

TUGAS AKHIR

**SIMULASI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
PICO HYDRO MENGGUNAKAN
MINI WATER PUMP**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MHD AJUAR ZAIN

NPM : 1407220011



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Mhd Ajuar Zain
NPM : 1407220011
Program Study : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro Menggunakan Mini Water Pump

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Study Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.


Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing I / Penguji



Rohana, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji




Indra Roza, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Ir. Zul Arsil Siregar

Dosen Pembanding II / Penguji



Zulfikar, S.T., M.T

Program Study Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Usan Pasaribu, S.T., S.Pd, M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mhd Ajuar Zain
Tempat / Tanggal Lahir : Tanah Gambus / 25 Mei 1996
NPM : 1407220011
Fakultas : Teknik
Program Study : Teknik Elektro

Menyatakan Dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"SIMULASI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO HYDRO MENGGUNAKAN MINI WATER PUMP",

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaannya saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Study Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



MHD AJUAR ZAIN

ABSTRAK

Energi air merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan. Energi air merupakan energi yang sangat melimpah di Indonesia. Potensi energi air di Indonesia sangatlah besar, namun masih kurang dimanfaatkan. Memanfaatkan energi air menjadi energi listrik berskala kecil dapat dikembangkan dengan menggunakan turbin dan generator yang berskala kecil pula. Dengan memanfaatkan aliran dari sumber air yang berpotensi cukup besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik berskala besar maupun kecil, sumber air yang tersedia dapat dimanfaatkan agar menjadi energi listrik. Memanfaatkan sumber energi air yang berskala kecil dapat dirancang sesuai dengan prosedur pembangkit listrik tenaga air berskala kecil juga dengan menggunakan turbin sebagai media perubah energi air menjadi energi gerak dimana pergerakan turbin diteruskan ke as poros pada generator, generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Penelitian ini menguji seberapa besar energi listrik yang dihasilkan pada perbedaan putaran arus air pada penelitian ini menggunakan *mini water pump* sebagai sumber penghantar air menuju turbin dengan perubahan semburan air yang dihasilkan melalui *sprayer gun* sebagai penyearah alur air, dengan perubahan putaran *sprayer gun* antara posisi awal semburan awal 0 cm, menengah 2cm, dan rendah 4cm. Dari pengujian yang dilakukan tegangan terendah terdapat pada putaran *sprayer gun* pada posisi putaran 4cm yaitu sebesar 27,90V tegangan menengah yang diperoleh pada posisi putaran 2cm yaitu sebesar 39,50V dan tegangan tertinggi terdapat pada putaran *sprayer gun* pada posisi putaran awal 0cm yaitu sebesar 40,25V. Setiap kecepatan putaran yang dihasilkan dari semburan air memiliki putaran turbin yang berbeda-beda, semakin tinggi kecepatan putaran kincir pada turbin yang dihasilkan dari semburan air *mini water pump* maka akan semakin besar putaran turbinnya. Putaran turbin terendah didapat pada saat kecepatan putaran air yang dihasilkan pada posisi nilai RPM pada putaran generator sebesar 2401 RPM pada saat posisi putaran 4cm, putaran turbin menengah di dapat pada saat kecepatan putaran air yang di hasilkan pada posisi nilai RPM putaran generator sebesar 2432 RPM pada saat posisi putaran 2cm dan putaran turbin tertinggi didapat pada saat kecepatan putaran turbin sebesar 2452 RPM pada saat posisi putaran awal yaitu 0cm. Semakin besar putaran turbin yang dihasilkan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan.

Kata Kunci: Energi air, pembangkit listrik berskala mini, turbin air, generator 3 phase

ABSTRACT

Water energy is one of the uses of renewable energy which has enormous potential to be developed. Water energy is a very abundant energy in Indonesia. The potential of water energy in Indonesia is very large, but still underutilized. Utilizing water energy into small-scale electricity can be developed using small-scale turbines and generators. By utilizing flows from water sources that have the potential to be large enough to be used as large and small scale power plants, the available water sources can be used to become electricity. Utilizing small-scale water energy sources can be designed in accordance with the procedures of small scale hydroelectric power plants also by using turbines as a medium to convert water energy into motion energy where turbine movements are forwarded to the shaft at the generator, this generator produces electricity. This study examines how much electrical energy is generated in different water currents in this study using mini water pumps as a source of water delivery to the turbine with changes in water bursts produced through a gun sprayer as a water flow rectifier, with a change of gun sprayer between the initial position of 0 cm , 2cm, and, 4cm. From the testing carried out the lowest voltage is in the rotation of the gun sprayer at 4cm rotation position which is equal to 27.90V medium voltage obtained at 2cm rotation position which is equal to 39.50V and the highest voltage is found in the round gun sprayer at the initial rotation position 0cm which is 40.25V . Every speed of rotation generated from a burst of water has a different turbine rotation, the higher the speed of rotation of the windmill in the turbine generated from the mini water pump bursts of water, the greater the turbine rotation. The lowest turbine rotation is obtained when the water rotation speed is generated at the position of the RPM value at 2401 RPM when the rotation position is 4cm, the middle turbine rotation can be obtained when the rotation speed of the water at the generator rotation RPM value is 2432 RPM when 2cm rotation position and highest turbine rotation are obtained when the turbine rotation speed is 2452 RPM when the initial rotation position is 0cm. The greater the spinning turbine produced, the greater the voltage generated.

Keywords: Water energy, mini-scale power plants, water turbines, 3 phase generator

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul berjudul **“Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro Menggunakan Mini Water Pump”**. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana Strata Satu di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Penulisan mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah di berikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terima kasih tersebut saya sampaikan kepada:

1. Ayahanda tercinta M. Yusuf Hasibuan dan Ibunda Herda Ningsih. Orang tua penulis telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik motivasi, nasehat, materi maupun do'a.
2. Bapak Dr. Agussani MAP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rohana, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Indra Roza, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Sahabat A1 Pagi yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-persatu, semua teman-teman saya yang telah banyak memberikan saya semangat, dukungan, motivasi dan do'a.

Penulis menyadari adanya kemungkinan terjadi kekeliruan ataupun kelebihan dan kekurangan serta kesalahan-kesalahan di dalam penyusunan tugas akhir ini, mungkin masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu saya mengharapkan kritik dan saran. Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat yang sebesar-besarnya bagi penulis sendiri maupun bagi dunia pendidikan pada umumnya, khususnya untuk Fakultas Teknik Elektro. Terimah kasih atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terimah kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 01 Februari 2019

Penulis

MHD AJUAR ZAIN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 PLTA	8
2.3 PLTPH	9
2.3.1 Kelebihan PLTPH.....	12
2.3.2 Kekurangan PLTPH.....	13
2.4 Turbin Air.....	13

2.4.1 Jenis-Jenis Turbin Air	14
2.4.2 Bagian-Bagian Turbin Air	21
2.5 Kincir Air	22
2.5.1 Jenis-Jenis Kincir Air	23
2.6 Pompa Air	28
2.6.1 Bagian-Bagian Utama Dari Pompa.....	31
2.6.2 Mini Water Pump.....	32
2.6.3 Motor Penggerak Mini Water Pump.....	33
2.7 Generator.....	34
2.8 Rangkaian Penyearah	37
2.9 Baterai.....	38
2.9.1 Faktor-Faktor Ketahanan Baterai.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Lokasi Penelitian	41
3.2 Peralatan Dan Bahan Penelitian	41
3.2.1 Peralatan Penelitian.....	41
3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian	42
3.3 Tahapan Perancangan Alat	44
3.3.1 Turbine Kincir Tub	44
3.3.2 Generator Miniature 220V	45
3.3.3 Mini Water Pump.....	46
3.3.4 Multi Tester	48
3.3.5 Tacho Meter.....	48
3.3.6 Rangkaian Penyearah	49

3.3.7 Rangkaian Penyimpan Cadangan Energi Listrik	50
3.4 Sistem Kerja Alat.....	51
3.4.1 Blok Diagram Sistem Kerja.....	52
3.5 Flowchart Penelitian	53
BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENGUJIAN	55
4.1 Pengujian Perancangan Alat.....	55
4.1.1 Pengujian Debit Air	55
4.2 Perbandingan Hasil Tegangan Pada Perubahan Putaran Sprayer Gun Mini Water Pump	58
4.3 Hasil Simulasi Penelitian	59
4.3.1 Ketahanan Baterai Dan Perubahan Tegangan Output Simulasi PLTPH.....	59
4.3.2 Daya Listrik Yang Di Hasilkan	66
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Volume Air	54
Tabel 4.2 Perbandingan Tegangan Dan Putaran RPM Antara Jarak Turbin Dan Pengaruh Perubahan Putaran Kecepatan Pada Sprayer Gun	57
Tabel 4.3 Lama Waktu Dalam Penggunaan Baterai.....	58
Tabel 4.4 Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan.....	65
Tabel 4.5 Pengujian Daya Listrik	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Proses PLTA Skala <i>Pico Hidro</i>	11
Gambar 2.4 Turbin Pelton	15
Gambar 2.5 Turbin Turgo	17
Gambar 2.6 Turbin Cross Flow	18
Gambar 2.7 Turbin Francis	19
Gambar 2.8 Turbin Kaplan Propeller	21
Gambar 2.9 Bagian-Bagian Turbin	22
Gambar 2.10 <i>Overshoot Water Wheel</i>	24
Gambar 2.11 <i>Undershoot Water Wheel</i>	25
Gambar 2.12 <i>Breatshoot Water Wheel</i>	26
Gambar 2.13 <i>Tub Water Wheel</i>	27
Gambar 2.14 Pompa Aksial	29
Gambar 2.15 Pompa Sentrifugal	30
Gambar 2.16 <i>Mini Water Pump</i>	32
Gambar 2.17 <i>Using 775 Motor</i>	33
Gambar 2.18 Generator 3 Phase	36
Gambar 2.19 Rangkaian <i>Dioda Rectifier 3 Phase</i>	37
Gambar 2.20 Baterai 12V	38
Gambar 3.1 Turbin Kincir Tub	44
Gambar 3.2 Wadah Turbin	45
Gambar 3.3 Generator <i>Miniature 220V</i>	45
Gambar 3.4 <i>Mini Water Pump</i>	46

Gambar 3.5 <i>Multi Tester</i>	48
Gambar 3.6 <i>Tachometer</i>	48
Gambar 3.7 Penyearah Gelombang Penuh 3 Fasa (<i>Poly Phase</i>).....	49
Gambar 3.8 Rangkaian Penyearah Pada Alat.....	49
Gambar 3.9 Rangkaian Penyimpanan Cadangan Energi	50
Gambar 3.10 Simulasi Perancangan PLTPH	51
Gambar 3.11 Blok Diagram Sistem Kerja	52
Gambar 3.12 Flowchart Penelitian Tugas Akhir	53
Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Keluaran Generator Tanpa Beban	58
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Baterai Dan Tegangan <i>Output</i> Simulasi	59
Gambar 4.2.1 Tegangan Baterai	60
Gambar 4.2.2 <i>Output</i> PLTPH.....	60
Gambar 4.2.3 Tegangan Baterai	61
Gambar 4.2.4 <i>Output</i> PLTPH.....	61
Gambar 4.2.5 Tegangan Baterai	62
Gambar 4.2.6 <i>Output</i> PLTPH.....	62
Gambar 4.2.7 Tegangan Baterai	63
Gambar 4.2.8 <i>Output</i> PLTPH.....	63
Gambar 4.2.9 Tegangan Baterai	64
Gambar 4.2.10 <i>Output</i> PLTPH.....	64
Gambar 4.3 Grafik Tegangan <i>Output</i> Setelah Terbebani.....	65
Gambar 4.4 Grafik Arus <i>Output</i> Yang Di Hasilkan	66
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Daya.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok dan memainkan peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Tanpa disadari manusia hidupnya sudah tergantung pada energi listrik, baik itu untuk penerangan, hiburan, memasak, mencuci, dan sebagainya. Bila suatu ketika terjadi matinya aliran listrik, maka pada saat itu akan terasa betapa listrik merupakan suatu kebutuhan yang tidak bisa dilepaskan dari kehidupan manusia.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak skala besar dengan daya terbangkitkan lebih dari 10 MW. Pembangkit Listrik Tenaga *Piko Hidro* (PLTPH) adalah pembangkit listrik skala kecil kurang dari 1 KW yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, potensi dapat kita temukan di saluran irigasi, sungai atau air terjun.

Cara kerja PLTPH secara sederhana adalah air dalam jumlah tertentu menggerakkan turbin kincir yang ada pada sistem instalasi mesin PLTPH, kemudian putaran turbin digunakan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. PLTPH pada intinya berfungsi untuk mengubah tenaga gerak menjadi tenaga listrik dengan beda tinggi (*Head*) rendah.

Berdasarkan hal di atas, penulis berkeinginan membuat tugas akhir tentang “*Simulasi Perancangan PLTPH Menggunakan Mini Water Pump*” dan melakukan simulasi perancangan PLTPH untuk dapat mengetahui prinsip kerja dari PLTPH yang di simulasi kan dengan perancangan alat yang bisa di jadikan

bahan referensi penelitian tentang system kerja dari PLTPH. Untuk sumber penggerak turbin di simulasi kan dengan menggunakan *Mini Water Pump* yang di suplay sumber arus nya menggunakan baterai 12V sehingga *Mini Water Pump* dapat memberi sumber air untuk penggerak kincir air pada rancangan turbin.

1.2.Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut maka diperoleh beberapa permasalahan yang berkaitan sangat penting dengan listrik untuk memberikan hasil yang di peroleh dari Pembangkit Listrik Tenaga *Piko Hidro* (PLTPH) sebagai penerangan yang bersekala kecil untuk kebutuhan tertentu antara lain :

1. Bagaimana simulasi perancangan PLTPH untuk menghasilkan energi listrik berskala kecil.
2. Bagaimana menganalisa PLTPH untuk menghasilkan energi listrik.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang di ambil dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Merancang simulasi PLTPH untuk menghasilkan energi listrik berskala kecil
2. Menganalisa kapasitas dayalistrik yang dihasilkan dari perancangan PLTPH.

1.4. Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah dari tugas akhir ini antara lain:

1. Simulasi perancangan PLTPH ini menggunakan jenis turbin *Air Francis* dan jenis kincir air *Tub* sebagai penghasil energi listrik.
2. Simulasi perancangan PLTPH ini menggunakan *mini water pump* sebagai penyaluran air untuk menggerakkan kincir pada turbin.
3. Kajian ini membahas tentang hasil output dari simulasi perancangan PLTPH .
4. Kajian ini membahas tentang proses kerja simulasi perancangan PLTPH.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa sebagai referensi perancangan simulasi PLTPH .
2. Bagi Universitas sebagai sarana pembelajaran dan praktikum sistem kerja PLTPH.

1.6. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari 5 bab dimana sistematika penulisan yang diterapkan dalam tugas akhir ini menggunakan urutan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai *piko hidro* sebagai alat penelitian untuk tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, data penelitian, jalannya penelitian, diagram alir, serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses penyusunan tugas akhir.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini berisikan hasil dari analisa *output* yang di hasilkan dari simulasi perancangan PLTPH.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Tingkat konsumsi energi listrik dalam negeri meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia khususnya di Aceh. Namun kondisi ini belum diimbangi dengan ketersediaan infrastruktur pembangkit listrik sehinggasingkali terjadi defisit listrik di berbagai daerah di Indonesia yang dapat mengganggu kegiatan ekonomi maupun industri. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro (PLTPH) dimanfaatkan untuk daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Rancangan prototipe PLTPH ini dimulai dengan pengujian turbin ulir sebagai penggerak generator dengan variasi kemiringan sudut turbin dan debit air yang bervariasi juga dari 0,0246 m³/s sampai 0,0755 m³/s. Kemudian dari pengujian tersebut dilakukan simulasi dengan menggunakan motor DC yang putarannya di sesuaikan dengan turbin yaitu mencapai 245 rpm. Dengan perhitungan dan simulasi pembangkit listrik tenaga piko hydro ini mampu menghasilkan tegangan sebesar 45 V dan daya yang didapatkan adalah berdasarkan perhitungan yaitu 66,4 W dan efisiensi keseluruhan sebesar 21,4% [1].

Pemanfaatan saluran penyalur air minum bersih yang dilakukan oleh Prof. J.Chenetal, selaku ketua tim dari riset sekaligus dosen dari Hongkong University, dengan menggunakan saluran pipa bawah tanah sebagai penghasil sumber daya listrik, sehingga dapat menghidupkan sensor-sensor elektronik dan modul yang digunakan untuk mengawasi kualitas dan kuantitas dari air bersih langsung

minum tersebut. Penelitian terhadap turbin jenis Bulb (bohlam) yang dilakukan oleh tim J.Chenetal, mengerucut kepada dua jenis turbin saja yaitu, turbin geser berlubang (*drag hollow turbine*) dan turbin geser pejal (*drag solid turbine*). Dengan adanya penelitian pada turbin jenis bulb pembangkit listrik tenaga pikohidro menjadi lebih menarik, sehingga peneliti bermaksud untuk merancang serta membangun turbin sumbu vertical (*vertical axis water turbine*) jenis bulb pada sistem pikohidro, sebagai penghasil energi listrik yang memanfaatkan aliran sungai dalam pipa saluran air. Dengan harapan besarnya daya listrik yang akan dihasilkan oleh sistem pikohidro ini dapat menghidupkan digunakan untuk penerangan serta penyimpanan energi listrik[2].

Potensi tenaga air yang terdapat pada suatu daerah dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik. Generator induksi 1 fase dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk pembangkit listrik skala kecil. Dalam pengimplementasiannya pada sistem pembangkit pikohidro, generator induksi akan beroperasi dengan kondisi debit air yang tidak konstan akibat perubahan musim. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik keluaran generator induksi. Penelitian diawali dengan menghubungkan generator induksi 1 fase dengan kincir air sebagai penggerak mulanya. Setelah generator induksi berputar dengan kecepatan tertentu, selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan dan frekuensi. Pengujian dilanjutkan dengan menghubungkan sejumlah kapasitor dan beban listrik pada terminal generator induksi. Ukuran kapasitor divariasikan dari 24 – 64 μF sedangkan daya beban divariasikan dari 0 – 240 W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar ukuran kapasitor maka semakin rendah kecepatan putar dan frekuensinya, sedangkan tegangannya akan naik

hingga mencapai nilai maksimum tertentu setelah itu akan cenderung turun. Ukuran kapasitor yang optimal untuk diterapkan adalah 32 – 40 μF . Semakin besar daya beban maka semakin rendah kecepatan putar, frekuensi dan tegangan generator induksinya. Daya beban yang optimal untuk dihubungkan pada generator induksi pada sistem pembangkit listrik pikohidro di Etasia Umbul Tlatar adalah sebesar 120 W. Tegangan generator induksi akan bervariasi antara 210 – 225,5 volt dan frekuensinya bervariasi antara 55,6 – 59,1 Hz ketika bebannya divariasikan antara 0 -120 W [3].

Kebutuhan energi guna peningkatan pelayanan dan operasional pada setiap gedung bertingkat mutlak diperlukan. Seiring dengan itu biaya operasional gedung bertingkat terutama dalam hal biaya energi, yang antara lain energi listrik air dan bahan bakar minyak otomatis akan meningkat. Sehingga dibutuhkan suatu pemanfaatan energi terbuang yang ada di suatu gedung untuk dapat menekan biaya operasional. Pemanfaatan energi tersebut sekaligus dapat ikut serta dalam program pemerintah untuk mengembangkan energi baru terbarukan. Jika suatu gedung berpenghuni 700 orang dan masing-masing orang menggunakan air 50 liter per hari maka potensi air buangan adalah sama dengan 35.000 liter. Limbah air ini dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun pembangkit listrik pikohidro 1.000 VA dengan memanfaatkan buangan air limbah. Alat yang digunakan untuk rancang bangun ini adalah 3 buah Nozle, turbin, Generator DC, dan batere serta lampu sebagai beban. Turbin diputar oleh air yang disemprotkan dari nozzle. Ketika digunakan satu, dua dan tiga nozzle, maka efisiensi pada generator masing-masing 65,75%, 65,80% dan 70,74% dengan debit pembuangan air limbah 0,002725 m/detik.

Putaran maksimum saat ada beban pengisian batere adalah 160 rpm dan tegangan maksimumnya 26,4 Volt. Dengan tegangan tersebut cukup untuk pengisian batere 24 volt[4].

2.2. PLTA

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu pembangkit yang memanfaatkan aliran air untuk diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan ini biasa disebut sebagai hidroelektrik. Pembangkit listrik ini bekerja dengan cara merubah energi air yang mengalir (dari bendungan atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbin air) dan dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator). Kemudian energi listrik tersebut dialirkan melalui jaringan-jaringan yang telah dibuat, hingga akhirnya energi listrik tersebut sampai pada konsumen[5].

PLTA ternyata bermacam-macam, mulai yang berbentuk mikro-hidro dengan kemampuan memberikan energi listrik untuk beberapa rumah saja sampai yang berbentuk raksasa seperti Bendungan Karangkates yang dapat menyediakan listrik untuk berjuta-juta orang-orang.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) terdiri dari beberapa bagian yaitu:

Bendungan, berfungsi menampung air dalam jumlah besar untuk menciptakan tinggi jatuh air agar tenaga yang dihasilkan juga besar. Selain itu bendungan juga berfungsi untuk pengendalian banjir. Turbin, berfungsi mengubah aliran air menjadi energi mekanik. Air yang jatuh akan mendorong baling-baling sehingga menyebabkan turbin berputar. Perputaran turbin ini dihubungkan ke generator. Turbin air kebanyakan bentuknya seperti kincir angin.

Generator, dihubungkan dengan turbin melalui gigi-gigi putar sehingga ketika baling-baling turbin berputar maka generator juga ikut berputar. Generator selanjutnya merubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Jalur transmisi, berfungsi mengalirkan energi listrik dari PLTA menuju rumah-rumah dan pusat industri.

2.3. PLTPH

PLTPH atau (Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hidro*) adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Pembangkit listrik tenaga air dibedakan atas :

1. Large-hidro : Lebih dari 100 MW
2. Medium-hidro : Antara 15 – 100 MW
3. Small-hidro : Antara 1 – 15 MW
4. Mini-hidro : Daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
5. Micro-hidro : Antara 5kW – 100 kW
6. Pico-hidro : Daya yang dikeluarkan 5kW

Pembangkit listrik pikohidro merupakan salah satu pembangkit listrik yang masih terus dikembangkan terutama untuk daerah pedesaan yang masih membutuhkan pasokan listrik. Penelitian yang telah dikembangkan yaitu

picohydro portabel dengan menggunakan bahan PVC dan generator bekas untuk menghasilkan daya listrik. Dari variasi debit air pada pengujian eksperimental dengan head 2 meter, didapat daya maksimum yang dibangkitkan sebesar 96 W pada sudut sudu turbin 30°. Dari hasil tersebut diperlukan Simulasi Runner Pada Pembangkit Listrik Pikohidro tersebut untuk mengetahui memvalidasi performansi yang tidak tercapai. simulasi aliran dalam runner untuk beberapa sudut serang sudu turbin dengan besarnya sudut yaitu 20°, 30°, 40° dan 50° dan analisis fluida dengan menggunakan ANSYS CFX. Hasil simulasi dengan potensi air dengan head 2 meter didapatkan sudut sudu turbin yang maksimum adalah 20° dengan debit 6,28 liter/s torsi yang dihasilkan 0,689 Nm serta daya yang dapat dihasilkan sebesar 67 W dengan efisiensi 54,4 % [6].

Prinsip pembangkitan listrik tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$P = \rho \times Q \times h \times g \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

P = daya keluaran secara teoritis (watt)

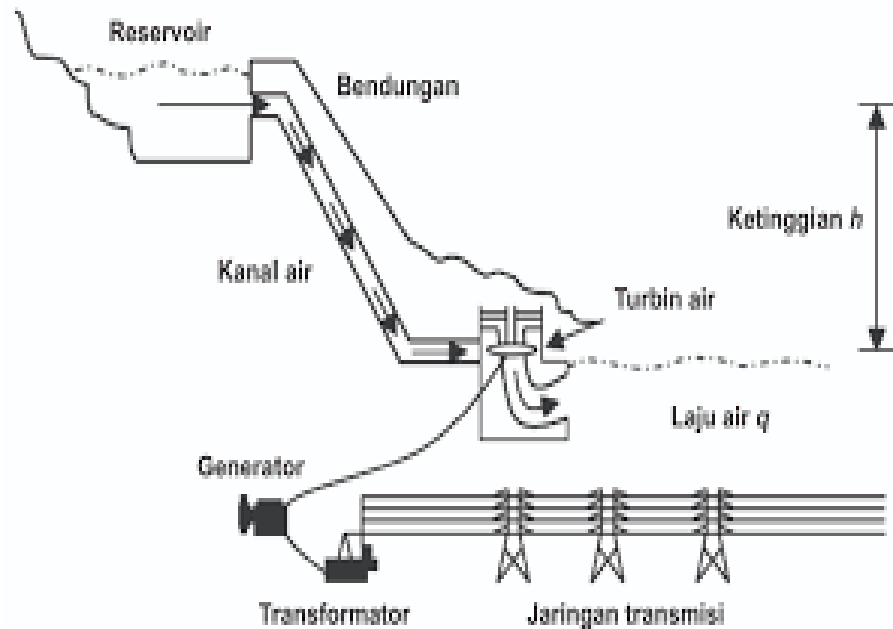
ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

h = ketinggian efektif (m)

g = gaya gravitasi (m/s²)

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis.



Gambar 2.3 Proses PLTA Skala *Pico hidro*

2.3.1 Kelebihan PLTPH

1. Menggunakan energi terbarukan.
2. Ramah lingkungan.
3. Indonesia memiliki potensi air yang besar.
4. Jumlah sumber daya manusia yang banyak.
5. Lokasi sumber daya air PLTPH pada umumnya berada di wilayah perdesaan dan desa terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik.
6. Mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil.
7. Menjadi energi alternatif pengganti listrik untuk penerangan di desa-desa terpencil yang tidak tersentuh jaringan PLN.

8. PLTPH dapat menggantikan penggunaan mesin genset diesel, karena dapat mengurangi emisi karbon akibat pembakaran bahan bakar fosil solar.
9. PLTPH yang dikelola dengan baik dapat menjadi sumber pendapatan di suatu desa tersebut.

2.3.2 Kekurangan PLTPH

1. Tidak semua aliran air dapat digunakan untuk pembangunan PLTPH, karena Faktor debit aliran sangat menentukan
2. Beberapa jenis turbin air sangat sensitif terhadap fluktuasi debit air.
3. Perlu konservasi daerah tangkapan air, terutama di daerah hulu sungai.
4. Biaya perijinan sebagai syarat untuk memperoleh *Power Purchase Agreement* (PAA) dalam membangun PLTPH juga masih relatif tinggi, padahal PPA merupakan syarat untuk memperoleh kredit dari perbankan.
5. Kemampuan teknisi lokal yang masih terbatas dan sering menimbulkan kesalahan yang fatal.
6. Biaya investasi untuk teknologi *pico hidro* masih tinggi.
7. Kurangnya sosialisasi PLTPH, terutama potensinya sebagai penggerak mekanis seperti pompa air, penggiling padi, dan lainnya.
8. Diperlukan sosialisasi mengenai dampak positif penerapan *mikro hidro* terhadap pengembangan kegiatan sosial ekonomi masyarakat pedesaan seperti industri kecil/rumah, perbengkelan, pertanian, peternakan, pendidikan.

2.4. Turbin Air

Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi[1].

Turbin air adalah suatu alat yang mengubah energi air menjadi energi listrik. Energi air yang meliputi energi potensial termasuk komponen tekanan dan kecepatan aliran air yang terkandung didalamnya merubah menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Persamaan yang digunakan untuk daya mekanik turbin :

$$P_{in} \text{ turbin} = \rho \times Q \times h \times g \dots \dots \dots (2.3)$$

$$P_{out} \text{ turbin} = \rho \times Q \times h \times g \times n \text{ turbin} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$P_{real} = \rho \times Q \times h \times g \times n \text{ turbin} \times n \text{ generator} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

$P_{in} \text{ turbin}$ = Daya masukan ke turbin (KW)

$P_{out} \text{ turbin}$ = Daya keluaran dari turbin (KW)

P_{real} = Daya sebenarnya yang dihasilkan (KW)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

Q = Debit air (m^3/s)

h = Ketinggian efektif (m)

Dalam menentukan bentuk turbin, debit sangat diperlukan untuk mengetahui luas penampang saluran air yang masuk ke dalam turbin tersebut, dimana luas penampang dari saluran air yang masuk ke dalam turbin tergantung dari aliran air[7]. Hal tersebut sesuai dengan persamaan kontinuitas aliran fluida yang dialirkan pasti akan memiliki kecepatan aliran tertentu, hubungan kecepatan aliran dengan debit dan luas penampang dapat dituliskan dalam persamaan dibawah:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

Q = Debit air, m^3/s

V = Kecepatan air, m/s

A = Luas penampang, m

2.4.1 Jenis-Jenis Turbin Air

1. Turbine Pelton

Turbin Pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam nozzle dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Pancaran air yang keluar dari nozzle akan menumbuk bucket yang dipasang tetap sekeliling runner dan garis pusat

pancaran air menyinggung lingkaran dari pusat bucket. Kecepatan keliling dari bucket akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya. Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas nozzle serta effisiensinya. Turbin pelton terdiri dari satu setu sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan oleh nozzle. Turbin pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien, turbin pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri dari 2 bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping.



Gambar 2.4 Turbin Pelton

Keuntungan turbin pelton :

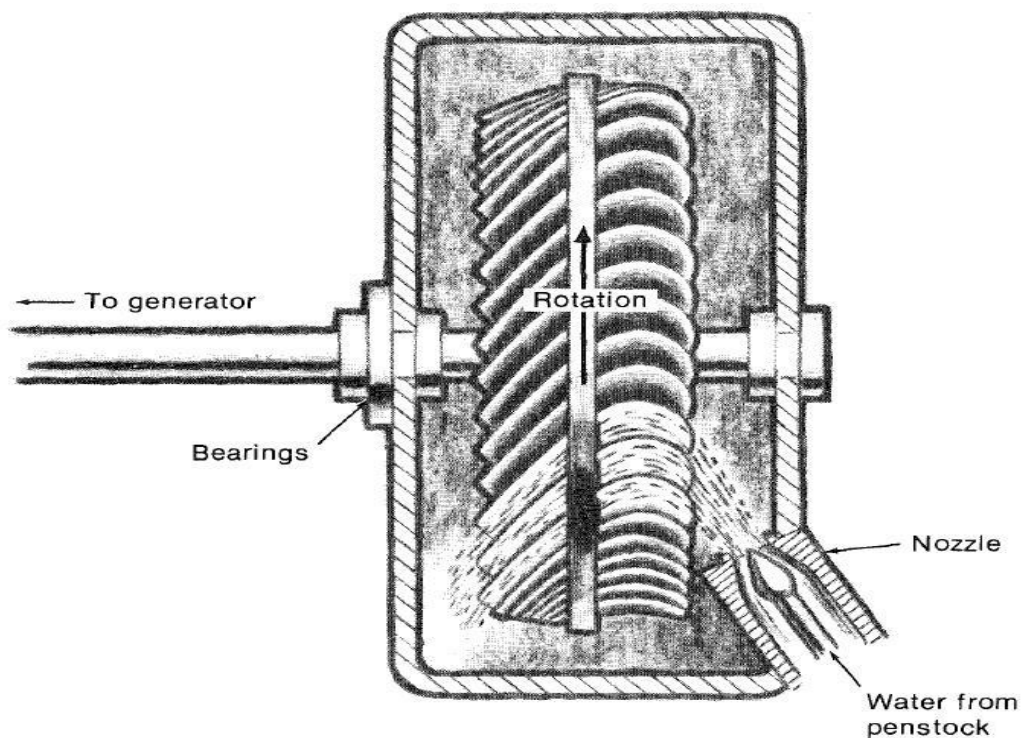
1. Daya yang dihasilkan besar.
2. Konstruksi yang sederhana.
3. Mudah dalam perawatan.
4. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian turbin pelton :

Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak. Turbin pelton digolongkan ke dalam jenis turbin impuls atau tekanan sama. Karena selama mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancaran atau nosel. Energi yang masuk ke roda jalan dalam bentuk energi kinetik. Pada waktu melewati roda turbin, energi kinetik dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi terlepas dan sebagian lagi digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin.

2. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impulse, tetapi sudunya berbeda. Keuntungan dan kerugian juga sama. Pancaran air dari nozzle membentuk sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.

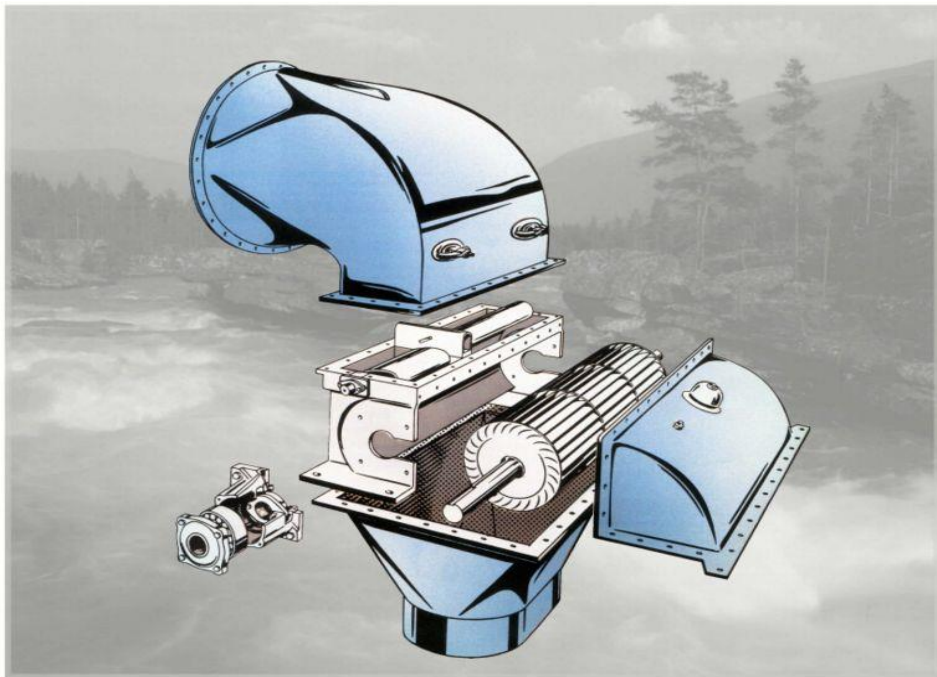


Gambar 2.5 Turbin Turgo

3. Turbin Cross Flow

Turbin Cross-Flow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (impulse turbine). Pemakaian jenis Turbin Cross-Flow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan

penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran Turbin Cross-Flow lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air.

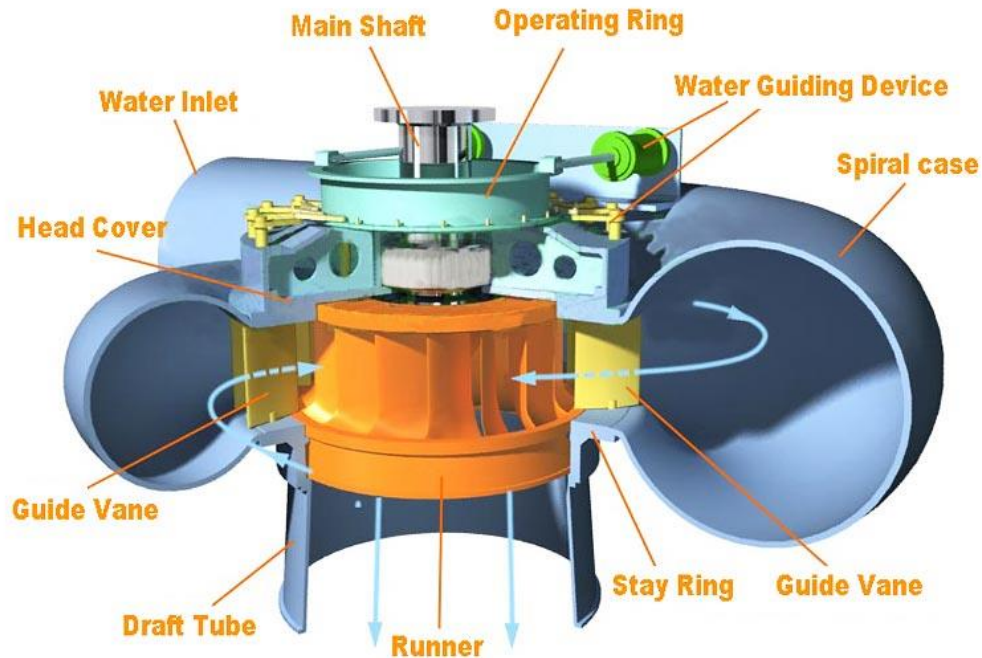


Gambar 2.6 Turbin Cross Flow

4. Turbin Francis

Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial turbin francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan air masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan dalam sudu jalan, dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimum

mungkin. Turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah semuanya terbenam dalam air, air yang masuk kedalam turbin dialirkan melalui pengisian air dari atas turbin (schact) atau melalui sebuah rumah yang berbentuk spiral (rumah keong). Semua roda jalan selalu bekerja. Daya yang dihasilkan turbin diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah. Pembukaan sudu pengarah dapat dilakukan dengan tangan atau dengan pengatur dari oli tekan(governor tekanan oli), dengan demikian kapasitas air yang masuk ke dalam roda turbin bisa diperbesar atau diperkecil. Pada sisi sebelah luar roda jalan terdapat tekanan kerendahan (kurang dari 1 atmosfer) dan kecepatan aliran yang tinggi. Di dalam pipa isap kecepatannya akan berkurang dan tekanannya akan kembali naik sehingga air bisa dialirkan keluar lewat saluran air di bawah dengan tekanan seperti keadaan sekitarnya.



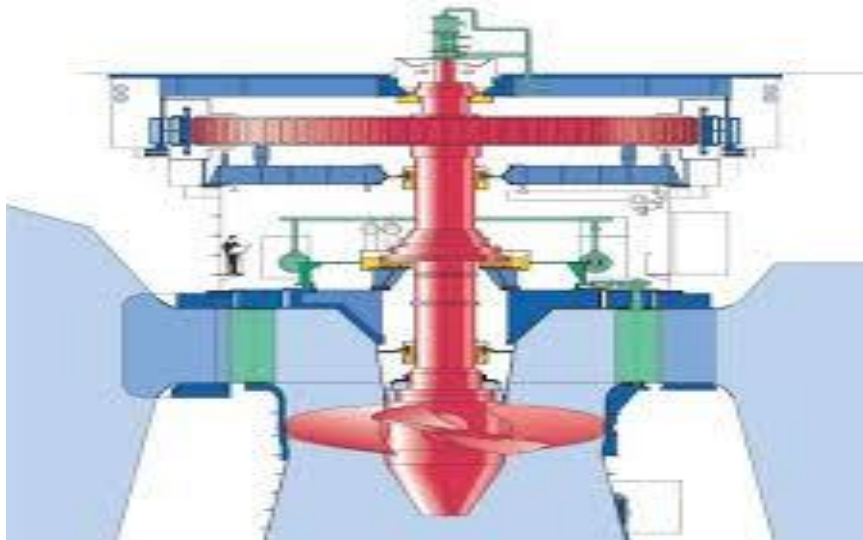
Francis Turbine

Gambar 2.7 Turbin Francis

5. Turbin Kaplan Propeller

Turbin Kaplan termasuk kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (propeller) keistimewaannya adalah sudut sudu gerakanya (runner) bisa diatur (adjustable blade) untuk menyesuaikan dengan kondisi aliran saat itu yaitu perubahan debit air pada pemilihan turbin didasarkan pada kecepatan spesifiknya. Turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik tinggi (high specific speed). Turbin kaplan bekerja pada kondisi head rendah dengan debit besar . Pada perancangan turbin Kaplan ini meliputi perancangan komponen utama turbin Kaplan yaitu sudu gerak (runner), sudu pengarah (guide vane), spiral casing , draft tube dan mekanisme pengaturan sudut bilah sudu gerak.

Pemilihan profil sudu gerak dan sudu pengarah yang tepat untuk menghasilkan torsi yang besar. Perancangan spiral casing dan draft tube menggunakan persamaan empiris. Perancangan mekanisme pengatur sudut bilah (β) sudu gerak dengan memperkirakan besar sudut putar maksimum sudu gerak berdasarkan jumlah sudu, debit air maksimum dan minimum. Turbin Kaplan ini dirancang untuk kondisi head 4 m dan debit 5 m³/s. Akhirnya dari hasil perancangan turbin Kaplan ini didapatkan dimensi dari komponen utama turbin yang diwujudkan ke dalam bentuk gambar kerja dua dimensi.



Gambar 2.8 Turbin Kaplan Propeller

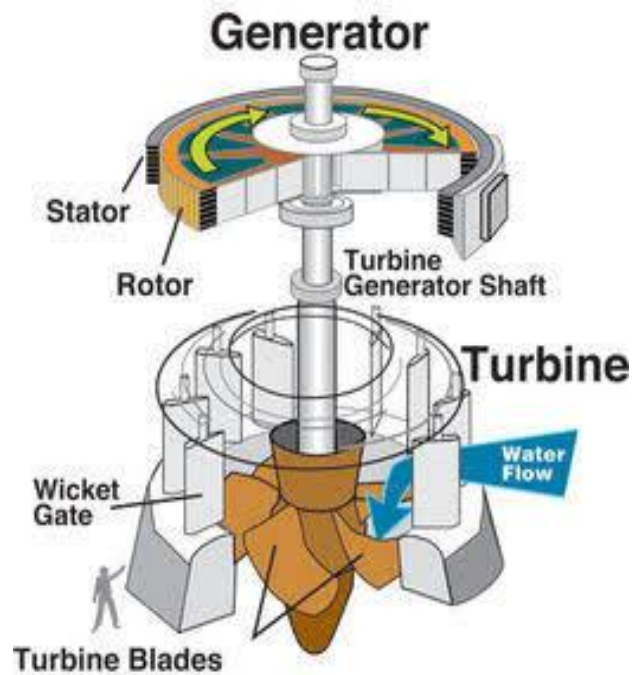
2.4.2 Bagian-Bagian Turbin Air

a) Rotor yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari :

1. Sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh *nozzle*.
2. Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar \ yang dihasilkan oleh sudu.
3. Bantalan berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

b) stator yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

1. Pipa pengarah / *nozzle* berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan aliran fluida yang digunakan di dalam sistem besar.
2. Rumah turbin berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen dari turbin.



Gambar 2.9 Bagian-Bagian Turbin

2.5. Kincir Air

Kincir air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik. Dengan demikian akan dihasilkan aliran listrik yang dapat dipakai untuk berbagai kebutuhan. Yang pembuatannya paling banyak ditiru, yang bekerja memanfaatkan tinggi jatuh air (H) dan kapasitas air (V). Tenaga air yang mengalir akan menumbuk sudu-sudu dari kincir, sehingga kincir menerima sejumlah gaya yang bekerja menyebabkan kincir bergerak. Pada proses kerja kincir air pembangkit listrik sampai pada pemakaian listrik terjadi beberapa perubahan energi. Pertama adalah perubahan energi potensial yang ada dalam aliran air menjadi energi mekanik (gerak) oleh kincir. Kedua energi mekanik ini akan memutar generator, akibat perputaran generator terjadilah lompatan elektron. Hal inilah yang menghasilkan arus listrik. Proses selanjutnya arus listrik didistribusikan

kerumah-rumah, ruang-ruang, pabrik-pabrik, atau apa saja yang membutuhkan. Disini arus listrik diubah tergantung keperluan dapat menjadi energi cahaya untuk lampu atau penerangan diubah menjadi panas seperti pada setrika atau oven, maupun diubah menjadi tenaga penggerak kipas, mesin, atau yang sejenisnya. Perubahan energi tersebut pembuatannya paling banyak ditiru, yang bekerja memanfaatkan tinggi jatuh air (H) dan kapasitas air (V). Tenaga air yang mengalir akan menumbuk sudu-sudu dari kincir, sehingga kincir menerima sejumlah gaya yang bekerja menyebabkan kincir bergerak. Pada awal perkembangan telah tercipta kincir air yang terbuat dari bahan kayu yang tahan air dengan pemanfaatan air terjun (energi Potensial) dan aliran air (energi kinetik) [8].

2.5.1 Jenis-Jenis Kincir Air

a. *Overshoot*

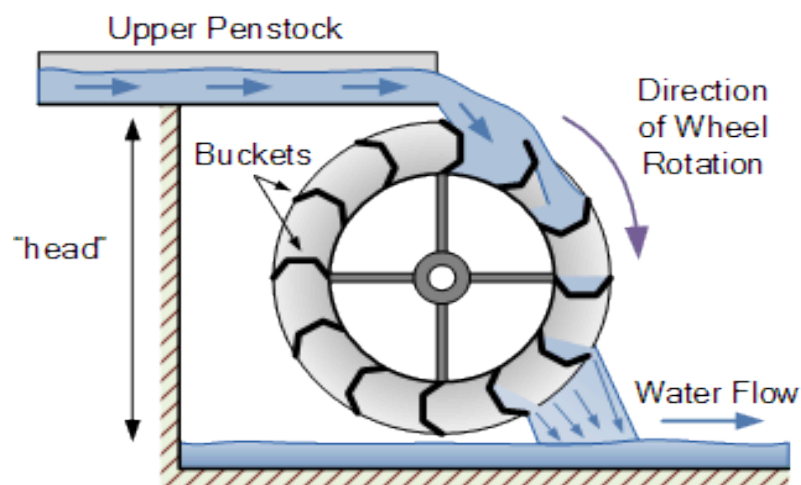
Kincir air *overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

Keuntungan dari turbin *overshot* :

1. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
2. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
3. Konstruksi yang sederhana.
4. Mudah dalam perawatan.
5. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian dari turbin *overshot*

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



Gambar 2.10 *Overshoot Water Wheel*

b. *Undershot*

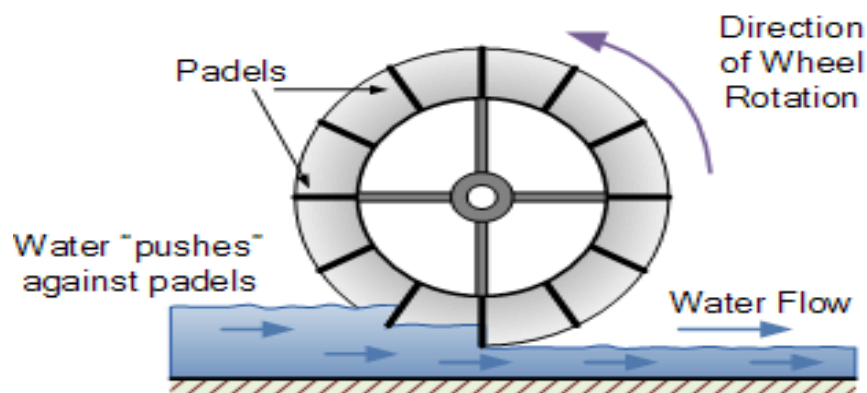
Pada kincir air *undershot* jenis ini, air masuk ke dalam bentuk pancaran air menumbuk sudu gerak yang membentuk *vanes*, di posisi roda kincir sewaktu berada di bawah atau dasar. Roda kincir berputar hanya karena tumbukan air yang membentuk pancaran air pada sudu gerak. *Head* potensial dari air mula-mula diubah menjadi *head* kecepatan sebelum air menumbuk sudu gerak. Tipe kincir air ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata karena aliran yang dibutuhkan adalah aliran datar, dan aliran ini searah dengan arah putaran sudu-sudu (Prayatmo, 2007)

Adapun keuntungan dari kincir air *undershot* adalah:

1. Konstruksi lebih sederhana.
2. Lebih ekonomis.
3. Mudah untuk dipindahkan.

Adapun kerugian dari kincir air *undershot* adalah:

1. Efisiensi kecil.
2. Daya yang dihasilkan relatif kecil.



Gambar 2.11 *Undershoot Water Wheel*

c. *Breastshot*

kincir air ini termasuk kedalam sudu gerak di ketinggian tengah-tengah roda kincir (*breast*). Roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan dorongan air. Air dialirkan dari permukaan atas (*headrace*) masuk ke sudu gerak dari roda kincir melalui sejumlah saluran yang dibuka dan ditutup melalui mekanisme *rack* dan *pinion*, dan dirancang agar tidak timbul kejutan pada aliran. *Bucket* bergerak ke arah bawah karena gaya berat air dan memutar roda kincir.

Beberapa hal khusus dari rancangan kincir air jenis *breastshot* adalah sebagian dari bawah roda kincir terendam atau berada dibawah permukaan air bawah (*tail race*) karena gerakan kearah yang sama dari roda kincir dan aliran

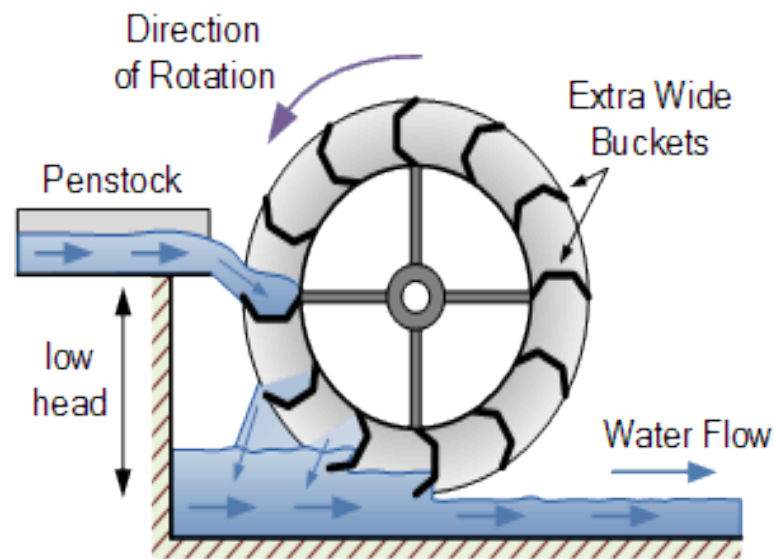
permukaan air bawah, maka sewaktu air mengalir lebih lanjut akan membantu memutar roda kincir. Karena itu dapat dikatakan roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan sebagian karena dorongan air (prayatmo, 2007).

Adapun keuntungan dari kincir air *breastshot* adalah:

1. Tipe ini lebih efisien daeri tipe *undershot*.
2. Tipe breastshot dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
3. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

Adapun kerugian dari kincir air *breastshot* adalah:

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



Gambar 2.12*Breastshot Water Wheel*

d. *Tub*

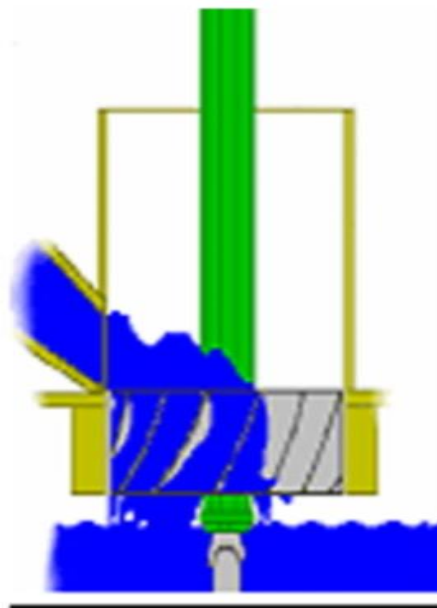
Kincir air *Tub* ini merupakan kincir air yang kincirnya di letakkan secara horizontal dan sudu – sudunya miring terhadap garis vertical, dan type ini dapat di buat lebih kecil dari pada overshoot maupun undershot. Karena arah gaya dari pancaran air menyamping maka energi yang di terima oleh kincir yaitu energy potensial dan kinetic.

Adapun keuntungan dari kincir air *Tub* adalah :

1. Memiliki konstruksi yang lebih ringkas.
2. Kecepatan putarnya cepat.

Adapun kerugian dari kincir air *Tub* adalah:

1. Tidak menghasilkan daya yang besar.
2. Karena komponennya lebih kecil maka membutuhkan tingkat ketelitian yang besar.



Gambar 2.13*Tub Water Wheel*

2.6. Pompa Air

Pompa merupakan mesin konversi energi yang mengubah bentuk energi mekanik poros menjadi energi spesifik (*head*) fluida yang memiliki wujud air. Energi mekanik pompa yang menunjukkan kemampuan dari suatu pompa mengangkat fluida untuk mencapai ketinggian tertentu adalah berupa *head* pompa, ditunjukkan oleh besarnya perbedaan antara energi fluida di sisi isap dengan energi fluida di sisi tekan. Energi fluida merupakan jumlah dari energi tekanan, energi kinetik dan energi karena elevasi[9].

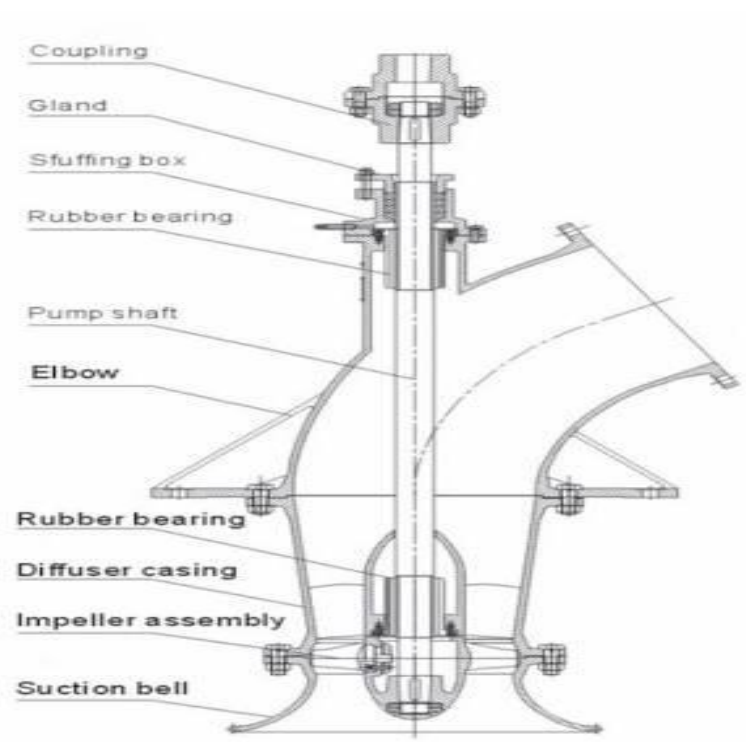
Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu (debit atau kapasitas pompa) dan *head* (tinggi energi angkat). Pada umumnya pompa dapat digunakan untuk bermacam-macam keperluan, untuk menaikkan fluida ke sebuah *reservoir*, untuk mengalirkan fluida dalam proses industri, untuk pengairan, irigasi, dan sebagainya. Secara umum pompa sentrifugal banyak digunakan untuk bidang industri, karena pompa sentrifugal ini mempunyai banyak kepentingan seperti pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain.

Pada industri minyak bumi, sebagian besar pompa yang digunakan dalam fasilitas *gathering station*, suatu unit pengumpul fluida dari sumur produksi sebelum diolah dan dipasarkan dengan menggunakan pompa bertipe sentrifugal. Pada industri perkapalan pompa sentrifugal juga banyak digunakan untuk memperlancar proses kerja di kapal. Dalam pelaksanaan operasinya pompa sentrifugal juga dapat bekerja secara tunggal, seri, dan paralel. Jenis operasi yang digunakan harus sesuai dengan tujuan dan kebutuhan penggunaan instalasi pompa.

Karakteristik pompa harus terlebih dahulu diketahui agar didapatkan sistem yang optimal. Untuk merubah kenaikan tekanan, tidak harus mengubah volume aliran fluida. Dalam pompa ini terjadi perubahan energi, dari energi mekanik menjadi energi kinetik, kemudian menjadi energi tekanan. Pompa ini memiliki elemen utama sebuah rotor dengan suatu impeler yang berputar dengan kecepatan tinggi. Yang termasuk di dalam jenis pompa ini adalah pompa aksial dan pompa sentrifugal.

1. Pompa Aksial

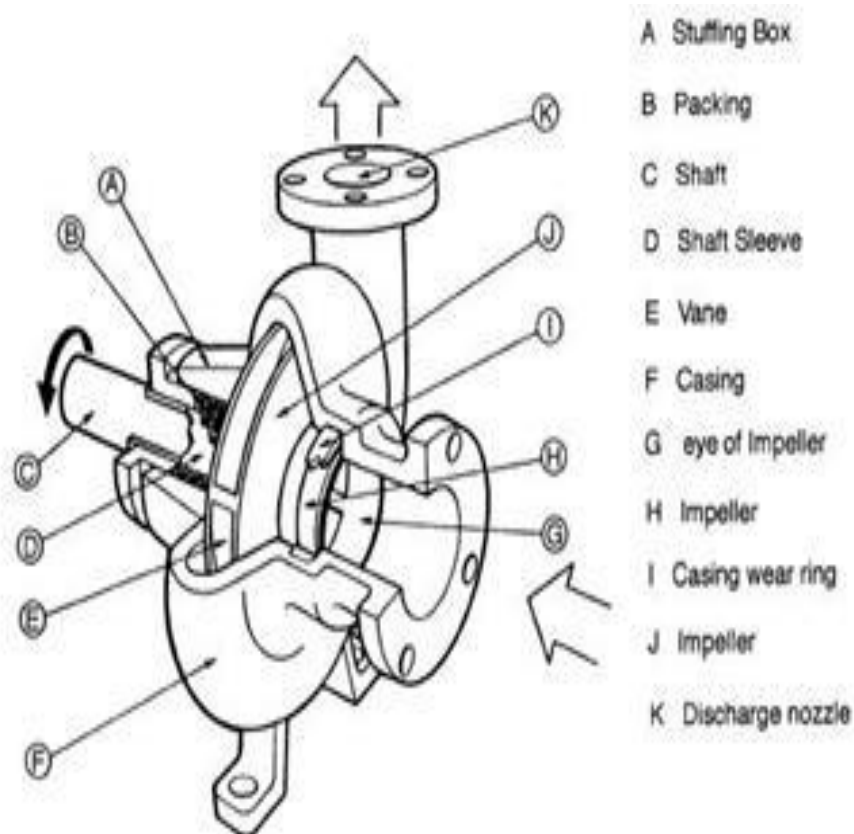
Prinsip kerja dari pompa ini adalah berputarnya impeler akan menghisap fluida yang dipompakan dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial. Pompa ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan *head* rendah dan kapasitas tinggi, seperti pada sistem pengairan.



Gambar 2.14 Pompa Aksial

2. Pompa Sentrifugal

Elemen pokok dari pompa ini adalah sebuah rotor dengan sudu-sudu yang berputar pada kecepatan tinggi. Fluida yang masuk dipercepat oleh impeler yang menaikkan tekanan maupun kecepatannya, dan melempar fluida keluar melalui *volute* atau rumah siput. Pompa ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan *head* medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran medium. Dalam aplikasinya, pompa sentrifugal banyak digunakan untuk proses pengisian air pada ketel dan pompa rumah tangga. Bagian-bagian dari pompa sentrifugal adalah *stuffling box*, *packing*, *shaft*, *shaft sleeve*, *vane*, *casing*, *eye of impeller*, *impeller*, *casing wear ring* dan *discharge nozzle*.



Gambar 2.15 Pompa Sentrifugal.

2.6.1. Bagian-Bagian Utama Dari Pompa

1. Rumah Pompa

Rumah pompa berfungsi sebagai penampung cairan yang terlempar dari sudu-sudu *impeller* untuk merubah atau mengkonversikan energi cairan menjadi energi tekanan statis. Atau sering disebut juga dengan rumah keong karena bentuknya yang menyerupai keong.

2. Kipas (*Impeller*)

Cara kerja dari kipas (*impeller*) adalah dapat menghisap fluida dari sisi isap dan menekannya dalam arah aksial ke sisi buang. Fungsinya untuk merubah energi kinetik atau memberikan energi kinetik pada zat cair, kemudian di dalam casing diubah menjadi energi tekanan.

3. Poros Pompa (*shaft*)

Poros pompa terbuat dari stainless steel yang berfungsi untuk meneruskan energi mekanik dari mesin penggerak (*prime over*) kepada *impeller*.

4. *Inlet*

Pipa inlet berbentuk L yang digunakan untuk menaikkan air ke dalam *impeller* dengan menggunakan bantuan dari motor penggerak. Fungsinya sebagai saluran masuk cairan ke dalam *impeller*.

5. *Outlet*

Outlet digunakan untuk mengalirkan air dari dalam pompa ke *sprayer gun* dan selanjutnya di arahkan untuk memutar kincir air.

2.6.2 Mini Water Pump

Pompa Air Minimodel diafragma ini memiliki manfaat cukup banyak seperti sebagai pompa pengairan rumah tangga, pompa air untuk aquarium, taman atau teras, sebagai pemompa air untuk pancuran kolam, dan lain lain. Jadi, bagi Anda yang sedang mencari pompa air, maka mini water pump dapat anda gunakan untuk segala macam kebutuhan pompa air dirumah Anda. Pompa air ini cocok untuk project controller / arduino desain kecil dan praktis. Pompa air ini termasuk dalam kategori pompa air fleksibel karena memiliki desain yang cukup kecil yakni berukuran sekitar 90 x 40 x 35 mm serta juga proses pemasangan yang juga cukup mudah dan praktis sehingga Anda tidak perlu memancing hisapan awal pompa ini dengan menggunakan air.

Pompa air ini memang tidak membutuhkan daya listrik yang cukup besar, tercatat *pompa air mini 12 V* ini hanya membutuhkan daya listrik sekitar 12 volt ketika bekerja dan 6 volt ketika tidak digunakan dan juga hanya membutuhkan sekitar 0,5 hingga 0,7 ampere ketika pompa air sedang bekerja dan bilamana pompa air ini tidak bekerja hanya membutuhkan daya sekitar 0,18 ampere.



Gambar 2.16 Mini Water Pump

2.6.3 Motor Penggerak Mini Water Pump

Motor penggerak yang digunakan pada *mini water pump* adalah berjenis *using 775 motor* berguna untuk memutar kipas *impeller* yang dapat menghisap air dari pipa *inlet* yang terhubung dengan selang berdiameter sesuai dengan lubang *inlet* pada *mini water pump* masuk kedalam rumah pompa dan mengalirkannya menuju *outlet* untuk di alirkan melalui *sprayer gun*.



Gambar 2.17 *Using 775 Motor*

2.7. Generator

Generator merupakan mesin pembangkit daya listrik yang menerima putaran dari turbin, atau mengubah putaran menjadi energi listrik. Generator adalah suatu peralatan yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Jenis generator yang digunakan pada pembangkit listrik yaitu :

- a. Generator sinkron, sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (*two bearing*). Generator sinkron merupakan mesin listrik bolak-balik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Energi mekanik diperoleh dari penggerak mula (*prime mover*) yang terkopel dengan rotor generator, sedangkan energi

listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang melibatkan kumparan rotor dan kumparan stator. Mesin listrik AC ini disebut sinkron karena rotor berputar secara sinkron atau berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar.

b. *Induction Motor as Generator* (IMAG) sumbu vertical, pada perencanaan turbin *propeller open flume*. Generator induksi merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip motor induksi untuk menghasilkan daya. Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotornya secara mekanis lebih cepat daripada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Motor induksi biasanya dapat digunakan sebagai sebuah generator tanpa ada modifikasi internal.

Generator induksi adalah generator yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik dalam pengoperasiannya. Generator ini dapat bekerja pada putaran rendah serta tidak tetap kecepatannya, sehingga generator induksi banyak digunakan pada pembangkit listrik dengan daya yang rendah seperti pada pembangkit listrik tenaga *pico hidro* atau pembangkit listrik tenaga baru.

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri dari generator sinkron dan generator asinkron. Secara umum, generator yang digunakan untuk menghasilkan listrik berjenis generator sinkron. Dan pada dasarnya prinsip kerja generator dalam mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik adalah berdasarkan hukum Faraday dan hasil penelitian Faraday menunjukkan bahwa apabila seutas kawat ataupun kumparan konduktor berada dalam medan magnet yang berubah

terhadap waktu, maka pada ujung-ujung kawat ataupun kumparan konduktor tersebut akan timbul tegangan atau gaya gerak listrik (GGL) induksi. Besarnya tegangan atau ggl induksi dapat dihitung pada persamaan berikut :

$$E_{rms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \times N \times f \times \Phi_{max} \times \frac{Ns}{Nph} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

E_{rms} = Tegangan induksi (V)

N = Jumlah lilitan per kumparan

f = Frekuensi (Hz)

Φ_{max} = Fluks magnet (Wb)

N_s = Jumlah kumparan

N_p = Jumlah fasa

Untuk menghitung frekuensi, digunakan persamaan :

$$f = \frac{n.p}{120} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

F = Frekuensi (Hz)

N = kecepatan mekanik

p = jumlah kutub

Daya dapat dihitung menggunakan persamaan

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

P = Daya aktif (W)

V = Tegangan (V)

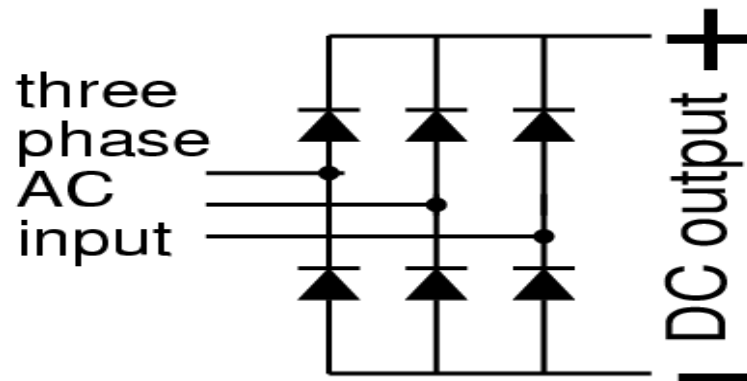
I = Arus (A)



Gambar 2.18Generator 3 phase

2.8. Rangkaian Penyearah

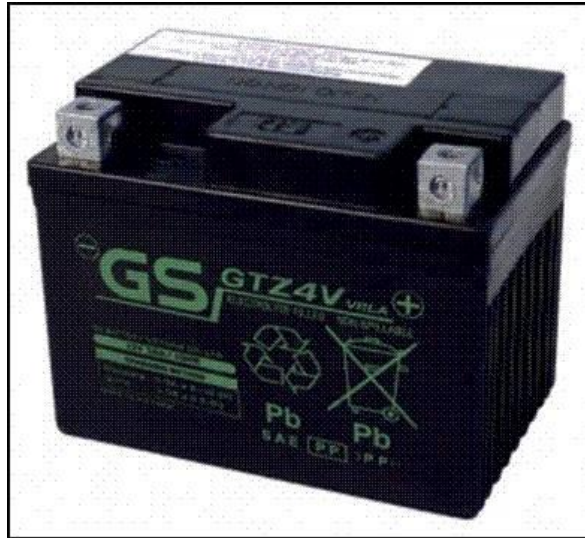
Penyearah gelombang (rectifier) adalah bagian dari power supply / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (Alternating Current) menjadi tegangan DC (Direct Current). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara forward bias. Dalam sebuah power supply tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator stepdown[10]. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu power supply yaitu, penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang rectifier (diode) dan filter (kapasitor) yang digambarkan dalam blok diagram berikut.



Gambar 2.19 Rangkaian Dioda Rectifier 3 Phase

2.9. Baterai

Baterai adalah salah satu komponen penyimpan energi yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan energi kimia menjadi energi listrik. Untuk baterai 12 Volt nominal biasanya terdiri dari 6 sel dengan masing-masing sel memiliki tegangan 2 Volt. Jumlah tenaga listrik yang disimpan di dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan amper jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 amper, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan habis. Dan jika pemakaian hanya 30 amper maka baterai tersebut akan habis setelah 2 jam. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan pada baterai, dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama terjadi pengosongan pada baterai.



Gambar 2.20 Baterai 12V

2.9.1 Faktor-Faktor Ketahanan Baterai

a. Pengaruh Temperatur

Temperatur yang tinggi di sebabkan karena terjadinya pensulfatan dan akibat pengisian berlebihan. Pensulfatan akibat dari *self discharge* di mana pada pelat timbul kristal timah sulfat halus dan lama-kelamaan akan mengeras. Tanda-tanda terjadinya pensulfatan adalah:

- 1) Terjadinya panas yang berlebihan.
- 2) Pembentukan gas yang cepat saat di beri arus pengisian yang besar

b. Pengurangan Elektrolit yang Cepat.

1) *Over Charging*

Pengisian berlebihan (*over charging*) menyebabkan elektrolit cepat berkurang karena penguapan berlebihan.

2) *Self-Discharge*

Besarnya *self-discharge* akan naik begitu temperatur dan berat jenis elektrolit dan kapasitas baterai tinggi.

3) *Gassing*

Energi listrik di isikan ke dalam sel dari sumber pengisi baterai DC tidak dapat lama di gunakan untuk perubahan kimia pada bahan elektrode aktif, dan oleh sebab itu menyebabkan penguraian elektrolit pada air (Daryanto, 2001).

4) Penguapan

Iklim tropis dan letak baterai dekat mesin menjadi faktor penguapan elektrolit yang tinggi (Wan Ahmad Aziz, 2004) .

5) Korosi pada plat positif

Korosi timah positif dan masa hidup baterai dapat di amati pada tingkat korosi sebanyak kadar keasaman dari penyusutan elektrolit.

c. Contoh Perhitungan berapa lama aki dapat mem-*backup* beban :

Rumus dasar :

$$P = V \times I$$

$$V = P/I$$

$$I = P/V$$

Contoh dalam perhitungan :

dimana,

I = Kuat Arus (Ampere)

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

Misalnya :

Beban 50 Watt.

Aki yang digunakan 12 V/50 Ah.

Maka didapat :

$$I = 50 \text{ W} / 12 \text{ V} = 4,167 \text{ Ampere}$$

$$\text{Waktu pemakaian} = 50 \text{ Ah} / 4,167 \text{ A} = 11,99 \text{ jam} - \text{dieffisiensi Aki sebesar } 20 \%$$

$$= 11,99 \text{ jam} - 2,398 \text{ jam}$$

$$= 9,592 \text{ Jam (9 Jam 35 Menit 31,2 Detik)}$$

Kesimpulan lama ketahanan aki ditentukan oleh besarnya kapasitas ampere aki dan berapa watt beban.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1.Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Glugur Darat II Medan. Waktu penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 3 (tiga) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, perancangan bahan, perakitan bahan, penyesuaian bahan, pengujian, dan pengambilan data dari seluruh rangkaian selama pengujian.

3.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat di uraikan sebagai berikut :

3.2.1. Peralatan Penelitian

Adapun peralatan penunjang yang digunakan dari penelitian ini adalah :

1. Voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan suatu rangkaian atau terminal keluaran pada keseluruhan sistem.
2. Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada besi as poros turbine.
3. Bor digunakan untuk membuat lubang yang di pelukan pada lembaran *Acrylic*.
4. Lem *Acrylic* digunakan untuk perekat bahan ke media.
5. Tang digunakan untuk memotong maupun mengelupas kabel.
6. Cutter *Acrylic* digunakan untuk memotong lembaran *Acrylic*.

7. Solder digunakan untuk memanaskan timah dan menyambung komponen-komponen bahan yang di perlukan.

3.2.2 Bahan- Bahan Penelitian

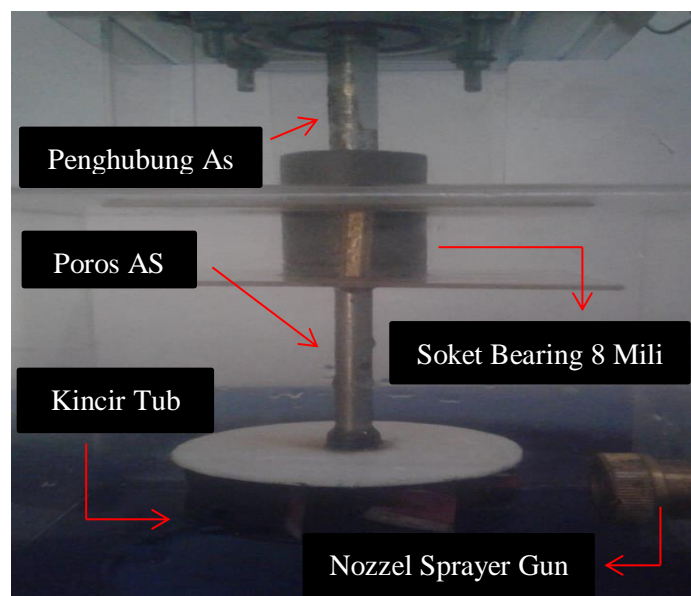
1. Lembaran *Acrylic* ukuran 30 x 20 cm, ketebalan 2 mili meter untuk casing dari turbin *Tub* yang telah di rancang.
2. *Mini water pump* sebagai media penyaluran air ke dalam turbin sehingga dapat menggerakkan kincir air pada turbine jenis *Tub* .
3. Ember cat 25 KG sebagai wadah bak tandon penampung air dan media pendukung untuk dudukan turbine *Tub*.
4. Generator AC sebagai media penghasil daya listrik yang di hasilkan dari proses rangakaian kerja dari turbine *Tub* yang di rancang.
5. Kincir Turbine *Tub* sebagai propeller yang memutar besi as poros yang di satukan dengan as poros pada generator yang di hasilkan dari putaran semburan air dari *mini water pump*.
6. Besi as poros 8 mili meter sebagai pemutar poros as pada turbine dan di satukan dengan besi poros as pada generator.
7. Baterai Supply 12 VDC sebagai sumber daya listrik untuk menghidupkan *mini water pump*.
8. Rangkaian diode *reactifier* AC to DC sebagai perubah arus AC yang dihasilkan dari generator menjadi keluaran arus DC.
9. Kabel sebagai penghubung seluruh rangkaian komponen instalasi bahan.
10. Pipa sebagai penghubung selang dari dalam menuju pompa air.
11. Selang sebagai wadah penyaluran air dari ember cat sampai ke turbine.

12. Pipa soket sebagai rumah bearing besi as poros pada kincir turbine *Tub*.
13. Bearing as 8 mili meter sebagai penahan dan pengatur posisi kelurusan besi as poros.
14. Besi pipa soket sebagai soket penyambung as poros generator dengan besi as poros pada turbine.
15. *Sprayer Gun* sebagai penyalur tekanan air untuk memutar kincir air pada turbin *Tub*.
16. Kapasitor sebagai penyimpan arus sementara berfungsi sebagai cadangan energi listrik untuk menghidupkan lampu LED
17. Lampu LED sebagai media pemanfaatan cadangan energy listrik
18. Resistor 1K berfungsi sebagai pengatur tegangan listrik sesuai kebutuhan pada lampu LED sebagai media pemanfaatan cadangan energy listrik yang di hasilkan.

3.3. Tahapan Perancangan Alat

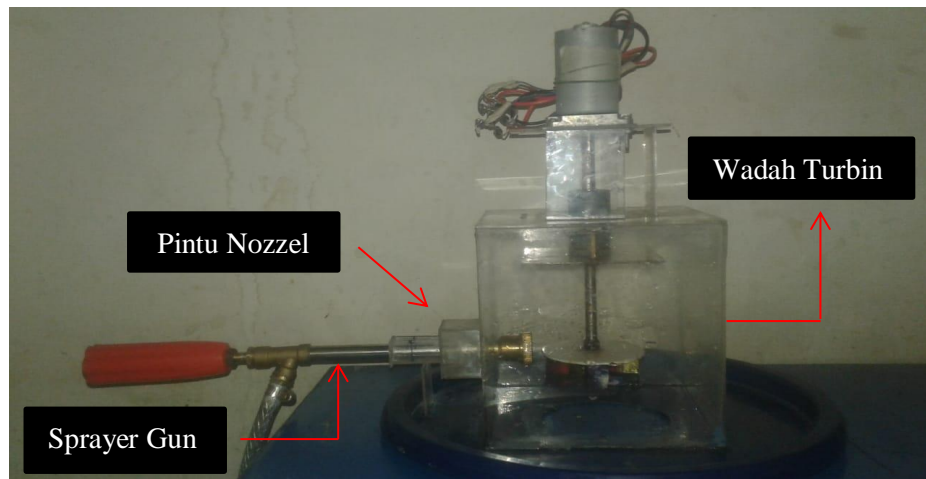
3.3.1 Turbine Kincir Tub

Turbi Kincir Tub sebagai alat percobaan pada PLTPH untuk memutar kincir air yang dihubungkan dengan poros pada generator miniature 220V dari semburan air yang di keluarkan oleh dorongan air yang alirkan oleh *sprayer gun* hasil dari keluaran air *mini water pump*.



Gambar 3.1 Turbin Kincir Tub

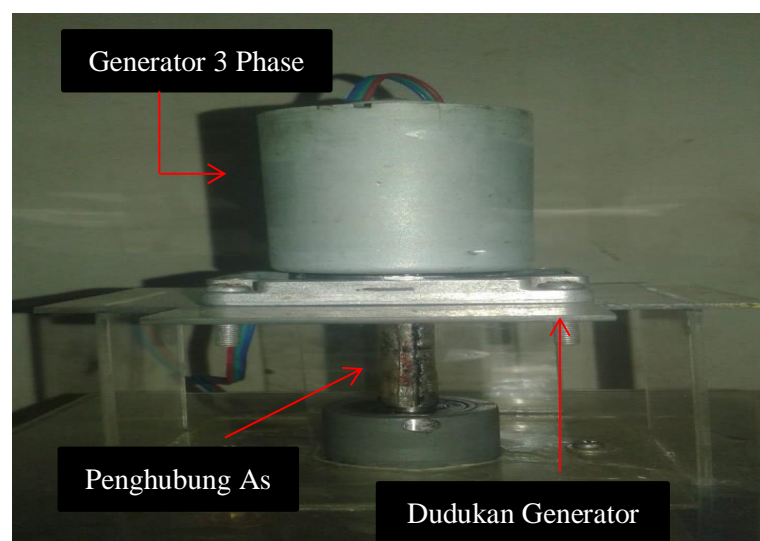
Wadah turbin terbuat dari lembaran akrilik yang di desain sedemikian rupa sehingga memiliki lubang besi as poros 8 mili yang terbuat dari pipa soket yang di dalam nya telah di isi dengan 2 buah *bearing* berdiameter as 8 mili meter, untuk meluruskan putaran besi as poros kincir air dengan besi as poros pada generator.



Gambar 3.2 Wadah Turbin

3.3.2 Generator Miniature 220V

Generator miniature 220V dimanfaatkan *output* 3 phase nya sebagai penghasil tegangan. *Output* dari generator miniature 220V ini tegangan keluaran yang di hasil kan masih dalam bentuk tegangan AC dan harus di rubah menjadi tegangan DC dengan cara merubah dengan rangkaian diode reactifier sehingga menjadi keluaran 1 phase dan telah menjadi tegangan DC.



Gambar 3.3 Generator Miniatur 220V

3.3.3 Mini Water Pump

Mini water pump sebagai penggerak utama untuk memutar kincir pada turbin. *Mini water pump* ini di bebani arus dari baterai 12V untuk menghidupkannya, setelah mesin *mini water pump* hidup maka mesin menarik air dari dalam bak tandon yang berisi air dengan selang *inlet* dan *outlet* yang telah terhubung dengan mesin *mini water pump* dan menyalurkan air serapan menuju *sprayer gun* dan di keluarkan untuk dapat mengarahkan keluaran air dengan tekanan semburan air sebesar 8,5 bar menuju kincir *Tubpada turbin* sehingga dapat berputar dan hasil putaran dari kincir di hubungkan dengan besi as poros berdiameter 8 mili yang telah disatukan dengan as pada generator miniature 220V.



Gambar 3.4 Mini Water Pump

Spesifikasi mini water pump :

Merk : Pro – Farm

Max Pres : 120 PSI (*pounds per square*), tekanan per inci/persegi (8,5 Bar)

Open Flow : 5,0 LPM (*liter per menit*), kemampuan memproduksi angin

Volt : 12V DC, ampere : 3,0 A

Pada penyalur air sampai pada turbin menggunakan selang penghubung dari tabung di hubungkan dengan selang menuju pipa *inlet* pada *mini water pump* dan keluaran pipa *outlet* pada pompa di hubungkan dengan *sprayer gun* menggunakan selang penghubung, selanjutnya *nozel sprayer gun* mengalirkan air menuju kincir turbin.

Diameter pada selang penghubung *inlet* dan *outlet* :

Tabel 3.1 Data Diameter Selang

Selang Inlet			Selang Outlet		
Diameter Selang (cm)	Diameter Lubang Selang (mm)	Panjang Selang (cm)	Diameter Selang (cm)	Diameter Lubang Selang (mm)	Panjang Selang (cm)
1,3	8	33	1,3	8	37

3.3.4 Multi Tester

Multitester digital digunakan untuk mengukur tegangan, ampere yang di hasilkan dari *output* generator. Maka dengan multitester kita dapat mengetahui seberapa besar tegangan DC yang di hasilkan oleh generator setelah mengalami perubahan dari tegangan AC menjadi tegangan DC yang di hasilkan



Gambar 3.5 Multi Tester

3.3.5 Tachometer

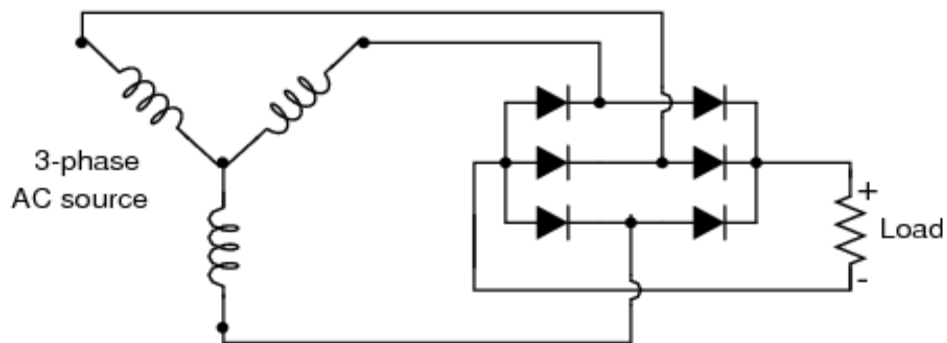
Tachometer sebagai media alat ukur kecepatan rotasi yang di hasil kan dari putaran kincir air untuk memutar generator agar dapat mengetahui seberapa besar kecepatan putaran saat adanya beban atau pun tanpa ada nya beban dari putaran generator.



Gambar 3.6 Tachometer

3.3.6 Rangkaian Penyearah

Penyearah tegangan AC to DC sebagian perubah tegangan *output* yang di hasilkan dari generator menjadi keluaran arus DC yang di inginkan. Dengan menggunakan rangkaian *diode rectifier* pada dasar nya memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari sebaliknya.



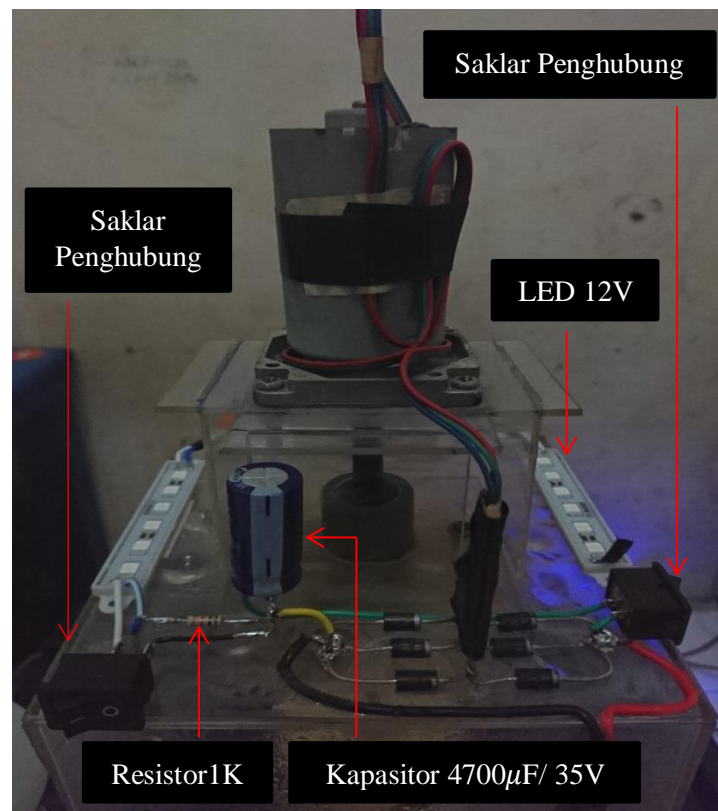
Gambar 3.7Penyearah Gelombang Penuh 3 Fasa (Poly Phase)



Gambar 3.8 Rangkaian Penyearah Pada Alat

3.3.7 Rangkaian Penyimpan Cadangan Energi Listrik

Rangkaian ini terdiri dari komponen kondensator atau sering di sebut sebagai kapasitor yang mana komponen elektronika ini dapat menyimpan energi di dalam medan listrik dan pada simulasi ini menggunakan kapasitor dengan yang memiliki besar satuan yaitu 4700 mikro Farad/ 35V. Dan juga pada simulasi menggunakan resistor 1K sebagai pengatur atau membatasin jumlah arus yang di butuh kan pada lampu LED 12V sebanyak 3 buah lampu LED yang digunakan sebagai media pemanfaatan simpanan cadangan energi listrik yang dihasilkan pada simulasi.



Gambar 3.9 Rangkaian Penyimpan Cadangan Energi

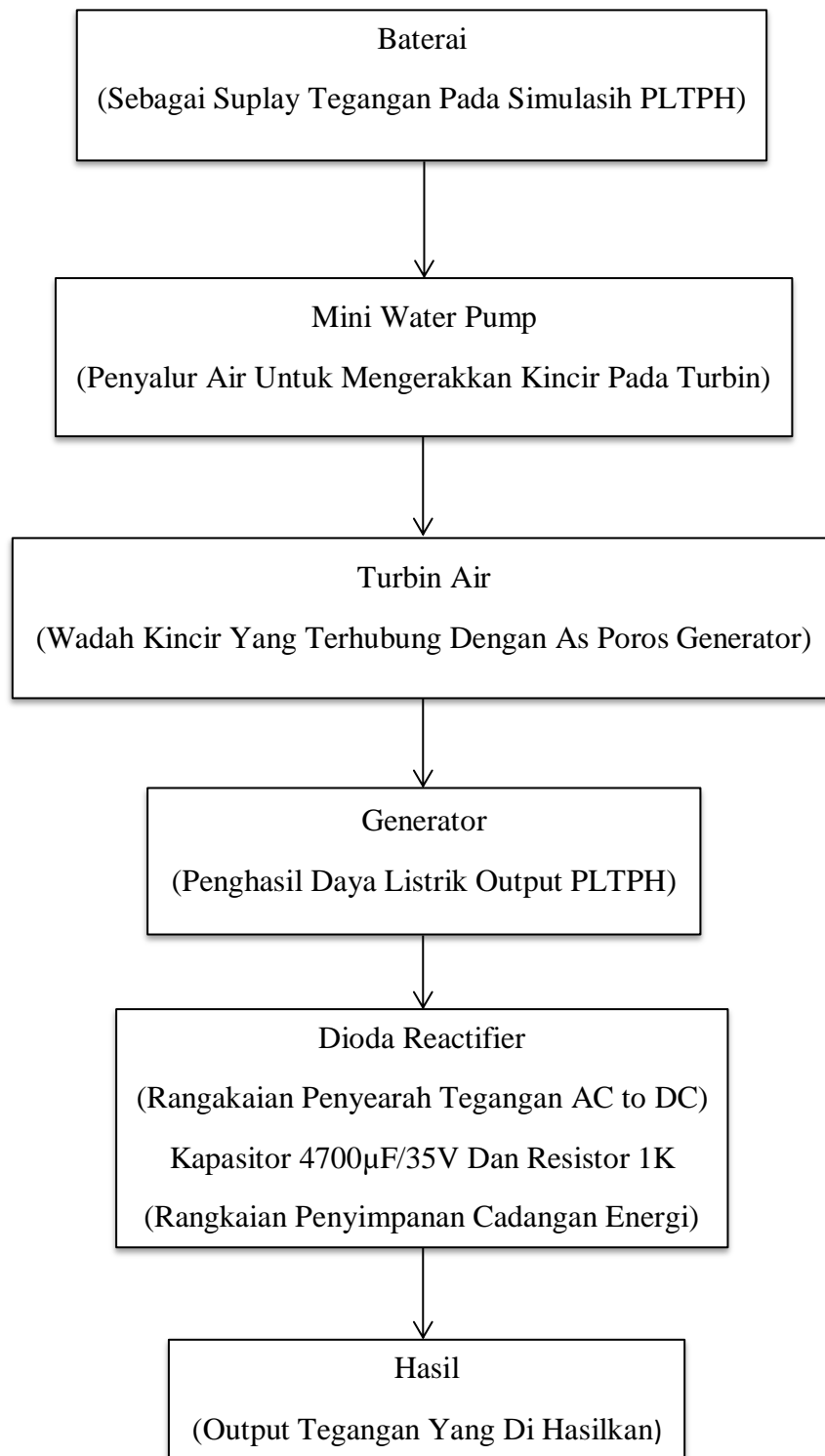
3.4. Sistem kerja alat

Air dalam jumlah tertentu dimasukkan kedalam wadah cat 25 liter sebagai bak tandon penampung air, lalu baterai 12 Volt menghidupkan mesin *mini water pump* agar dapat menghisap air dalam bak tandon penampung air yang di buat dari wadah cat 25 liter dan mengalirkan kembali menuju *sprayer gun* selanjutnya untuk menggerakkan kincir pada turbin. Kemudian putaran kincir pada turbin digunakan untuk menggerakkan generator. Jadi PLTPH menghasilkan sumber energi listrik dengan cara merubah energi gerak menjadi energi listrik. Kemudian energi yang dihasilkan akan disearahkan dengan diode rectifier menjadi arus DC karena tegangan *output* awal yang di hasilkan generator masih arus AC.



Gambar 3.10 Simulasi Perancangan PLTPH

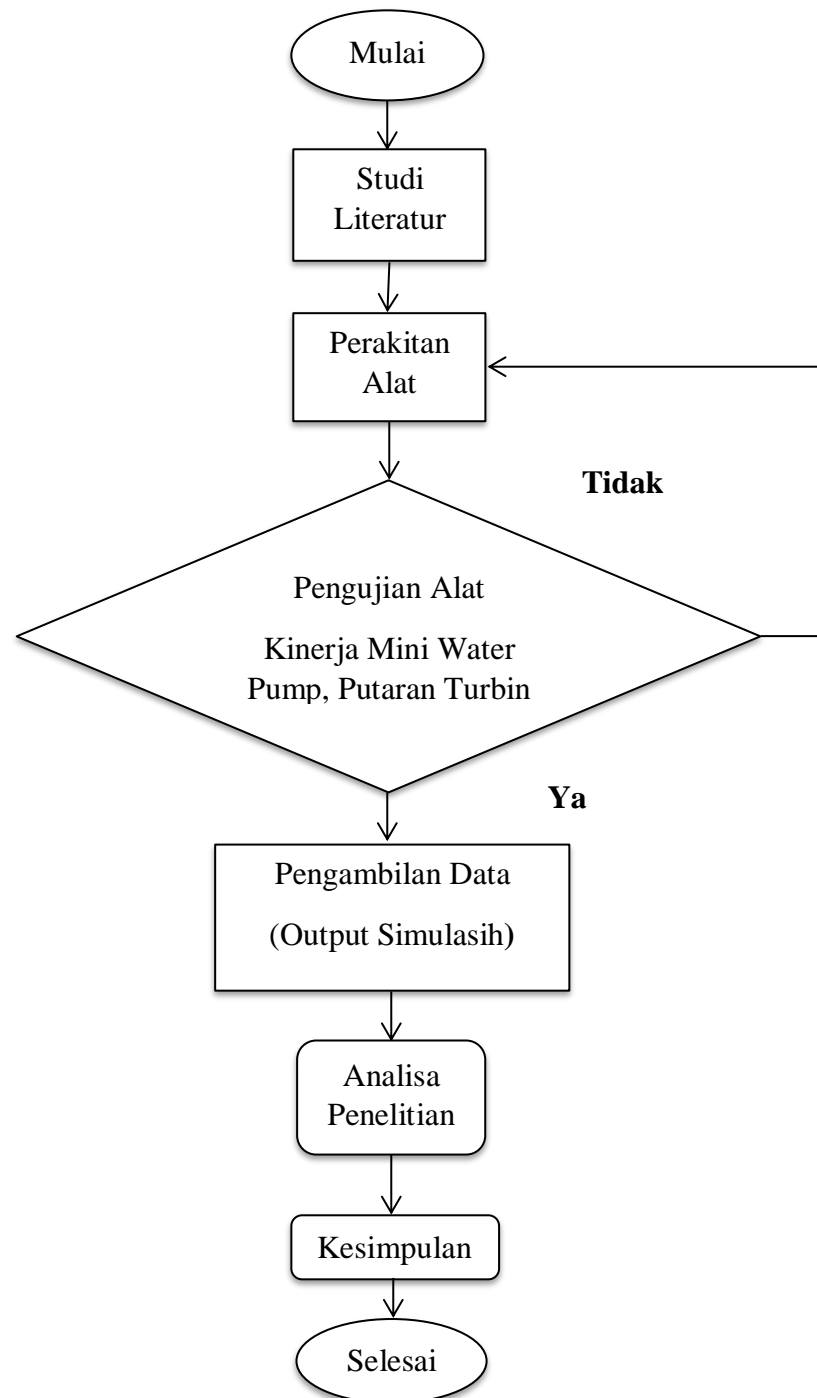
3.4.1 Blok Diagram Sistem Kerja



Gambar 3.11 Blok Diagram Sistem Kerja

3.5. Flowchart Penelitian

Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini sebagai berikut :



Gambar 3.12 Flowchart Penelitian Tugas Akhir

PENJELASAN FLOWCHART PENELITIAN

Dalam penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data tentang PLTPH berupa video tutorial di Youtube dan jurnal yang berkaitan dengan pengertian, penjelasan, dan sistem kerja dari PLTPH. Dari data-data yang diperoleh kemudian akan diproses selanjutnya ke tahap perencanaan dan perancangan bahan untuk membuat simulasi perancangan PLTPH menggunakan *mini water pump*. Pada tahap perencanaan dan perancangan bahan dilakukan penentuan bahan pendukung lain yang akan digunakan untuk membuat simulasi contohnya dalam perancangan turbin air dapat terancang dengan baik dan menghasilkan hasil yang diinginkan pada simulasi perancangan PLTPH ini. Pada tahapan perakitan alat disusun dengan perancang sirkulasi air dengan memanfaatkan *mini water pump* agar dapat menggerakkan kincir pada turbin dan hasil dari putaran kincir disematkan pada mini generator sehingga menghasilkan *output* tegangan yang dapat dihasilkan pada simulasi. Tahapan selanjutnya dengan melakukan pengujian alat untuk melihat kinerja dari seluruh komponen yang dipakai dalam simulasi jika sudah sesuai dengan yang diperhitungkan selanjutnya dapat memperoleh data-data yang didapatkan dalam perancangan dan jika perancangan belum sesuai dengan perhitungan dalam rancangan maka perakitan alat dapat diulang dan dianalisa kembali sehingga bisa sesuai dengan pola rancangan yang diinginkan. Pada langkah berikutnya akan diuji dengan kondisi alat dengan *output* terbebani dan tidak terbebani dengan bohlam 3 watt, selanjutnya dengan tambahan pemanfaatan cadangan energi yang dihasilkan menggunakan kapasitor untuk menghidupkan 3 buah lampu LED 12V dan kesimpulan.

BAB IV
ANALISIS DAN HASIL PENGUJIAN

4.1. Pengujian Perancangan Alat

Hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah debit air yang dihasilkan dan nilai dari perbedaan jarak antara turbin dan *head compressor*, kemudian dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap jarak pengamatan. Data-data tersebut terdapat pada tabel dan grafik sebagai berikut:

4.1.1 Pengujian Debit Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa liter air yang berada pada wadah dan air yang mengalir pada selang berikut ini :

Tabel 4.1 Data Volume Air

NO	Jari-Jari (cm)	Tinggi Air (cm)
1	14,75	21

$v = \text{luas alas dalam tabung} \times \text{tinggi dalam tabung}$

Dimana:

v = volume air dalam wadah tabung (cm^3)

r = luas alas lingkaran dalam wadah tabung (cm^2)

t = tinggi air dalam wadah tabung (cm)

untuk menghitung volume air tahapan awal yaitu menentukan luas alas terlebih dahulu. Di karenakan alas wadah berbentuk lingkaran, maka dapat menggunakan persamaan :

$$\text{luas alas} = \pi \times r^2$$

dimana :

$$\text{luas alas} = \text{luas lingkaran (cm}^2\text{)}$$

$$\pi = 3,14$$

$$r^2 = \text{jari-jari (cm)}$$

diketahui :

$$\pi = 3,14$$

$$r^2 = 14,75 \text{ cm}$$

$$t = 21 \text{ cm}$$

$$\text{luas alas} = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times 14,75^2 \text{ cm}$$

$$= 3,14 \times 213,875 \text{ cm}$$

$$= 671,57 \text{ cm}^2$$

Jadi luas alas pada wadah adalah $671,57 \text{ cm}^2$

Dari perhitungan diatas maka penulis dapat menghitung volume air pada wadah, maka

$$v = \text{luas alas} \times \text{tinggi}$$

$$v = 671,57 \text{ cm}^3 \times 21 \text{ cm}$$

$$= 14102,97 \text{ cm}^3$$

$$= 14,103 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan volume diatas maka kita mendapatkan perhitungan debit air antara lain sebagai berikut :

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$Q = \frac{14,103}{398}$$

$$= 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi hasil dari perhitungan di atas debit air adalah $0,035 \text{ m}^3/\text{s}$

4.2 Perbandingan Hasil Tegangan Pada Perubahan Putaran Sprayer Gun Mini Water Pump

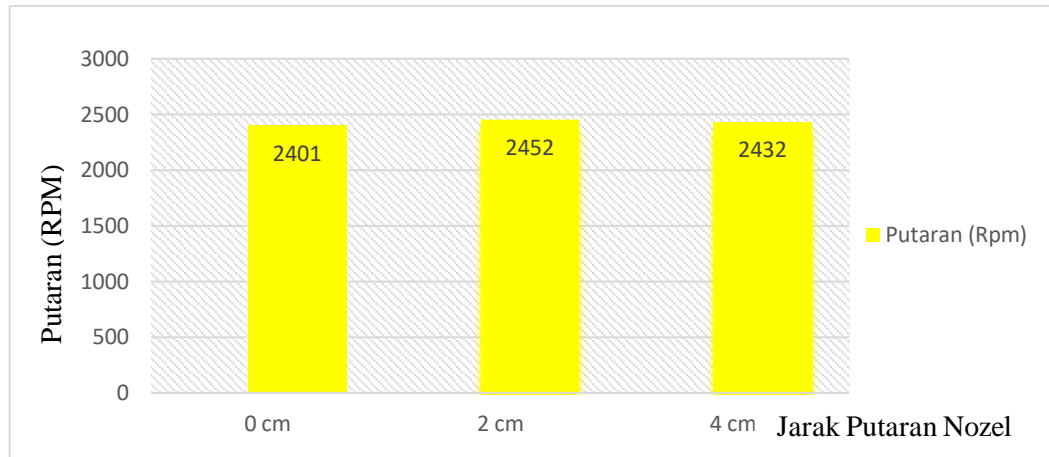
Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah menghitung debit air dan nilai dari 3 pengaruh putaran semburan air pada *sprayer gun* menuju kincir pada turbin. Pengujian dilakukan pada kecepatan putaran *sprayer gun* dengan putaran awal 0 cm, menengah 2 cm, dan rendah 4 cm. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap tegangan yang di hasilkan.

Perbandingan kecepatan putaran antara kincir turbin dengan *sprayer gun*

Tabel 4.2 perbandingan tegangan dan putaran RPM antara jarak turbin dan pengaruh perubahan putaran kecepatan pada *Sprayer Gun*

Putaran antara turbin dan <i>nozel sprayer gun</i> (cm)	Tegangan (V)	Putaran (Rpm)
Awal (0)	40,25	2452
Menengah (2)	39,50	2432
Rendah (4)	27,90	2401

Dari data Tabel 4.2 perbandingan tegangan dan putaran RPM antara jarak turbin dan pengaruh perubahan putaran kecepatan pada *Sprayer Gun* dapat dilihat pada Gambar grafik 4.1 :



Gambar 4.1 grafik pengukuran keluaran generator tanpa beban

4.3 Hasil Simulasi Penelitian

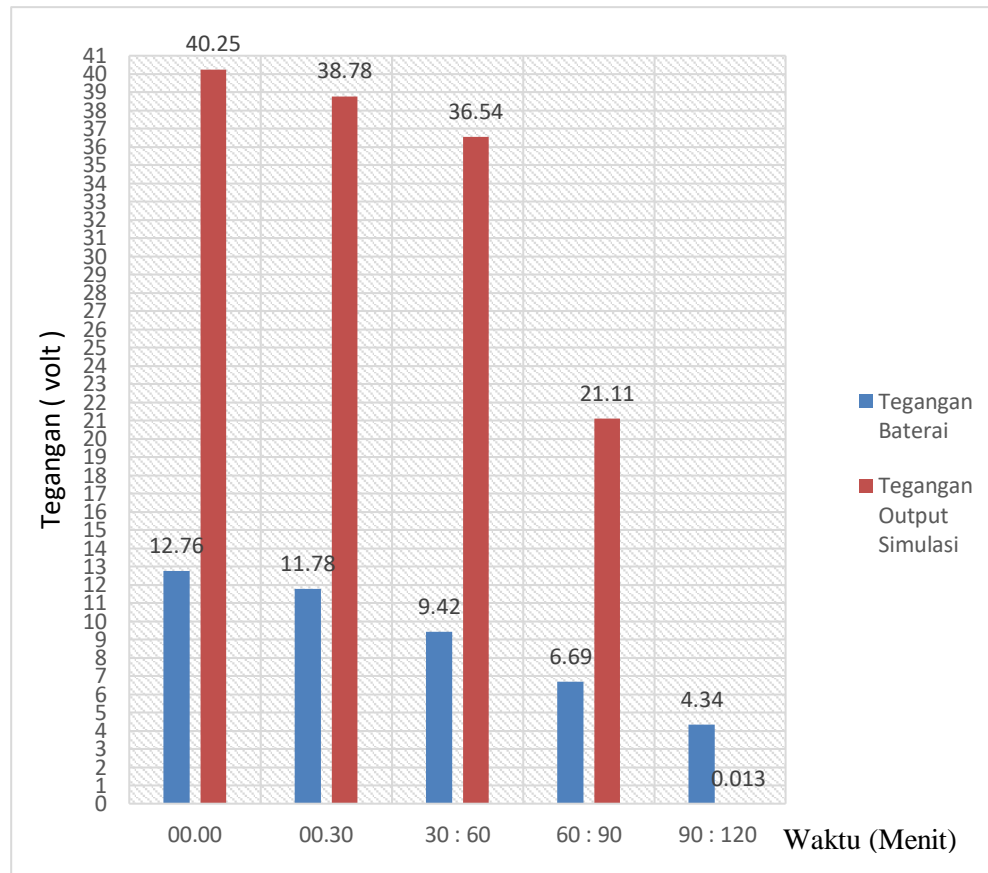
4.3.1 Ketahanan Baterai Dan Perubahan Tegangan Output Simulasi PLTPH

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu penggunaan baterai untuk mensuplay tegangan pada *mini water pump* sehingga dapat menjalankan simulasi PLTPH dan mengetahui output yang dapat dihasilkan, dari pengujian simulasi yang dilakukan di dapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.3 Lama Waktu Dalam Penggunaan Baterai

No	Waktu (Menit)	Tegangan Baterai (V)	Tegangan Output Simulasih (V)
1.	Awal	12,76	40,25
2.	00:30	11,78	38,78
3.	30:60	09,42	36,54
4.	60:90	06,69	21,11
5.	90:120	04,34	0,013

Dari data Tabel 4.3 lama waktu dalam penggunaan baterai dapat dilihat pada Gambar grafik 4.2 :



Gambar 4.2 grafik tegangan baterai dan tegangan output simulasi

Dari data pengujian dalam simulasi perancangan PLTPH mendapatkan kesimpulan baterai dapat *mbackup supply* tegangan pada mini water pump yang di gunakan pada simulasi PLTPH ini selama kurang lebih 1,5 jam, dan pada saat waktu pengujian berlangsung selama 1 jam 30 menit sistem kerja simulasi tersebut masih dapat tegan output sebesar 21,11V dan pada sisa waktu 8 menit berikut nya simulasi tidak dapat bekerja maksimal dan hasil yang di dapat dari output sebesar 0,013V dan baterai tidak dapat lagi mensupply tegangan dengan baik.

Pada pengujian tahap pertama pada awal waktu 00:00 tegangan pada baterai sebesar 12,76V dan hasil yang di dapat dari *output PLTPH* sebesar 40,25V



Gambar 4.2.1 Tegangan Baterai

Hasil output dari simulasi perancangan PLTPH :



Gambar 4.2.2 Output PLTPH

Pengujian selanjutnya di lakukan selama setengah jam dari awal waktu 00:00 menit sampai pada 00:30 menit tegangan pada baterai menjadi berkurang dan sisa tegangan pada baterai sebesar 11,78V dan hasil yang di dapat dari output PLTPH sebesar 38,78V



Gambar 4.2.3 Tegangan Baterai

Hasil output dari simulasi perancangan PLTPH :



Gambar 4.2.4 Output PLTPH

Pengujian selanjutnya di lakukan selama satu jam dari waktu 00:30 menit sampai pada 30:60menit tegangan pada baterai menjadi berkurang dan sisa tegangan pada baterai sebesar 09,42V dan hasil yang di dapat dari output PLTPH sebesar 36,54V



Gambar 4.2.5 Tegangan Baterai

Hasil output dari simulasi perancangan PLTPH :



Gambar 4.2.6 Output PLTPH

Pengujian selanjutnya di lakukan selama satu setengah jam dari waktu 30:60 menit sampai pada 60:90 menit tegangan pada baterai menjadi berkurang dan sisa tegangan pada baterai sebesar 06,69V dan hasil yang di dapat dari output PLTPH sebesar 21,11V



Gambar 4.2.7 Tegangan Baterai

Hasil output dari simulasi perancangan PLTPH :



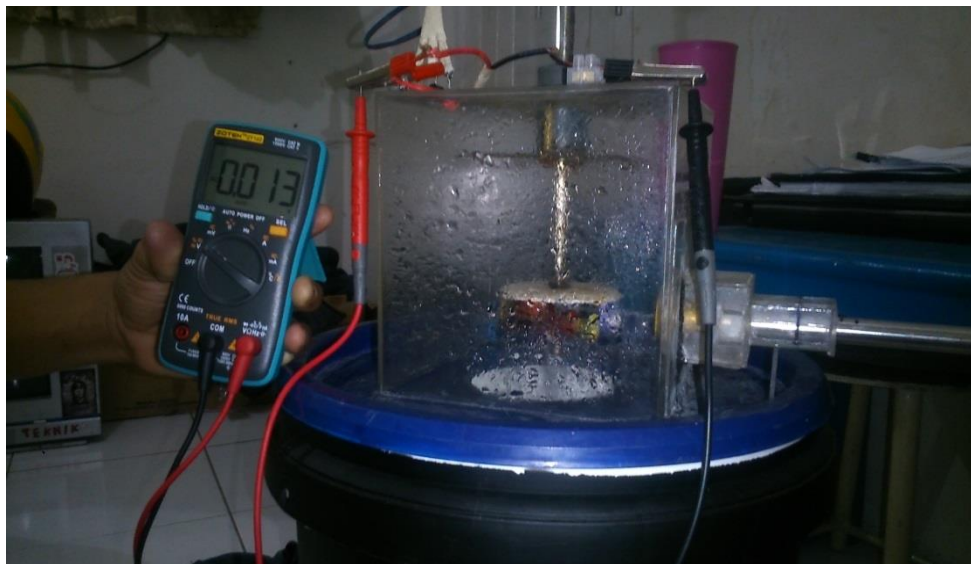
Gambar 4.2.8 Output PLTPH

Pengujian selanjutnya berlangsung selama dua jam dari waktu 60:90 menit sampai pada pukul 90:120 menit tegangan pada baterai menjadi berkurang dan sisa tegangan pada baterai sebesar 04,349V dan hasil yang di dapat dari output PLTPH sebesar 0,013V



Gambar 4.2.9 Tegangan Baterai

Hasil output dari simulasi perancangan PLTPH :



Gambar 4.2.10 Output PLTPH

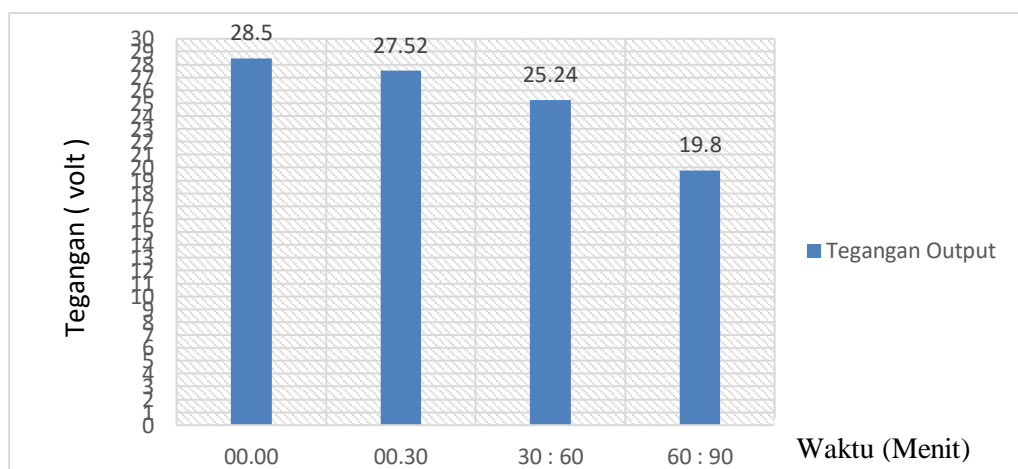
4.3.2. Daya Listrik Yang Dihasilkan

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui berapa besar daya listrik yang dihasilkan dan juga perubahan tegangan yang dihasilkan ketika simulasi PLTPH di bebani oleh satu buah lampu dengan kapasitas bola lampu 3 watt, dari pengujian yang dilakukan di dapatkan hasil sebagai berikut :

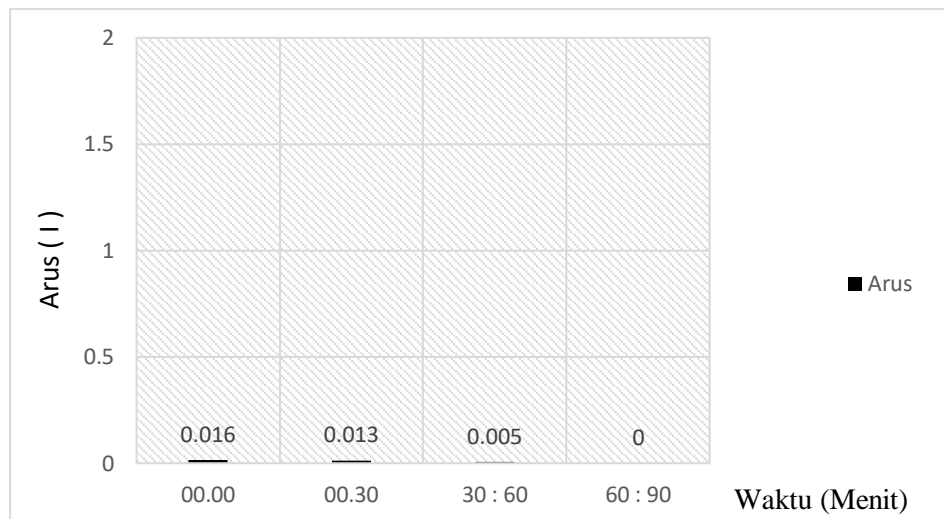
Tabel 4.4 Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan

Waktu (Menit)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)
Awal	28,50	0,016
00:30	27,52	0,013
30:60	25,24	0,005
60:90	19,80	0,000

Dari data Tabel 4.4 tegangan dan arus yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar grafik 4.3 dan Gambar grafik 4.4 :



Gambar 4.3 grafik tegangan output setelah terbebani



Gambar 4.4 grafik arus output yang di hasilkan

Dari table di atas maka dapat menentukan besar daya listrik yang di hasilkan dari simulasi perancangan PLTPH dan pengaruh perubahan daya per 30 menit dengan masa pemakaian baterai sebagai berikut:

Dimana :

Waktu = Second (S)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Percobaan awal pada simulasi :

$$\begin{aligned}
 S &= V \times I \\
 &= 28,50 \times 0,016 \\
 &= 0,456 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Maka daya yang di hasilkan pada awal waktu berjalannya simulasi di menit pertama menghasilkan daya sebesar 0,456 watt

Pada simulasi selanjutnya di lakukan dari menit awal percobaan sampai dengan waktu 30 menit :

$$\begin{aligned} S &= V \times I \\ &= 27,52 \times 0,013 \\ &= 0,357 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka daya yang di hasilkan pada saat berjalannya simulasi selama 30 menit menghasilkan daya sebesar 0,357 watt

Pada simulasi selanjutnya di lakukan dengan waktu selama 30 menit berikutnya total waktu berjalannya simulasi telah di lakukan selama 1 jam :

$$\begin{aligned} S &= V \times I \\ &= 25,24 \times 0,005 \\ &= 0,126 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka daya yang di hasilkan pada saat berjalannya simulasi selama 1 jam menghasilkan daya sebesar 0,126 Watt

Pada simulasi selanjutnya di lakukan dengan waktu selama 30 menit berikutnya total waktu berjalannya simulasi telah di lakukan selama 1 jam 30 menit dengan posisi nilai arus yang di hasilkan pada simulasi sudah 0,000 di karena kan baterai tidak dapat lagi mensuplay tegangan pada alat :

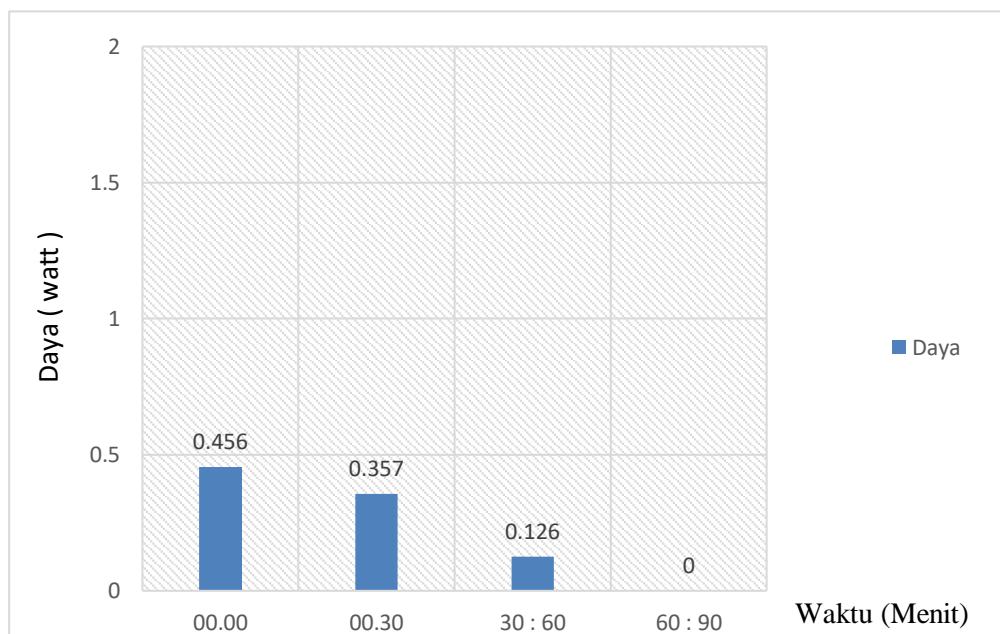
$$\begin{aligned} S &= V \times I \\ &= 19,80 \times 0,000 \\ &= 0 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka daya yang di hasilkan pada saat berjalannya simulasi selama 1 jam 30 menit menghasilkan daya sebesar 0 di karena kan baterai tidak dapat lagi mensuplay tegangan pada alat.

Tabel 4.5 Pengujian Daya Listrik

Waktu (Menit)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya (Watt)
Awal	28,50	0,016	0,456
00:30	27,52	0,013	0,357
30:60	25,24	0,005	0,126
60:90	19,80	0,000	0

Dari data Tabel 4.5 pengujian daya listrik dapat dilihat pada Gambar grafik 4.5 :



Gambar 4.5 grafik pengujian daya

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dalam perancangan simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro pengaruh jarak turbin dengan putaran *nozel sprayer gun* sebagai penghantar air menuju kincir mempengaruhi tegangan *output* yang dihasilkan pada generator dalam simulasi ini. Putaran antara *nozel sprayer gun* dengan kincir pada turbin maksimal pada saat awal putaran air 0cm menghasilkan tegangan *output* sebesar 40,25V, putaran berikutnya yaitu putaran menengah 2cm menghasilkan tegangan *output* sebesar 39,50V, dan putaran rendah 4cm menghasilkan tegangan *output* sebesar 27,90V dengan posisi pada hasil tegangan *output* yang dihasilkan belum di terbebani dan pada simulasi tegangan *supply* dari baterai untuk menghidupkan *mini water pump* masih diatas 12V.
2. Beban mempengaruhi putaran pada generator dan mempengaruhi tegangan *output* yang dihasilkan. Kapasitas daya pada aki sangat mempengaruhi lamanya waktu pada penggunaan baterai untuk mensupply tegangan pada *mini water pump* dalam perancangan simulasi PLTPH dan pada saat berjalannya simulasi baterai hanya sanggup mensupply tegangan untuk menghidupkan *mini water pump* selama 2 jam dalam keadaan simulasi tidak terbebani, dan hanya sanggup mensupply tegangan selama 1 jam 30 menit dalam keadaan terbebani. selanjutnya dengan tambahan pemanfaatan cadangan energy yang di hasilkan menggunakan kapasitor untuk menghidupkan 3 buah lampu LED 12 V.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya terutama yang berhubungan dengan simulasi perancangan PLTPH, sebaiknya dilakukan pengembangan dengan cara memperhitungkan lagi bentuk rancangan pada turbin air agar mendapatkan tekanan laju air pada kincir yang lebih presisi sehingga putaran generator lebih efisien menghasilkan tegangan *output* yang di peroleh.
2. Untuk penelitian selanjutnya pengembangan lanjut pada rancangan simulasi PLTPH mengenai tahanan daya pada baterai sehingga waktu penggunaan baterai dapat lebih lama lagi untuk mensupply tegangan pada *mini water pump*.

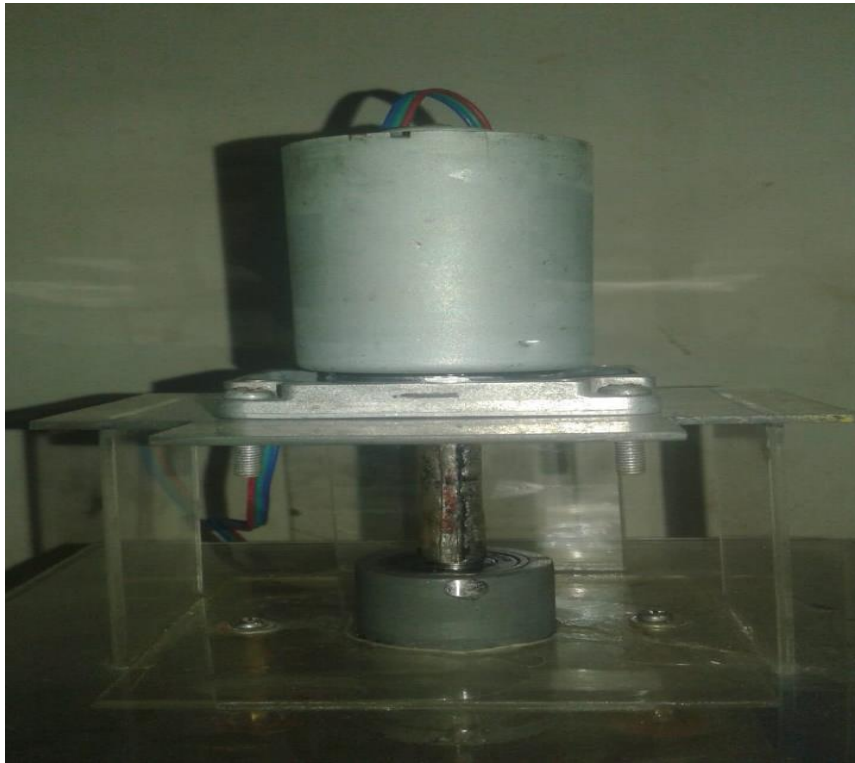
DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. M. Syahputra, M. Syukri, and I. D. Sara, "Rancang Bangun Prototipe," *Online Tek. Elektro e-ISSN 2252-7036*, vol. 2, no. 1, pp. 16–22, 2017.
- [2] M. Aslam, "Rancang Bangun Turbin Bulb Di Dalam Saluran Pipa Air Bulb Turbine Design And Manufacture On Picohydro Power Plant System In Water Pipe Lines," *ISSN 2355-9365*, vol. 2, no. 3, pp. 7323–7329, 2015.
- [3] N. A. Agus Supardi, Dedi Ary Prasetya, "Karakteristik Keluaran Generator Induksi 1 Fase Pada Sistem Pembangkit Piko hidro," *ISSN 2339-028X*, 2015.
- [4] A. M. Bustami*, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Piko hidro 1000 VA Dengan Memanfaatkan Pembuangan Air Limbah Pada Gedung Pakarti Centre," *p- ISSN 2407 – 1846 e-ISSN 2460 – 8416*, no. November, pp. 1–2, 2017.
- [5] D. A. H, D. D. Dpt, S. I. C, and T. S. Pitana, "Eksperimental Optimasi Tipe Lekuk Sudu Pada Pompa Difungsikan Sebagai Turbin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pico hidro," *Mekanika*, vol. 15, no. 1, pp. 10–16, 2016.
- [6] R. K. O. Tito Shantika, Alexin Putra, "Simulasih Aliran Pico hidro 100 Watt Portable Pada Head 2 Meter Tito Shantika, Alexin Putra, Ryan Kornelius Obaja Jurusan Teknik Mesin Ite nas Bandung Jl. PHH Mustofa 23 Bandung," *ISSN 1979 – 911X eISSN 2541 – 528X*, no. November, pp. 491–497, 2016.
- [7] K. Budiartawan, A. A. A. Suryawan, and M. Suarda, "Pengaruh Variasi Sudut Sudu Segitiga Terhadap Performansi Kincir Air Piko Hidro," *Ilm. Tek. DESAIN Mek.*, vol. 6, no. 3, pp. 294–298, 2017.

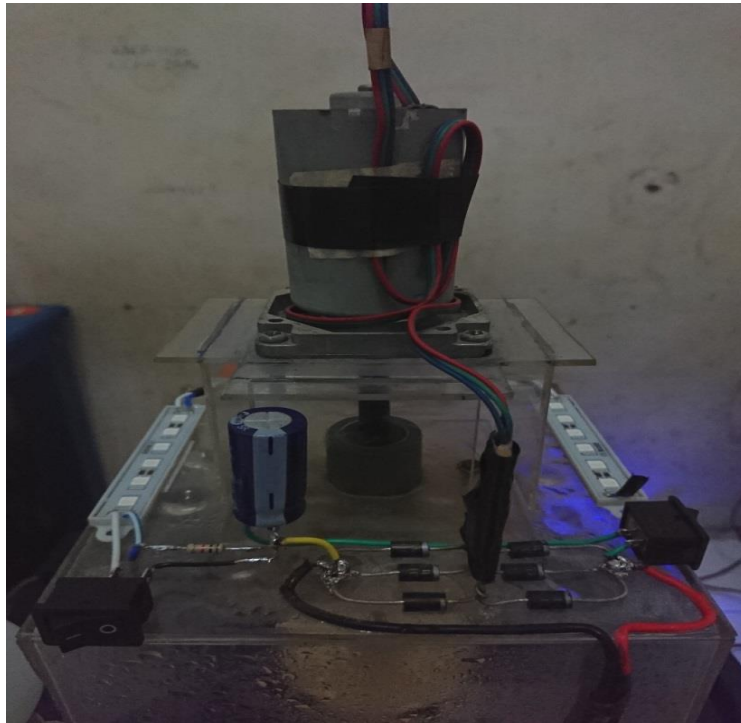
- [8] A. H. dan A. J. Rinaldi1, “Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik,” *ISBN 978-979-792-636-6*, pp. 978–979, 2015.
- [9] D. S. Permana, “Analisa Jenis Dan Spesifikasi Pompa Air Bersih,” *Sinergi*, vol. 21, no. 2, pp. 91–100, 2017.
- [10] B. Herdiana, H. Wijanto, and I. Hidayat, “Rangkaian Penyearah RF ke Dc Bertingkat untuk Multi Frekuensi Kerja pada Sistem Pengisian Listrik Secara Nirkabel,” *J. DAN Telekomun.*, vol. 14, no. 2, 2014.

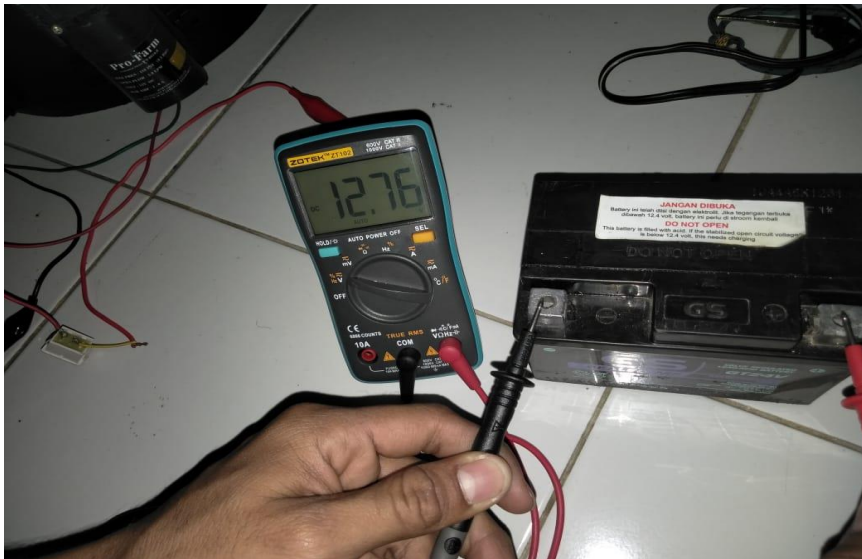
LAMPIRAN









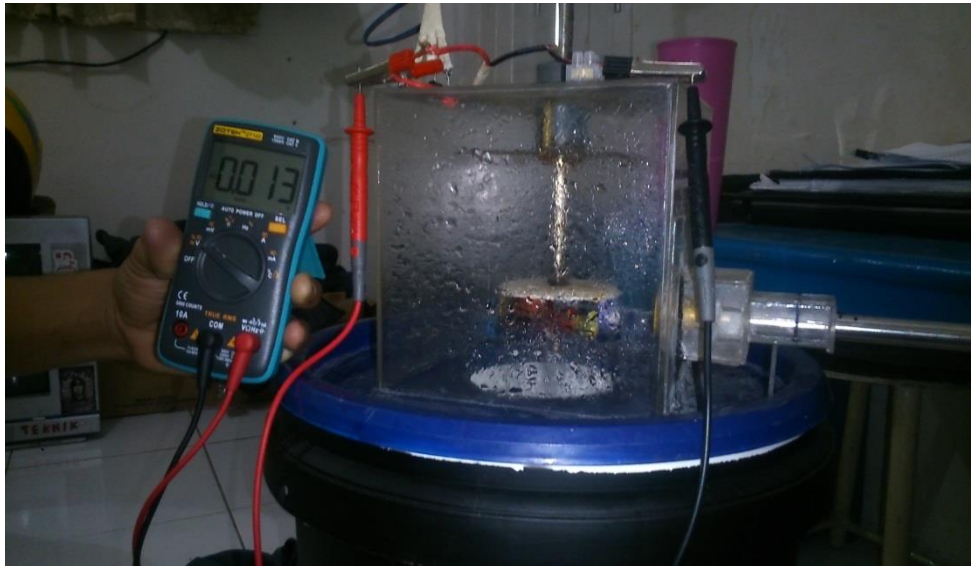














UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MHD AJUAR ZAIN
NPM : 1407220011
Judul Tugas Akhir : SIMULASI PERANCANGAN PLTPH MENGGUNAKAN
MINI WATER PUMP

No	Tanggal	Catatan	Paraf
	.	- Perbaiki judul TA.	Zf
		- Perbaiki Daftar Isi - Perbaiki Bab I.	Zf
	23/10 '18	- Perbaiki Bab I - s.d bab IV.	Zf
		- Perbaiki kesimpulan TA.	Zf
	20/12 '18	- Tambahkan analisa bab IV - Perbaiki kesimpulan	Zf
	13/12 '19	Acc seminar	Zf

Pembimbing I

ROHANA S.T, M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MHD AJUAR ZAIN
NPM : 1407220011
Judul Tugas Akhir : SIMULASI PERANCANGAN PLTPH MENGGUNAKAN
MINI WATER PUMP

No	Tanggal	Catatan	Paraf
		- Perbaiki Tabung Turbin / ALAT	
	23/10 '18	- Perbaiki Bab I s/d IV	
	21/12 '18	- Analisa Bab IV	
		- Perbaiki Tabel dan Grafik	
		- Perbaiki kesimpulan TA	

Handwritten signature and notes:
Ae...
Bik...
Samin

Pembimbing II
Handwritten signature
INDRA ROZA, S.T, M.T

