dibuat peneliti. Sudu tetap menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan sudu kepak (kupu-kupu).

Tabel 4.11. Hasil pengukuran arus kincir model sudu tetap dan sudu kepak

V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)		Arus (amper)	
	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak
0.5	164	109	1.11	0.86
0.6	204	150	1.22	1.07
0.7	230	155	1.29	1.22
0.8	253	187	1.3	1.27
0.9	274	193	1.32	1.3

Dari tabel 4.10 menunjukkan nilai arus yang dihasilkan dari generator model sudu tetap dan sudu kepak (kupu-kupu) kedalaman sudu 0.44 m yang digunakan sebagai data pembandingan pada kincir air yang dibuat peneliti. Sudu tetap menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan sudu kepak (kupu-kupu).

Tabel 4.12. Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya dari generator kincir model sudu tetap dan sudu kepak setelah diberi beban gerinda

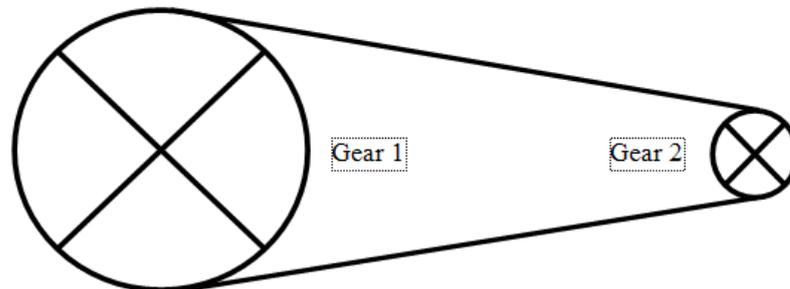
V Air (m/s)	Kecepatan Putar Generator (RPM)		Tegangan (volt)		Arus (amper)		Daya (watt)	
	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak	Tetap	Kepak
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
1	248	243	58	53	0.62	0.6	27	27
1.1	282	275	59	57	0.72	0.59	31.7	29.5

Dari tabel 4.12 menunjukkan nilai tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari generator model sudu tetap dan sudu kepak (kupu-kupu) kedalaman sudu 0.44 m ketika diberi beban sebuah gerinda yang digunakan sebagai data pembandingan pada kincir air yang dibuat peneliti. Sudu tetap menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan sudu kepak (kupu-kupu). Hasil ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yanuar Eko Nur Rochman (2017) dengan judul Rancang Bangun dan Analisis Kincir Air Terapung Model Sudu Sayap Kupu-kupu sebagai Penggerak Pembangkit Listrik Aliran Sungai. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sudu sayap kupu-kupu lebih optimum dibanding dengan sudu tetap. Hasil tersebut tidak lepas dari penggunaan alat ukur pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini berbeda dengan alat yang digunakan Yanuar. Kemudian tempat pengambilan data anatar di sungai dengan di kolam juga mempengaruhi perbedaan yang terjadi pada hasil penelitian ini.

D. Analisis Data

1. Hubungan putaran kincir dan putaran generator

Ketika dua buah roda yang dihubungkan menggunakan belt akan memiliki kecepatan linier sama besar. Pada kincir lengan fleksibel ini terdapat 2 tingkat gear yang menghubungkan putaran kincir ke generator. Pada tingkat pertama, gear yang satu poros dengan kincir berukuran jari-jari 37 cm (0,37 m) (gear 1) dihubungkan dengan gear berjari-jari 7 cm (0,07 m) (gear 2) menggunakan rantai.



Gambar 4.17 Hubungan Gear pada Poros Kincir (Gear 1) dan Gear 2

Frekuensi gear 1 yang terekam dalam pengambilan data sebesar 5 RPM (Rotasi Per Menit)

$$\omega = \frac{f_1 \cdot 2\pi}{60}$$

$$\omega = \frac{5RPM \cdot 2 \times 3,14}{60s}$$

$$\omega = 0,523 \text{ rad/s}$$

$$v_1 = v_2$$

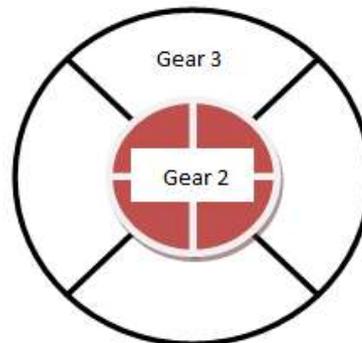
$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$

$$0,523 \text{ rad/s} \cdot 0,37m = \omega_2 \cdot 0,07m$$

$$\omega_2 = \frac{0,523 \text{ rad/s} \cdot 0,37m}{0,07m}$$

$$\omega_2 = 2,771 \text{ rad/s}$$

Pada gear 2 dipasang satu poros dengan gear 3 yang akan di hubungkan dengan generator. Karena gear 2 dan gear 3 satu poros, maka kecepatan sudut gear 2 dan gear 3 sama. Dengan jari-jari gear 3 30 cm maka kecepatan linier gear 3



Gambar 4.18 Gear 2 dan Gear 3 yang Seporos

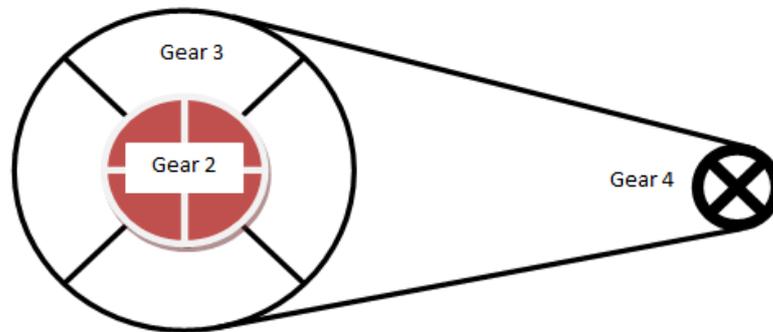
$$\omega_2 = \omega_3$$

$$2,771 \text{ ras/s} = \frac{v_3}{G_3}$$

$$2,771 \text{ rad/s} = \frac{v_3}{0,3m}$$

$$v_3 = 0,831 \text{ m/s}$$

Pada gear 3 terhubung ke gear 4 yang berdiameter 3,6 cm (0.036 m) menggunakan belt karet yang memutar generator. Karena gear 3 dan gear 4 terhubung maka kecepatan linier gear 3 dengan gear 4 sama.



Gambar 4.19 Gear 3 dan Gear 4 yang Terhubung Menggunakan Belt

Karet

$$v_3 = v_4$$

$$v_3 = \omega_4 \cdot G_4$$

$$v_3 = 2\pi f_4 \cdot G_4$$

$$0,831 \frac{m}{s} = 2\pi f_4 \cdot 0,036m$$

$$2\pi f_4 = \frac{0,831 \frac{m}{s}}{0,036m}$$

$$2\pi f_4 = 23,083s^{-1}$$

$$f_4 = \frac{23,083s^{-1}}{2\pi}$$

$$f_4 = 3,676Hz$$

$$f_4 = 3,676 \frac{\text{putaran}}{s}$$

$$f_4 = 3,676 \frac{\frac{\text{putaran}}{s}}{\frac{1}{60} \text{menit}}$$

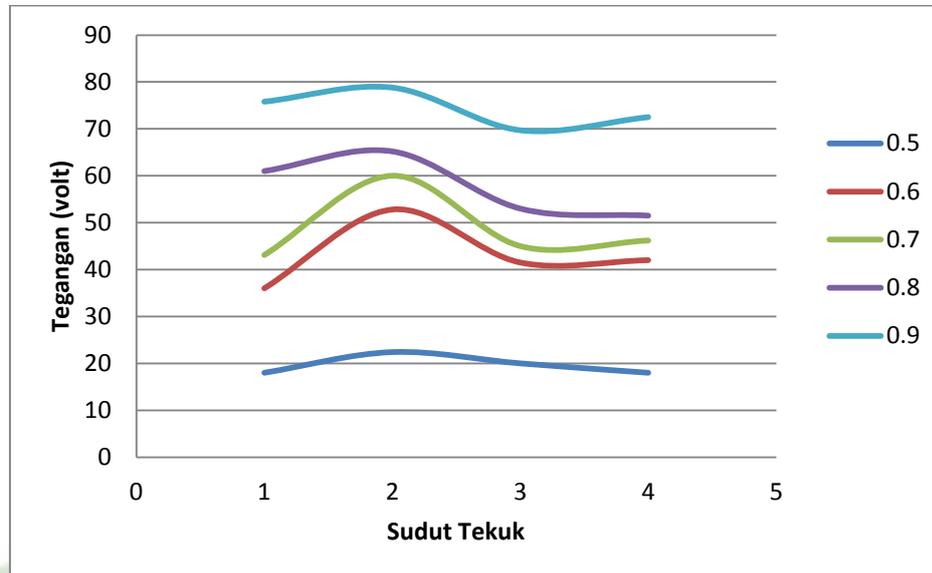
$$f_4 = 220.56RPM$$

Nilai 220,56 RPM merupakan frekuensi yang seharusnya terbaca pada timer counter namun di lapangan dengan kecepatan kincir yang sama (0,7 m/s) menghasilkan frekuensi 153 RPM hal ini disebabkan oleh penggunaan v-belt sebagai penghubung antara putaran kincir ke generator. V-belt memiliki faktor slip yang sangat besar selain itu v-belt juga tidak bisa mentransmisikan kecepatan yang besar. Selain itu cipratan-cipratan air yang timbul dari kepaan bilah sudu yang mengenai v-belt juga berpengaruh pada putaran yang diteruskannya. V-belt akan selip karena basah dan putaran yang diteruskan akan tidak maksimal. Selain itu, penyalur tenaga seperti v-belt memiliki power loss cukup besar sekitar 10 sampai 15 persen.

2. Hubungan besar sudut lengan fleksibel dengan keluaran yang dihasilkan oleh generator.

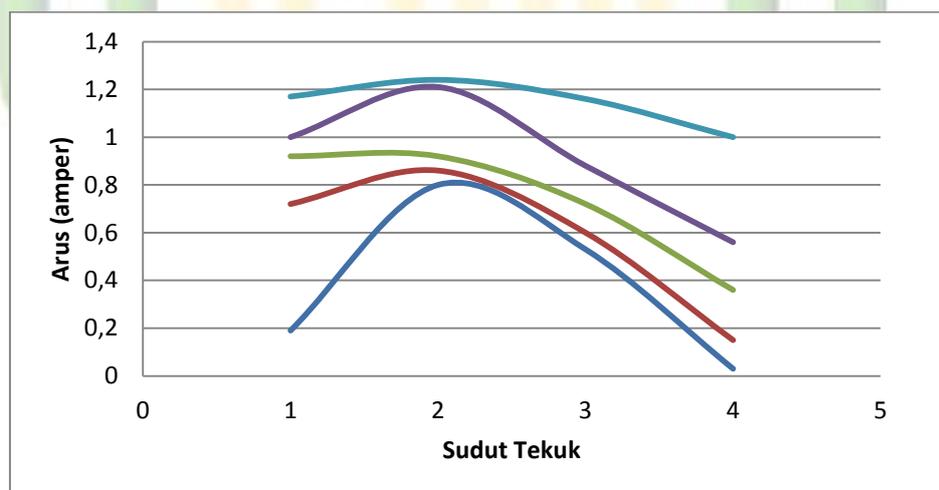
Dalam penelitian ini peneliti memvariasikan sudut tekuk lengan fleksibel kincir. Variasi sudut tekuk lengan fleksibel kincir yang digunakan sebesar 10° , 20° , 55° dan 90° .

a. Kedalaman sudu 0,24 m



Gambar 4.20 Grafik Tegangan Kedalaman Sudu 0.24 m

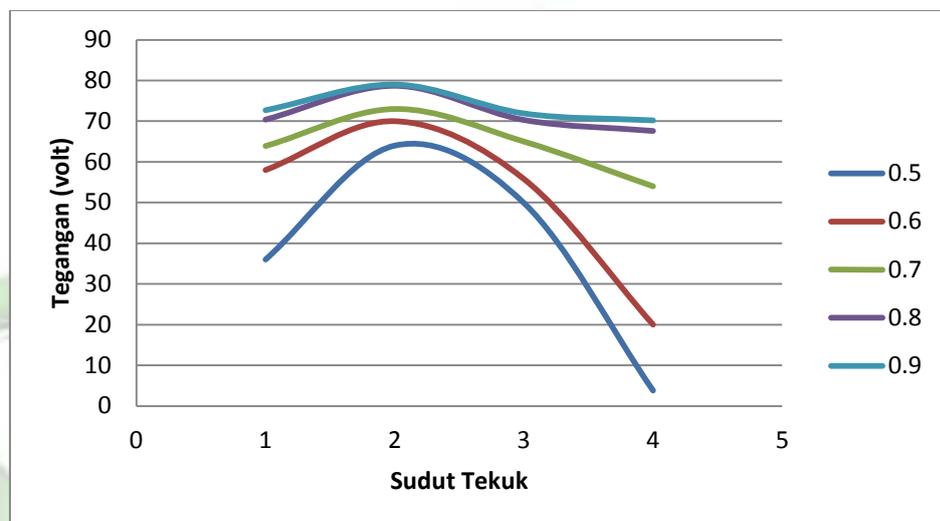
Grafik 4.20 menunjukkan hubungan antara variasi sudut tekuk lengan fleksibel dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa pada sudut 20° menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi diantara sudut tekuk lengan fleksibel lainnya.



Gambar 4.21 Grafik Arus Kedalaman Sudu 0.24 m

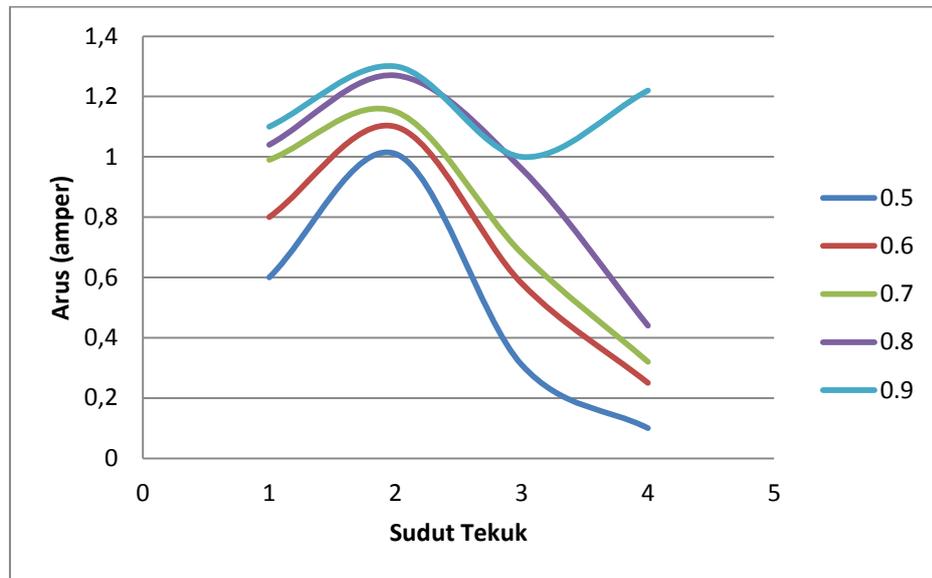
Grafik 4.21 menunjukkan hubungan antara variasi sudut tekuk lengan fleksibel dengan nilai arus yang dihasilkan dari generator. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa pada sudut tekuk 20° menghasilkan nilai arus yang paling tinggi diantara sudut tekuk lengan fleksibel yang lainnya.

b. Kedalaman sudu 0,44 m



Gambar 4.22 Grafik Tegangan Kedalaman Sudu 0.44 m

Grafik 4.22 menunjukkan hubungan antara variasi sudut tekuk lengan fleksibel dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa pada sudut 20° menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi diantara sudut tekuk lengan fleksibel lainnya.



Gambar 4.23 Grafik Arus Kedalaman Sudu 0.44 m

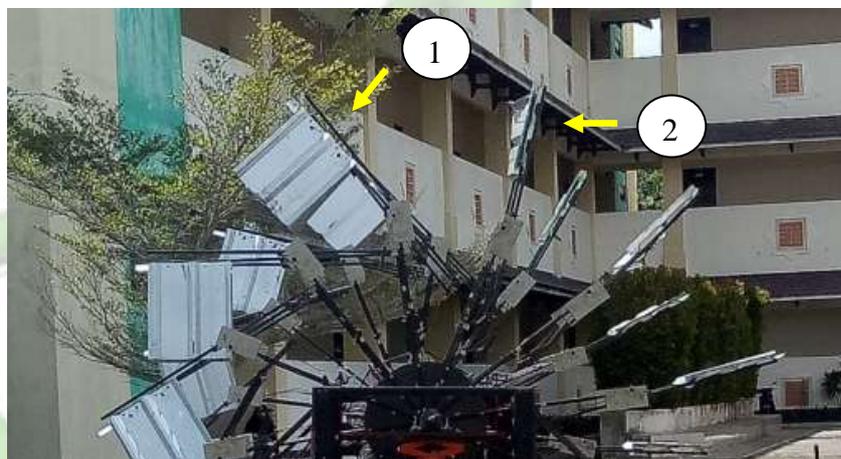
Grafik 4.23 menunjukkan hubungan antara variasi sudut tekuk lengan fleksibel dengan arus yang dihasilkan oleh generator. Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa pada sudut 20° menghasilkan nilai arus yang paling tinggi diantara sudut tekuk lengan fleksibel lainnya. Pada kecepatan air 0.9 m/s sudut tekuk 90° terjadi peningkatan arus yang mana pada sudut yang lain pada kecepatan air tersebut turun.

Dari kedua variasi kedalaman sudu $0,24 \text{ m}$ dan $0,44 \text{ m}$ dan variasi sudut tekuk lengan fleksibel 10° , 20° , 55° , dan 90° dari grafik diatas menunjukkan bahwa pada sudut tekuk lengan fleksibel 20° menghasilkan nilai tegangan dan arus paling tinggi diantara sudut tekuk lengan fleksibel yang lainnya baik pada kedalaman $0,24 \text{ m}$ ataupun $0,44 \text{ m}$.

Dari data menunjukkan nilai tegangan terbesar 79 volt pada kedalaman sudu 0.44 m sudut tekuk 20° , nilai arus paling besar 1.3 amper

pada kedalaman 0.44 m sudut tekuk 20° , dan nilai daya terbesar 29.5 watt pada kedalaman 0.44 m sudut tekuk 20° .

Sudut 20° lebih optimum dibandingkan dengan sudut yang lainnya, hal tersebut terjadi karena pada sudut 20° ketika akan kembali ke posisi lurus tidak begitu besar. Kemudian gaya hentak ketika posisi lurus juga tidak terlalu besar.



Gambar 4.24 Sudut Tekuk Lengan Fleksibel

Kedalaman sudu 0.44 m lebih optimal dibandingkan dengan kedalaman 0.24 m. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh M Zahri Kadir (2010) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi. Data tegangan, arus dan daya pada kedalaman 0.44 m lebih besar dari nilai tegangan, arus dan daya pada kedalaman sudu 0.24 m.

3. Daya listrik dari generator

Dari tabel 4.3 dan 4.6 menunjukkan nilai daya, arus dan tegangan yang dihasilkan dari generator yang dihubungkan dengan sebuah gerinda.

Hanya dua data yang mampu terbaca oleh alat avo meter digital yaitu pada kecepatan air 1 m/s dan 1,1 m/s. Hal tersebut terjadi karena energi listrik yang dihasilkan oleh generator sebagian digunakan oleh alat pengukur untuk menyalakan alat tersebut sehingga ketika energi listrik sudah cukup untuk menyalakan alat tersebut maka alat akan menunjukkan nilai yang dibaca dari putaran generator.

Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa pada sudut tekuk lengan fleksibel 20° menghasilkan nilai yang paling tinggi diantara sudut tekuk lengan fleksibel lainnya baik di kedalaman sudu 0,24 m ataupun 0,44 m. Pada kedalaman sudu 0.24 m daya yang dihasilkan sebesar 19.7 watt sedangkan pada kedalaman sudu 0.44 daya yang dihasilkan sebesar 29.5 watt.

4. Kendala Penelitian

a. Pengambilan data

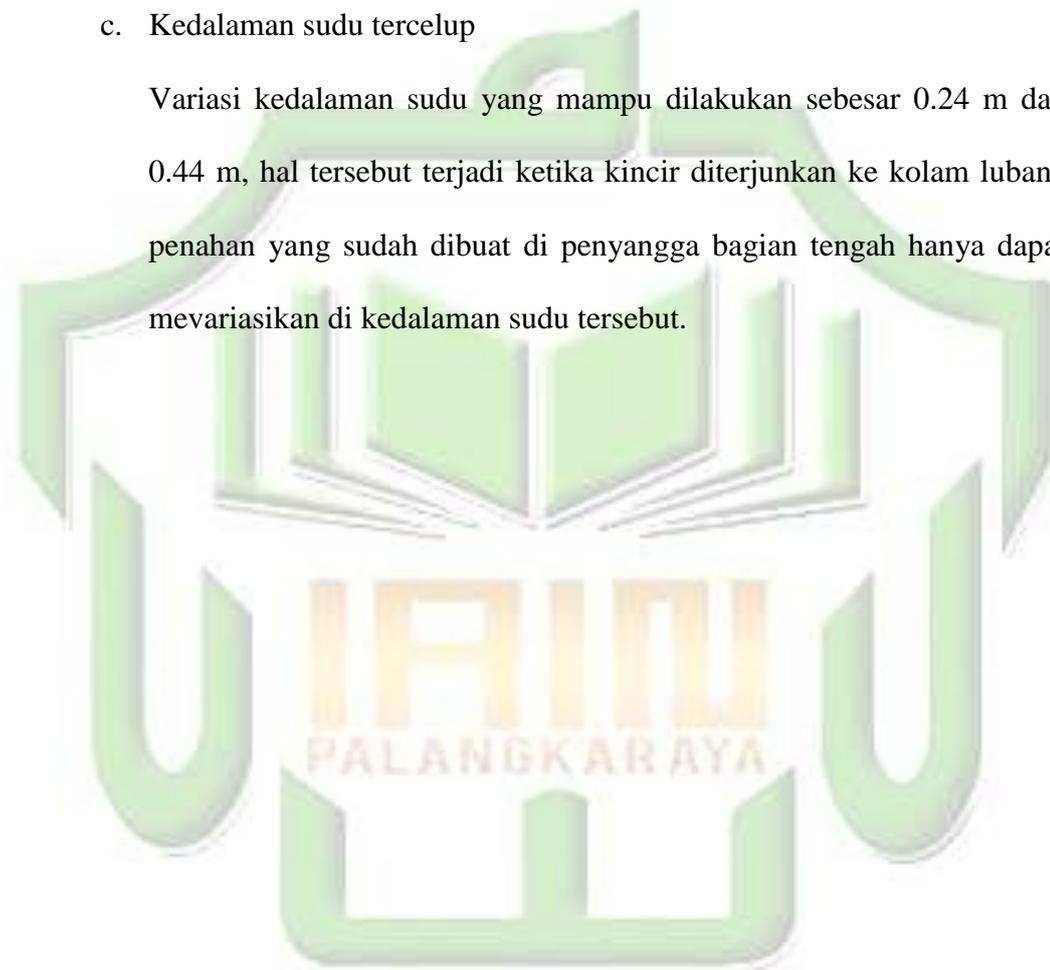
Dalam pengambilan data kincir lengan fleksibel dilakukan di sebuah kolam dengan luas $78,5 \text{ m}^2$, hal tersebut terjadi karena pada saat peneliti selesai merancang kincir lengan fleksibel tersebut volume sungai Kahayan turun drastis dan kecepatan aliran sungainya pun tidak ada karena musim kemarau. Selain itu untuk memindahkan kincir lengan fleksibel memerlukan waktu yang lama karena harus dibongkar dan dipasang kembali.

b. Variasi sudut tekuk

Peneliti hanya bisa memvariasikan sudut tekuk sebesar 10° , 20° , 55° , dan 90° . Hal tersebut terjadi karena penahan lengan fleksibel untuk sudut tekuk yang peneliti buat hanya mampu pada sudut tersebut. Sistem baut untuk penahan sudut yang peneliti gunakan memerlukan waktu cukup lama untuk memindahkan variasi sudut tekuknya.

c. Kedalaman sudu tercelup

Variasi kedalaman sudu yang mampu dilakukan sebesar 0.24 m dan 0.44 m, hal tersebut terjadi ketika kincir diterjunkan ke kolam lubang penahan yang sudah dibuat di penyangga bagian tengah hanya dapat mevariasikan di kedalaman sudu tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilaksanakan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Bentuk rancang bangun kincir air lengan fleksibel ini memiliki diameter dengan dua buah kincir yang masing-masing kincir memiliki 12 jari-jari sudu model sayap kupu-kupu. Kincir tersebut diletakkan pada satu poros yang panjang poros tersebut 6 m secara bersimpangan. Penyangga kincir terbuat dari besi kota ukuran 4x8 cm di bagian samping kanan dan kiri kemudian besi kanal U untuk penyangga kincir di bagian tengah. Pada bagian pelampung kincir tersusun dari 6 buah pipa ukuran 6 inch dan 7 buah drum yang dibagi menjadi 3 bagian. Pada bagian tengah pelampung tersusun dari 2 buah pipa dan 4 buah drum dan utk dibagian samping kanan dan kiri masing-masing tersusun dari 2 buah pipa dan 3 buah drum. Untuk mengatur kedalaman sudu kincir digunakan 2 buah dongkrak pada penyangga kincir bagian kanan dan kiri dan baut ulir pada penyangga kincir bagian tengah. Kemudian untuk mengatur lengan fleksibel kincir digunakan baut untuk menahan lengan kincir supaya menekuk sesuai dengan ukuran sudut tekuk yang sudah ditentukan.

2. Sudut tekuk lengan fleksibel 20° lebih optimal dibandingkan dengan sudut tekuk lengan fleksibel yang lainnya.
3. Nilai tegangan, arus dan daya pada kedalaman sudu 0.44 m lebih optimal dibandingkan dengan kedalaman sudu 0.24 m.

B. Saran

Untuk kemajuan penelitian selanjutnya berikut saran yang dapat peneliti sampaikan:

1. Jika penelitian ini dilanjutkan hendaknya ditambah lagi variasi sudut tekuk lengan fleksibel diantara 20° dan 55° .
2. Pengaturan kedalaman sudu lebihbaik menggunakan sistem dongkrak seluruhnya.
3. Pada sistem penghubung antar gear lebihbaik menggunakan rantai semuanya karena penghubung rantai memiliki nilai kehilangan energi yang lebih kecil dibandingkan dengan penghubung-penghubung lainnya.
4. Penggunaan baut pada sistem pelampung sebaiknya menggunakan baut yang tahan terhadap karat.
5. Konstruksi rangka yang berat hendaknya mempunyai alat pengangkat untuk memudahkan memindah dari satu tempat ketempat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. 2016. *Fisika Dasar 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Arsis, Ahmad. 2003. *Kincir Air untuk Irigasi*. Padang: Universitas Andalas.
- Aryo Hendarto P. 2012. *Pemanfaatan Pemandian Umum Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMh) Menggunakan kincir Tipe Overshot*.
- Bambang Soepatah dan Soeparno. 1978. *Mesin listrik 1*, Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Bambang, M. Zahri Kadir. 2010. *Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang Dihasilkan*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNMTTM) ke-9.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*, alih bahasa Yuhilza Hanum, Jakarta: Erlangga.
- Halliday, David dan Robert Resnick. 1989. *Fisika Jilid 1 Edisi 3* alih bahasa Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Himran, Syukri. 2017. *Turbin Air Teori Dan Dasar Perancangan*. Yogyakarta: ANDI
- Jasa, Lie dkk. 2017. *Mikro Hidro; Strategi Memanfaatkan Eenergi dan ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Teknosain.
- Jatmiko, dkk. 2012. *Pemanfaatan Pemandian Umum Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro (PLTMh) Menggunakan Kincir Tipe Overshot*.
- Kadiman, Kusmayanto. 2006. *Buku Putih Penelitian, pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Energi Baru dan Terbarukan Untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2005-2025*, Jakarta: Kementerian Negeri Riset dan Teknologi Republik Indonesia.
- M. Djiteng. 2005. *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Nurdin, Ihfazh Eka Nugraha, dkk. 2013. *Jurnal Reka Elkomika “Penerapandan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro dengan Turbin Propeller Open Flume TC 60 dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 VA di UPI Bandung”*. Teknik Elektro | Itenas | Vol.1 | No. 4: Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.

- Pemprov Kalteng, kementerian PPN/Bappenas dan Global Green Growth Institute. 2015. *Kalimantan Tengah Menuju Pertumbuhan Ekonomi Hijau*.
- Pudjanarsa, Astu dan Nursuhud Djati. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Purnama, Adia Cahya dkk. 2013 *Rancangan Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramadhan, Lukman. 2012. *Pengaruh Variasi Tinggi Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung Overshot*, Univ Brawijaya.
- Rinaldi dkk. 2015. *Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik*. Riau: Universitas Riau.
- Sule, Luther. 2015. *Kinerja Yang Dihasilkan oleh Kincir Air Arus Bawah dengan Sudu Berbentuk Mangkok*. Makasar: Universitas Hasanudin.
- Sumardi, Yosaphat, dkk. 2007. *Mekanika*, Jakarta: Universitas Terbuka.
- Surin, Bachtiar. 2002. *Terjemahan dan Tafsir Al-Qur'an Al Kanz cet. 3*, Bandung: Titian Ilmu.
- Tippler, Pail A. 2001. *Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 alih bahasa Bambang Soegijono*. Jakarta: Erlangga.
- Wahyudi, Slamet dkk. 2012. *Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Sudu Datar*. Jurnal Rekayasa Mesin vol 3, ISSN 0216-468X.
- Wiranto Haris Munandar. *Penggerak Mula Turbin*, Bandung: ITB Pers.