RANCANG BANGUN GENERATOR APUNG NANOHIDRO SEBAGAI SUMBER PENERANGAN PADA LAHAN PERSAWAHAN

(Skripsi)

Oleh

Dio Aditia

PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023

ABSTRAK

RANCANG BANGUN GENERATOR APUNG NANOHIDRO SEBAGAI SUMBER PENERANGAN PADA LAHAN PERSAWAHAN

Oleh

DIO ADITIA

Telah dilakukan penelitian Rancang Bangun Generator Apung Nanohidro Sebagai Sumber Penerangan Pada Lahan Pertanian dengan tujuan membuat generator yang dapat menghasilkan listrik pada irigasi pertanian. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah generator dc, pipa pvc, lampu, multimeter, tachometer, stopwatch, akrilik, kawat, bor, besi, dan lem. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu merancang alat dan melakukan pengujian secara langsung. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah alat generator apung yang memiliki keluaran tegangan rata-rata 19,19 volt dari pengambilan data 20 kali dengan rentang waktu 1 menit. Kecepatan rata-rata rpm generator sebesar 30,1 rpm dan turbin 104,4 rpm. Sedangkan hasil pengujian menggunakan bor drill didapatkan tegangan dari rotasi terendah 8 volt hingga rotasi tertinggi 56 vot. Hasil tersebut didapatkan dari pengambilan 20 data setiap menitnya. Hasil tegangan dari alat tersebut dapat digunakan untuk menghidupkan lampu atau keperluan listrik kecil lainnya.

Kata kunci: Generator, rpm, Tegangan , Turbin.

ABSTRACT

DESIGN OF NANOHHYDRO FLOATING GENERATOR AS A SOURCE OF LIGHTING IN RICE LAND

By

DIO ADITIA

Research has been carried out on Design Of Nanohhydro Floating Generators As A Source Of Lighting On Agricultural with the aim of making generators that can generate electricity for agricultural irrigation. The tools and materials used in this study were dc generators, PVC pipes, lamps, multimeters, tachometers, stopwatches, acrylic, wire, drills, iron, and glue. The method used in this research is designing tools and conducting direct testing. The result of this research is a floating generator which has an average output voltage of 19.19 volts from 20 data collection times with a time span of 1 minute. The average speed of generator rpm is 30.1 rpm and turbine is 104.4 rpm. While the results of testing using a drill drill obtained the voltage from the lowest rotation of 8 volts to the highest rotation of 56 volts. These results are obtained from taking 20 data every minute. the resulting voltage from the device can be used to turn on lights or other small electrical purposes.

Keywords*: Generator, rpm, Turbine, Voltage.*

RANCANG BANGUN GENERATOR APUNG NANOHIDRO SEBAGAI SUMBER PENERANGAN PADA LAHAN PERSAWAHAN

Oleh

DIO ADITIA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Generator Apung NanohidroSebagai Sumber Penerangan Pada Lahan Persawahan**

Nama Mahasiswa : Dio Aditia

Nomor Pokok Mahasiswa : 1617041095

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.	**Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**
NIP. 198010102005011002	NIP. 196504071991111001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.** .....

Sekretaris : **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.** .....

2. Plt. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.T.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Maret 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 April 2023

[redacted]

Dio Aditia
NPM. 1617041095

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Dio Aditia dilahirkan di Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada 19 Desember 1998 sebagai anak pasangan Bapak Budi Utomo dan Ibu Jarwati. Penulis menyelesaikan pendidikan SDN 1 SetiaBumi tahun 2010. SMPN 1 Seputih Banyak tahun 2013, dan SMAN 1 Seputih Banyak tahun 2016 di Kabupaten Lampung Tengah. Selama menempuh pendidikan menengah atas, penulis aktif dalam berbagai organisasi intra dan ekstra sekolah seperti Pramuka dan Taekwondo.

Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP). Selama menjalani proses pendidikan formal tersebut, penulis aktif di beberapa organisasi intra kampus seperti Himpunan mahasiswa fisika (HIMAFI) sebagai ketua Biro Dana dan Usaha HIMAFI pada tahun 2018, Anggota AMAR ROIS FMIPA 2016. Penulis juga pernah menjadi Panitia KWI tahun 2017. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Riset Standarisasi Nasional (BARISTAND).

Selain itu, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sambi Rejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur Tahun 2019.

MOTTO

“dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangkanya. Dan Barang siapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya”
(QS. AT Talaq:03)

"Telat wisuda bukan berarti telat sukses,

Hadapilah bahaya selama itu benar, dan janganlah berjalan di gerombolan

golongan selama itu salah"

(Dio Aditia)

PERSEMBAHAN

بسم الله الرحمن الرحيم

Dengan Mengharapkan Ridho Allah SWT dan Syafaat Nabi Muhammad SAW,Karya ini saya persembahkan kepada:

Kedua Orang Tua dan Keluarga Besar

Terimakasih atas segala Doa, motivasi dan pengorbanan yang telah diberikan sehingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana**.**

Bapak-Ibu Dosen

Terimakasih atas segala ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang telah membuka hati dan wawasanku .

Sahabat dan Teman Seperjuangan

Terimakasih atas segala kebaikan dan kebersamaan kalian

Almamaterku Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Rancang Bangun Generator Apung Nanohidro sebagai Sumber Penerangan Pada Lahan Persawahan"**. Tujuan penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana dan juga melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dalam penulisan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, adanya kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan tersebut. Semoga skripsi ini dapat menambah wawasan literasi keilmuan serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya yang lebih baik.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 09 April 2023

Penulis

Dio Aditia

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas segala hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **"Rancang Bangun Generator Apung Nanohidro Sebagai Sumber Penerangan Pada Lahan Persawahan"** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Shalawat serta salam tak lupa penulis hanturkan kepada Nabi Muhammad SAW atas dakwah dan risalah beliaulah sehingga kita dapat menikmati keindahan berilmu. Selama menyelesaikan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan sekaligus Ketua Jurusuan yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, terutama solusi pergantian tema skripsi dan motivasinya selama melakukan penelitian dan penulisan skripsi ini;
2. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan, saran, dan nasihat dalam melakukan penelitian dan penulisan skripsi ini;
3. Ibu Sri Wahyu Suciyati S.Si., M.Si selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini menjadi lebih baik;

4. Bapak Dr. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung;
5. Bapak Arif Surtono S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran selama penulis menempuh bangku perkuliahan;
6. Orang Tua dan Keluarga besarku yang selalu menghibur, mendoakan dan memberikan motivasi serta pelajaran hidup untuk penulis;
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh bangku perkuliahan;
8. M. Ridwan S.Si, M. Gilang, Irsyad dan Gayuh sebagai kawan seperjuangan terutama mendukung untuk melanjutkan kelulusan dalam mencapai gelar sarjana;
9. Teman-teman pimpinan dan pengurus HIMAFI 2018 yang telah mendukung dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Pendidikan ini;
10. Teman-teman Instrumentasi dan seluruh teman-teman Fisika 2016 terimakasih atas dukungan dan motivasi sehingga penulis senantiasa belajar menjadi lebih baik lagi.

Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala dapat membalas seluruh kebaikan dan mempermudah segala urusannya.

Bandar Lampung, 04 April 2023

Penulis

Dio Aditia

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

HALAMAN JUDUL ..... **iii**

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **iv**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **v**

HALAMAN PERNYATAAN ..... **vi**

RIWAYAT HIDUP ..... **vii**

MOTTO ..... **x**

PERSEMBAHAN ..... **xi**

KATA PENGANTAR ..... **xii**

SANWACANA ..... **xiii**

DAFTAR ISI ..... **xvi**

DAFTAR GAMBAR ..... **xviii**

DAFTAR TABEL ..... **xx**

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait 5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air 7
2.3 Pembangkit Listrik Nano Hidro 9
2.4 Generator 10
2.5 Prinsip Kerja Generator 12

2.6 Turbin.....13
2.7 Kincir air overshot.....14
2.8 Kincir air undershot.....15
2.9 Kincir air breastshot.....16
2.10 Kreteria Pemilihan Turbin.....17
2.11 Parameter Perancangan Turbin.....20
2.12 Gerak Melingkar.....20

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....24
3.2 Alat dan Bahan.....24
3.3 Prosedur Penelitian.....24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian.....28
4.2 Pengambilan Data.....34
4.3 Analisis Data.....37
4.4 Hasil Kecepatan Rotasi Bor (*Drill*).....41

V. SIMPULAN

5.1 Simpulan.....45
5.2 Saran.....46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Konstruksi Generator DC 11
Gambar 2.2 Konstruksi Generator AC 12
Gambar 2.3 Pembangkitan tegangan induksi 13
Gambar 2.4 Tegangan rotor yang dihasilkan melalui cincin seret komutator .. 14
Gambar 2.5 Kincir air overshot 15
Gambar 2.6 Kincir air undershot 17
Gambar 2.7 Kincir air breastshot 18
Gambar 2.8 Rangkaian roda satu 19
Gambar 2.9 Rangkaian roda dua 20
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 28
Gambar 3.2 Desain pembangkit listrik nanohidro 29
Gambar 3.3 Grafik perbandingann antara tegangan dan kecepatan rotasi 31
Gambar 4.1 Rangkaian alat pelampung 32
Gambar 4.2 Pembuatan turbin 33
Gambar 4.3 Penampang apung generator 34
Gambar 4.4 *Gear box* generator 35
Gambar 4.5 *Cover gear box* dan generator 36
Gambar 4.6 Generator apung 37
Gambar 4.7 Hasil pengambilan data tegangan dan kecepatan rotasi turbin 39
Gambar 4.8 Hasil pengukuran kecepatan rotasi generator 40
Gambar 4.9 Grafik tegangan dan kecepatan rotasi turbin 41
Gambar 4.10 Grafik tegangan dan kecepatan rotasi generator 42
Gambar 4.11 Grafik kecepatan rotasi turbin dan kecepatan rotasi generator 43

Gambar 4.12 Grafik tegangan dengan aliran air dan tegangan dengan putaran bor.....44
Gambar 4.13 Grafik kecepatan rotasi turbin dengan aliran air dan kecepatan rotasi rotasi turbin dengan bor..... 45
Gambar 4.14 Grafik kecepatan rotasi generator dengan aliran air dan kecepatan rotasi rotasi turbin dengan bor..... 45

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Data pengujian keluaran yang dihasilkan generator 29

Tabel 3.1 Hasil pengukuran generator nanohidro 38

Tabel 3.1 Hasil data menggunakan bor *drill* 29

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran energi dalam kehidupan begitu penting guna tercapainya kebutuhan hidup manusia seperti dalam hal pembangunan, lingkungan dan sebagai penopang dalam dunia perekonomian nasional. Seiring meningkatnya perekonomian masyarakat serta pertumbuhan penduduk, kebutuhan energi di Indonesia juga ikut meningkat, khususnya energy listrik. Berdasarkan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Perusahaan Listrik Negara (PLN) tahun 2019 menyatakan perkiraan keperluan listrik nasional tahun 2019-2028 sebesar 56.000 MW dimana hanya sebagian dari total daya tersebut yang akan dibangun oleh PLN yakni 35.000 MW (62,5 %). Hal ini mengakibatkan kebutuhan masyarakat akan pasokan energi listrik masih belum tercukupi.

Indonesia merupakan negara agraris dimana mata pencaharian utama penduduknya yaitu sebagai petani. Sebagian besar petani di Indonesia menggunakan irigasi untuk mengairi sawah mereka. Selain untuk mengairi sawah, aliran air irigasi ini juga dapat digunakan untuk pembangkit listrik, dengan mempertimbangkan kebutuhan listrik untuk peneranga area persawahan yang tidak terjangkau oleh pasokan listrik nasional. Hal ini menjadi salah satu solusi sumber penghasil listrik dengan mengolah sumber daya alam yang tersedia seperti irigasi, air terjun atau sungai untuk keperluan pembangkitan listrik skala kecil seperti Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) atau Pembangkit Listrik Nano Hidro (PLNH) dengan menerapkan secara Terapung.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. PLTMh pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik (Dimyati, 2015). Namun untuk penggunaan PLTMh ini dibutuhkan debit air yang deras untuk memutar turbin pada generator, sedangkan aliran air pada irigasi pertanian tidak cukup deras untuk bisa digunakan sebagai PLTMh. Oleh karena itu PLNH atau Pembangkit Listrik Nano Hidro merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut.

Penelitian nanohidro telah banyak dilakukan, seperti penelitian tentang Analisis Sumber Energi Baru Terbarukan Nanohidro dari Aliran Air Berdebit Kecil yang dilakukan oleh Warsito, dkk, (2011).Alat yang dibuat pada penelitian sistem nanohidro diputar oleh mini turbin tipe Francis. Generator yang digunakan merupakan generator magnet permanen 3 pasang kutub yang mempunyai kecepatan putar optimal 2400 rpm dengan tegangan keluaran 12-15 V dan kapasitas daya 6 W.

Pembangkit Listrik Tenaga NanoHidro memiliki konsep yang sama dengan Pembanghkit Listrik Tenaga Mikrohidro, namun pada PLNH ini dapat digunakan pada aliran air yang kurang deras. Hal ini disebabkan karena PLNH terdiri dari kompenen alat yang kecil sehingga listrik yang dihasilkan juga lebih kecil dari PLTMh. Listrik yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga NanoHidro dapat digunakan untuk keperluan penerangan pada lahan pertanian. Penggunaan listrik sebagai penerangan dibidang pertanian berfungsi untuk memudahkan petani dalam mengakses jalan, mengecek hasil persawahan, dan memantau hama pertanian di persawahan khususnya yang beraktivitas pada malam hari.

Berdasarkan pemaparan tersebut maka dibuatlah Rancang Bangun Generator Nanohidro Sebagai Penerangan Pada Lahan Persawahan. Rancang bangun ini dibuat dengan menggunakan pelampung pada Pembangkit Listrik Nano Hidro

sehingga alat tersebut dapat ditempatkan pada irigasi pertanian, komponen utama yang digunakan untuk membuat rancang bangun ini yaitu turbin dan generator DC.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh turbin dan generator pada alat pembangkit listrik nanohidro sehingga memperoleh energi yang optimal ?
2. Bagaimana pengujian tegangan dan arus yang dihasil akan oleh generator untuk menghidupkan lampu ?
3. Bagaimana pengaruh keadaan kondisi terapung sehingga diperoleh energi listrik yang stabil ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan generator yang dapat menghasilkan energi listrik pada irigasi pertanian mengasilkan arus listrik yang dapat menghidupkan lampu.
2. Mengetahui daya listrik yang dihasilkan oleh generator.
3. Mengetahui daya apung yang dapat menahan beban rancang bangun alat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut.

Tersedianya energi listrik di area pertanian yang bersumber dari generator sebagai pembangkit energi listrik nanohidro dan dapat dimanfaatkan untuk penerangan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Generator yang digunakan pada penelitian ini berupa generator jenis DC dengan kebutuhan penerangan.
2. Energi yang digunakan untuk menggerakkan generator berasal dari aliran air pada irigasi.
3. Analisis data hanya mencangkup keluaran generator.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian nanohidro telah banyak dilakukan, Oleh Ridwan (2021) Desain Generator Nanohidro Mudah Dibawa Untuk Penerangan Di Daerah Pegunungan. Penelitian tersebut terdiri dari perancangan mekanik dan perancangan bangun sipil. Perancangan mekanik yaitu pembuatan generator nanohidro dan perancangan bangun sipil terbuat dari penstock. Pembangkit listrik tenaga nanohidro pada penelitian ini memanfaatkan PAM air, dengan aliran pipa PVC dari sumur bor yang berada di alamat Jl. Tirtaria Gg. Melati Vl desa Way Kandis kecamatan Tanjung Senang Bandar Lampung. Penstock yang digunakan adalah tipe pipa PVC jumlah pipa PVC yang digunakan berjumlah 4 buah dengan diameter yang sama yaitu 2 buah pipa 2 inch 1 buah pipa 1 inch dengan panjang 4 m untuk ukuran pipa 2 inch, sedangkan untuk ukuran 1 inch panjangnya 32 cm. Penelitian tersebut memanfaatkan aliran air pegunungan yang dialirkan melalui pipa untuk menggerakkan turbin. Berdasarkan hasil uji coba dan pengambilan data didapatkan rata-rata kecepatan rotasi turbin sebesar 48,6 rpm, kecepatan rotasi generator sebesar 194,3 rpm, dan hasil dari tegangan yang dihasilkan tegangan sebesar 6,3 volt. PLTMh biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. PLTMh pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Tegangan yang dihasilkan digunakan untuk menghidupkan lampu sebagai penerangan pada daerah pegunungan (Ridwan, 2021).

Penelitian selanjutnya yaitu Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portable Sebagai Sumber Energi Alternatif. Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga nanohidro portable diawali dari perencanaan sistem pembangkit, pada proses ini dilakukan perencanaan konsep dan cara kerja pada sistem pembangkit, dilanjutkan dengan perancangan turbin air dan perancangan housing generator DC mini. Kemudian dilakukan perancangan instrumen elektronika penyokong sistem pembangkit yaitu DC-DC step up MT3608 yang disambungkan ke modul charger TP4056 yang mana nantinya akan disambungkan ke Baterai Lithium nikel 2000 mAh, Voltmeter DC display, Modul DC-DC step up boost usb dan saklar on-off. DC-DC step up MT3608 boost converter digunakan sebagai rangkaian penaik tegangan DC dengan tegangan yang diatur maksimum 5 V karena untuk pengoptimalan dari penggunaan tegangan generator yang dibangkitkan. Generator DC mini yang digunakan pada perancangan prototipe pembangkit listrik tenaga nanohidro portable dengan energi sumber aliran air ini dapat membangkitkan tegangan sebesar 4,76 V dengan kecepatan putar 1600 rpm (Priyawan, 2021).

Penelitian analisis sumber energi baru terbarukan nanohidro dari aliran air berdebit kecil. Alat yang dibuat pada penelitian sistem nanohidro diputar oleh mini-turbin tipe Francis. Generator yang digunakan merupakan generator magnet permanen 3 pasang kutub yang mempunyai kecepatan putar optimal 2400 rpm *(rotation perminute* atau putaran permenit*)* dengan tegangan keluaran 12-15V dan kapasitas daya6W. Keluaran dari generator alat tersebut berupa tegangan arus bolak-balik. Tegangan yang keluar dari generator yang sudah disearahkan oleh dioda diukur menggunakan multimeter digital dan kecepatannya diukur menggunakan *tachometer*. Rotor generator yang diputar tersebut menghasilkan tegangan yang bervariasi sebagai fungsi kecepatan putar yang juga berubah-ubah. Pada alat generator untuk mendapatkan nilai kuat arus dari keluaran generator maka memerlukan beban (R) yang telah diketahui nilainya, sehingga diperoleh daya yang dapat dihasilkan oleh generator (Warsito dkk, 2011).

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit tenaga air didefinisikan sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan perubahan bentuk tenaga air dengan ketentuan memenuhi tinggi serta debit yang ditentukan sehingga menghasilkan listrik dengan memakai generator dan turbin air. Untuk menghitung dayanya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.1, (Bono, 2008).

$$P = 9{,}8\ \rho Q H \qquad (2.1)$$

dengan:

P = daya keluaran secara teoritis (watt);

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3);

Q = debit air (m^3/s);

H = ketinggian efektif (m).

Daya listrik yang dihasilkan, dihitung dengan mengalikan nilai efisiensi pembangkit dan nilai daya keluaran berdasarkan teori. Pada persamaan (2.1) dapat dilihat bahwa daya keluaran merupakan hasil perkalian antara tinggi jatuh dan debitair, sehingga keberhasilan PLTA tergantung pada upaya efektif dan ekonomis untuk memperoleh ketinggian serta debit air yang besar. Nanohidro merupakan salah satu istilah penyebutan bagi pembangkit listrik dengan memanfaatkan aliran air. Tidak semua aliran dapat digunakan dalam pembangkitan listrik, hanya air yang memiliki debit aliran dan ketinggian instalasi tertentu yang dapat digunakan. Semakin tinggi ketinggian serta laju alirannya maka jumlah energy listrik yang diperoleh juga tinggi. Jenis pembangkitan dengan tenaga air berdasarkan keluaran daya yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi enam yaitu sebagai berikut.

1) Pico-hydro : Daya yang dihasilkan antara ratusan watt hingga 5kW.
2) Micro-hydro : Daya keluaran antara 5kW hingga 100 kW.
3) Mini-hydro : Daya keluaran di bawah 1 MW tetapi di atas 100 kW.
4) Small-hydro : berkisar – 15 MW.

5) Medium-hydro : berkisar 15 – 100 MW.

6) Large-hydro : di atas 100 MW.

2.3 Pembangkit Listrik Nano Hidro

Pembangkit Listrik Nano Hidro (PLTNH) adalah sumber energi listrik yang terbarukan dan murah dari segi biaya tetapi pada umumnya saat ini masih menggunakan kontruksi sipil yang permanen serta bobot yang berat, maka dari itu belum bisa dimanfaatkan sebagai sumber penerangan yang bersifat sementara atau dapat dipindahkan (*moveable/portable*) (Triyono dkk., 2014).

Pada pedesaan dan daerah-daerah terpencil perlu ditingkatkan suatu sistem pembangkit listrik tenaga air yang skalanya lebih kecil dan sederhana (portable) untuk memenuhi kebutuhan energy listrik, untuk penyedia jaringan ataupun cadangan listrik. Pembangkit listrik Nanohidro *portable* atau biasa disebut dengan (PLTNH) portable merupakan sistem pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan tenaga air untuk penggerak utama seperti: aliran irigasi, aliran sungai maupun air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air (Bernad dan Putra, 2018).

Dasarnya pembangkit nanohidro memanfaatkan energi potensial jatuhan air (*head*). Jika semakin tinggi jatuh air maka semakin besar energi potensial air yang bisa diubah menjadi energi listrik. Selain faktor geografis, tinggi jatuh air bisa didapat dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi lebih tinggi (Myson dan Aritonang, 2020).

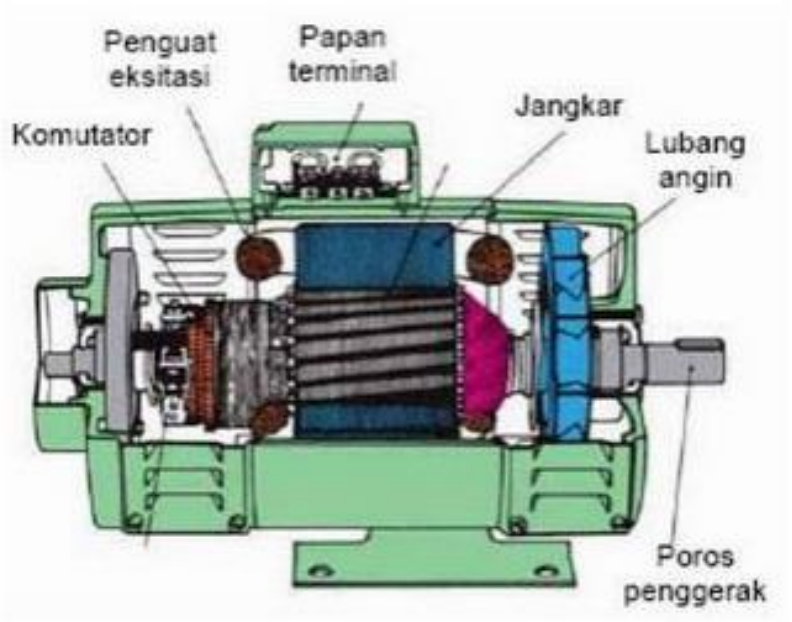
Energi mekanik yang disebabkan oleh putaran turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh generator. Nano Hidro biasa memanfaatkan jatuh tinggi air yang tidak terlalu besar, misal dengan jatuh tinggi air 2.5 meter dihasilkan energi listrik 400 watt (Hendar dan Unjang, 2007).

Relatif kecil energi listrik yang dibangkitkan pembangkit mikrohidro dibandingkan dengan PLTA yang berskala besar, dapat dilihat pada relatif sederhana peralatan serta kecilnya area yang dibutuhkan untuk instalasi dan

operasi nano hidro. Dengan demikian, salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi adalah pemberdayaan energi air yang berupa wilayah yang berpotensi untuk peningkatan pembangkit listrik tenaga air. Pengembangan pembangkit nanohidro diputuskan sebagai pilihan yang sesuai untuk penyediaan energi listrik di daerah terpencil dengan jumlah penduduk yang minim dan susah dijangkau oleh pemerintah (Sakura dkk, 2017).

3.4 Generator

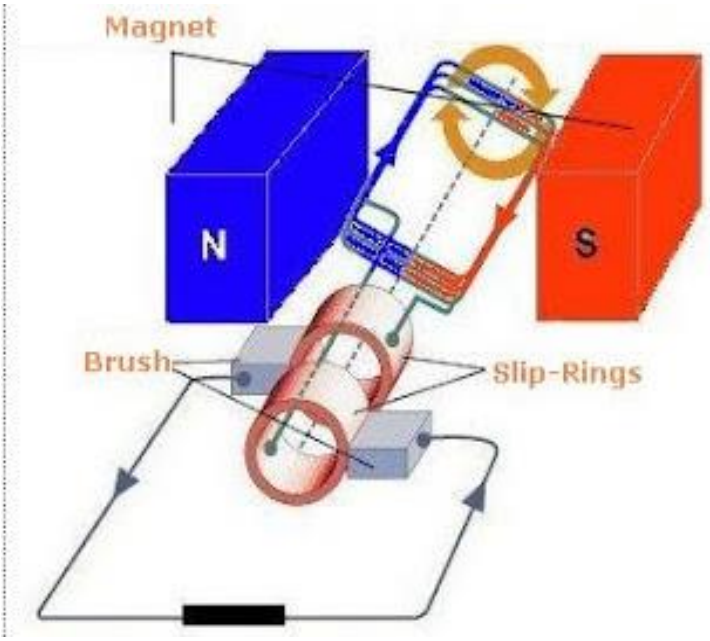
Generator merupakan suatu mesin yang berfungsi memperoleh energi listrik dengan sumber energi mekanik. Generator bekerja dengan memanfaatkan fenomena induksi elektromagnetik (Soebyakto, 2017). Generator dibagi dua berdasarkan jenis arusnya yaitu generator DC serta generator AC. Letak perbedaannya ialah pada generator DC menggunakan komutator, sedangkan pada generator AC menggunakan slip ring (Setiyo, 2017). Generator merupakan perangkat utama dalam pembangkit listrik. Generator akan mendorong muatan agar bergerak melalui sirkuit eksternal, tetapi listrik yang terdapat pada lilitannya bukan dihasilkan oleh generator. Sumber enegi mekanik yang digunakan dapat berbentuk aliran air melewati kincir air, resiprokat, turbin mesin uap, mesin pembakaran dalam, turbin angin, udara yang dimampatkan, dan lain-lain. Generator akan memberikan suplai energi lisrik sehingga beban dapat terpenuhi. Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 2.1 menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC.



Gambar 2.1 Konstruksi Generator DC (Dietzel, 1988).

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor (Priyawan, 2021).

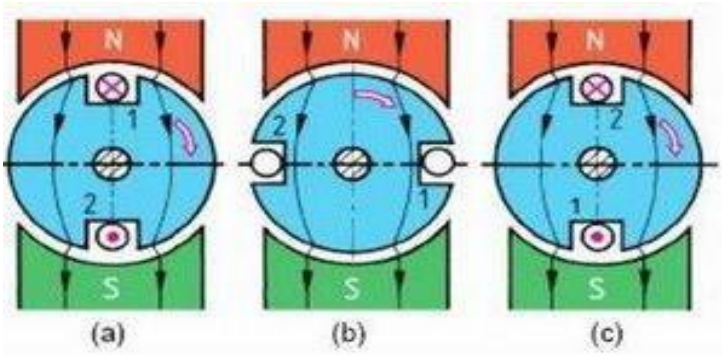
Konstruksi generator AC ini terdiri dari dua bagian utama *Stator*, yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik dan rotor merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnit yang menginduksikan ke *Stator*. Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name *plate* pada generator. Inti *Stator* yang terbuat dari bahan ferromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan *Stator*. Lilitan *Stator* yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Sedangkan, rotor berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).



Gambar 2.2 Konstruksi Genarator AC (Dietzel, 1988).

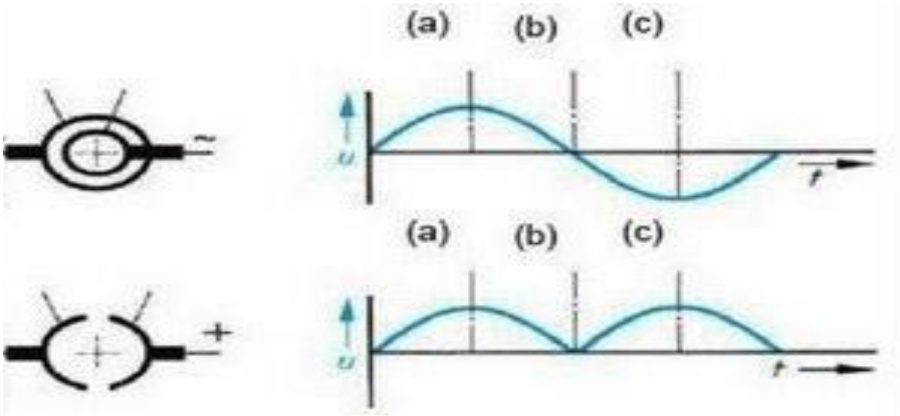
3.5 Prinsip Kerja Generator

Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara yaitu dengan dengan menggunakan cincin seret yang akan menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Kemudian dengan menggunakan komutator yang akan menghasilkan tegangan DC. Poros rotor merupakan tempat peletakan kumparan medan dimana pada poros rotor tersebut telah berbentuk slot-slot secara paralel terhadap poros rotor sehingga penempatan kumparan medan dapat diatur dengan rancangan yang dikehendaki. Proses pembangkitan tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3 dan gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.3. Pembangkitan tegangan induksi (Hasbullah, 2009).

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 2.3 (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 2.3. (b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



Gambar 2.4. Tegangan rotor yang dihasilkan melalui cincin seret komutator (Hasbullah, 2009)

Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip-ring berupa dua cincin (disebut juga dengan cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 2.4. pada bagian (a) maka dihasilkan listrik AC (arus bolak-balik) berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 2.4. pada bagian (b) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positip. Rotor dari generator DC akan menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Sebuah komutator berfungsi sebagai penyearah tegangan AC. Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC, sebanding dengan banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi (arus penguat medan) (Hasbullah, 2009).

3.6 Turbin

Turbin air menjadi salah satu bagian terpenting dalam pembangkit listrik tenaga air. Hal ini karena turbin air merupakan media konversi dari energi kinetik untuk

menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik dalam gerak rotasi untuk menggerakkan turbin dapat menghasilkan energi listrik melalui generator. Turbin air memanfaatkan air sebagai fluida kerja. Air yang terletak di keinggian tertentu mempunyai energi potensial sedangkan air pada aliran datar memiliki energi kinetik. Energi potensial akan diubah menjadi energi kinetik saat air mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Air yang mengalir akan digunakan untuk memutar turbin selanjutnya turbin menggerakkan generator hingga diperoleh energi listrik oleh generator. Parameter kincir air untuk yang bekerja pada head rendah berkisar antara 0,1 - 12 meter, dan debit air berkisar 0,005 - 5 m^3/s (Morong, 2015).

Kincir air merupakan sarana untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu: kincir air overshot, kincir air undershot, kincir air breathshot yang terdapat pada turbin air dari kedua tipe kincir memiliki kelebihan dan kekurangan.

2.7. Kincir Air Overshot

Kincir air overshot bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudut-sudut 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.

Gambar 2.5. Kincir air overshot (Triyono, dkk. 2014).

Keuntungan dari kincir air overshot adalah:

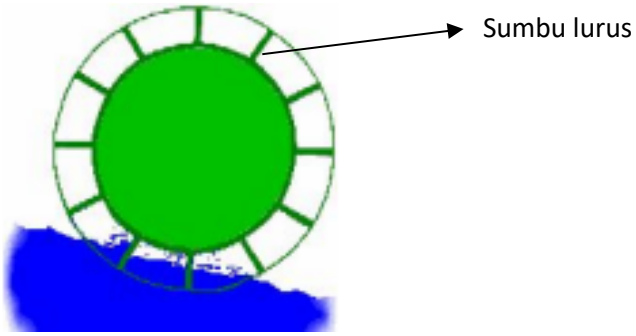
a) tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%;
b) tidak membutuhkan aliran yang deras;
c) konstruksi yang sederhana;
d) mudah dalam perawatan;
e) teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian dari kincir air overshot adalah:

a) karena aliran ini berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air,sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak;
b) tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi;
c) membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan;
d) daya yang dihasilkan relatif kecil.

2.8. Kincir Air Undershot

Kincir air undershot bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudut yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe undershot tidak mempunyai tambahan keuntungan dari *head*. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan ”*Vitruvian*”. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Prinsip kerja dari kincir air tipe undershot adalah ketika aliran sungai/aliran air menumbuk salah satu dari blade, maka blade akan bergerak mengikuti arah aliran air dan secara bergantian masing-masing blade akan tertumbuk oleh aliran air sehingga kincir air akan memutarkan poros, dimana poros dari kincir akan dihubungkan dengan generator, sehingga generatorakan berputar dan menghasilkan listrik. Kincir air undershot merupakan kincir airyang paling sederhana dari semua jenis kincir. Pada dasarnya kincir air undershot memiliki efisiensi maksimum 25%. Dari semua jenis kincir, jenis kincir undershot dapat dikatakan yang paling mudah pengoperasiannya dan memiliki biaya operasional yang paling murah (McGuigan, 2000).



Gambar 2.6. Kincir air *undershot* (Triyono, dkk. 2014).

Keuntungan dari kincir air *undershot* adalah:

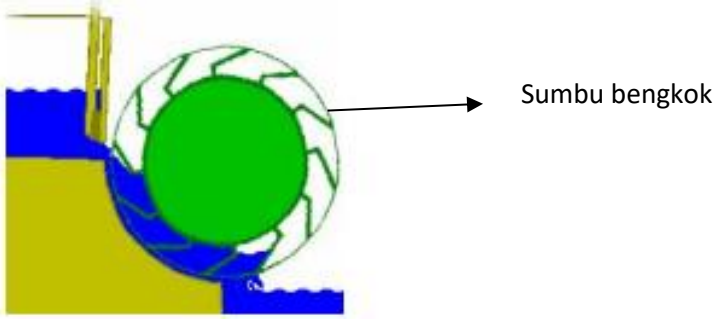
a) konstruksi lebih sederhana;
b) lebih ekonomis;
c) mudah untuk dipindahkan.

Kerugian dari kincir air *undershot* adalah:

a) efisiensi kecil;
b) daya yang dihasilkan relatif kecil.

2.9. Kincir Air Breastshot

Kincir air *breastshot* merupakan perpaduan antara tipe overshot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe undershot.



Gambar 2.7. Kincir air *breastshot* (Triyono, dkk. 2014).

Keuntungan dari kincir *breastshot* adalah:

a) tipe ini lebih efisien dari tipe undershot;
b) dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek;
c) dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

Kerugian dari kincir *breastshot* adalah:

a) sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit);
b) diperlukan dam pada arus aliran datar;
c) efisiensi lebih kecil dari pada tipe *overshot*.

2.10. Kreteria Pemilihan Turbin

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada *head* air yang didapatkan dan rata-rata alirannya. Turbin impuls digunakan untuk tempat dengan *head* tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan *head* rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan *head* efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran.Turbin kecil (umumnya dibawah 10 MW) mempunyai poros horisontal, kadang dipakai juga pada kapasitas turbin mencapai 100 MW. Turbin Francis dan turbin Kaplan biasanya mempunyai poros atau sudut vertikal karena ini menjadi penggunaan paling baik untuk *head* yang didapatkan membuat instalasi generator lebih ekonomis. Poros turbin Pelton bisa vertikal maupun horizontal karena ukuran turbin lebih kecil dari head yang didapat atau tersedia. Beberapa turbin impuls menggunakan beberapa semburan air, tiap semburan untuk meningkatkan kecepatan spesifik dan keseimbangan gaya poros. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, sebagai berikut.

a. Faktor tinggi jatuhan air efektif *(Net Head)* dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh: turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, sementara turbin *propeller* sangat efektif beroperasi pada head rendah.

b. Faktor daya *(Power)* yang diinginkan berkaitan dengan *head* dan debit yang tersedia.

c. Kecepatan *(Putaran)* turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi *directcouple* antara generator dengan turbin pada head rendah, sebuah turbin reaksi *(propeller*) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (*lowspeed)* yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi. Ketiga faktor *(nethead, power* dan putaran) diatas sering kali diekspresikan sebagai ”kecepatan spesifik, Ns.”

d. Kecepatan Spesifik (N_S)

Yang dimaksud dengan kecepatan spesifik dari suatu turbin ialah kecepatan putaran *runner* yang dapat dihasilkan daya efektif untuk setiap tinggi 1 meter atau dengan rumus dapat ditulis.

$$N = \frac{n_{11}}{D}\sqrt{H_{net}} \tag{2.2}$$

$$Ns\frac{N\sqrt{P}}{Hefs^{5/4}} \tag{2.3}$$

dengan:

N_S = kecepatan spesifik turbin (rpm);

N = kecepatan putaran turbin (rpm);

H_{efs} = tinggi jatuh efektif (m);

P = daya turbin output (kW).

Sebagai pedoman untuk mengetahui daya yang dapat dihasilkan pada studi kelayakan pembangunan PLTNH, secara umum dapat dipakai pedoman rumus pada persamaan 2.3 (Fox dan McDonald, 1995).

$$P = \rho Q H \eta g \tag{2.4}$$

dengan:

P = daya turbin (watt);

Q = debit air (m^3/s);

ρ = massa jenis air (kg/m^3);

g = gaya grafitasi (m/s^2);

H = efektif head (m);

η = efisiensi turbin (%).

Setiap turbin air memiliki nilai kecepatan spesifik masing-masing, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kecepatan spesifik untuk jenis turbin

Jenis Turbin	Kecepatan pesifik
Pelton dan kincir air	10-35rpm
Francis	60 – 300 rpm
Cross-Flow	40 – 200 rpm
Kaplan dan propeller	250 – 1000 rpm

e. Berdasarkan *Head* dan Daya yang dibangkitkan

Dalam hal ini pengoperasian turbin air disesuaikan dengan potensi *head* dan debit sebagai berikut.

a) *Head* yang rendah yaitu dibawah 1 sampai 70 meter tetapi debit air yang besar, maka *Turbin Kaplan* atau *propeller* cocok digunakan untuk kondisi seperti ini.

b) *Head* yang sedang antara 1 sampai 200 meter dan debit relatif cukup, maka untuk kondisi seperti ini gunakanlah *Turbin Francis* atau *Crossflow*.

c) *Head* yang tinggi yakni di atas 45 hingga 1000 meter dan debit sedang, maka gunakanlah turbin impuls jenis *Pelton*.

2.11. Parameter Perancangan Turbin

Ada tujuh parameter utama dalam perancangan turbin yaitu sebagai berikut.

a. Kecepatan aliran masuk Kecepatan aliran masuk (V) dapat dihitung dengan persamaan Fj. Mock:

$$V_{air} = Kv\sqrt{2}gH \tag{2.5}$$

dengan:

V = kecepatan aliran masuk (m/s);

Kv = Konstanta (0,98);

g = Percepatan gravitasi (m/s);

H = Head (m).

b. Kecepatan keliling aliran masuk.

Kecepatan keliling aliran masuk *(u)* dapat dihitung dengan persamaan *F.J. Mock*:

$$u = 0{,}481\ v \tag{2.6}$$

dengan:

u = Kecepatan keliling aliran masuk(m/s);

v = Kecepatan aliran dalam pipa(m/s).

$$Q = \frac{V}{t} \tag{2.7}$$

dengan:

Q = Debit air (m^3/det);

t = waktu (s);

A = Luas penampang pipa(m^2).

Kecepatan aliran (v) dapat diketahui melalui pengukuran langsung di lapangan sedangkan luas penampang dihitung dengan persamaan:

$$A = \pi r^2 \tag{2.8}$$

dengan:

r = jari-jari (m^2)

Tabel 2.2 Persamaan *headloss* nanohidro

Jenis Turbin *Headloss*	**Persamaan**
Penyempitan	$hc = Kc\frac{v_2^2}{2g}$
Headloss Mayor	$hf = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g}$
Headloss Minor	$hm = f\frac{v_2^2}{2g}$
Headloss Bending	$hb = Kc\frac{v_2^2}{2g}$

(Situmorang, 2008).

e. Diameter turbin

Diameter turbin (D_t) dapat dihitung dengan persamaan:

$$D_t = \frac{4\,\Omega}{\pi\ \omega} \tag{2.9}$$

dengan:

Dt = Diameter turbin (m);

Ω = Jumlah putaran turbin per menit (rpm).

f. Jumlah sudu

Sudu pada turbin disusun secara melingkar menempel pada dinding samping turbin dengan jarak yang sama. Jumlah sudu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$n = \frac{\pi\ Dt}{t} \tag{2.10}$$

dengan :

n = Jumlah sudu ;

t = Jarak antar sudu (m).

jarak antar sudu (*t*) dihitung dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{k\ Dt}{\sin\theta} \tag{2.11}$$

$$\sin\theta = k\ Dt \tag{2.12}$$

dengan :

k = Konstanta = 0,13;

θ = Sudut yang terbentuk oleh sudu lengkung dengan sumbu vertikal poros.

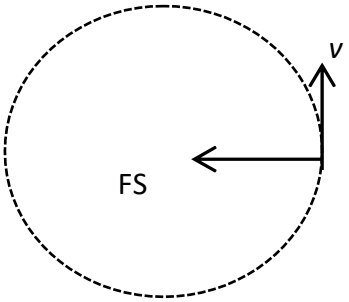
2.12. Gerak Melingkar

Gerak melingkar merupakan gerak yang memiliki lintasan berbentuklingkaran dengan kecepatan sudut dan kecepatan linier konstan. Waktu satu putaran disebut periode *T*, sedang jumlah putaran setiap detik disebut frekuensi *f*. Hubungan antara periode *T* dan frekuensi *f* dinyatakan sebagai.

$$T = \frac{1}{f} \tag{2.13}$$

T = periode (s);

f = frekuensi (Hz).



Gambar 2.8. Rangkaian roda satu

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi f R = \omega R \qquad (2.14)$$

v = kecepatan (m/s);

ω = radial (s);

R = jari-jari bergerak (m).

Benda bermassa *m*, kecepatan linier *v*, dengan jari-jari *R* bergerak melingkar beraturan dengan gaya sentripetal F_s, besarnya.

$$F_S = m\frac{v^2}{R} \qquad (2.15)$$

m=massa (kg);

v=kecepatan *linier (m/s);*

F_s=gaya (N).

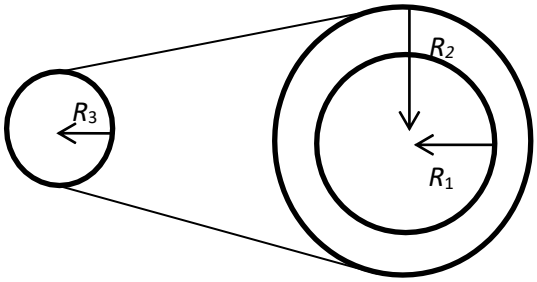
Besar percepatan sentripetal a_s pada gerak melingkar yaitu.

$$a_s = \frac{v^2}{R} \qquad (2.16)$$

v= kecepatan (m/s);

a_s= percepatan (m/s^2).

Beberapa roda dapat dirangkai atau dihubungkan seperti Gambar 2.9



Gambar 2.9. Rangkaian roda dua.

Dua roda yang sepusat (satu poros) R_1 dan R_2, kecepatan sudut *(ω)* sama,

kecepatan linier *(v)* berbeda.

$$\omega_1 = \omega_2 = \frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2} \tag{2.17}$$

Dua roda yang dihubungkan tali roda R_2 dan R_3, kelajuan linear keduanya sama, kecepatan sudutnya berbeda.

$$v_2 = v_3$$

$$\omega_2 R_2 = \omega_3 R_3 \tag{2.18}$$

(Giancoli, D.C., 2005)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu danTempat Penelitian

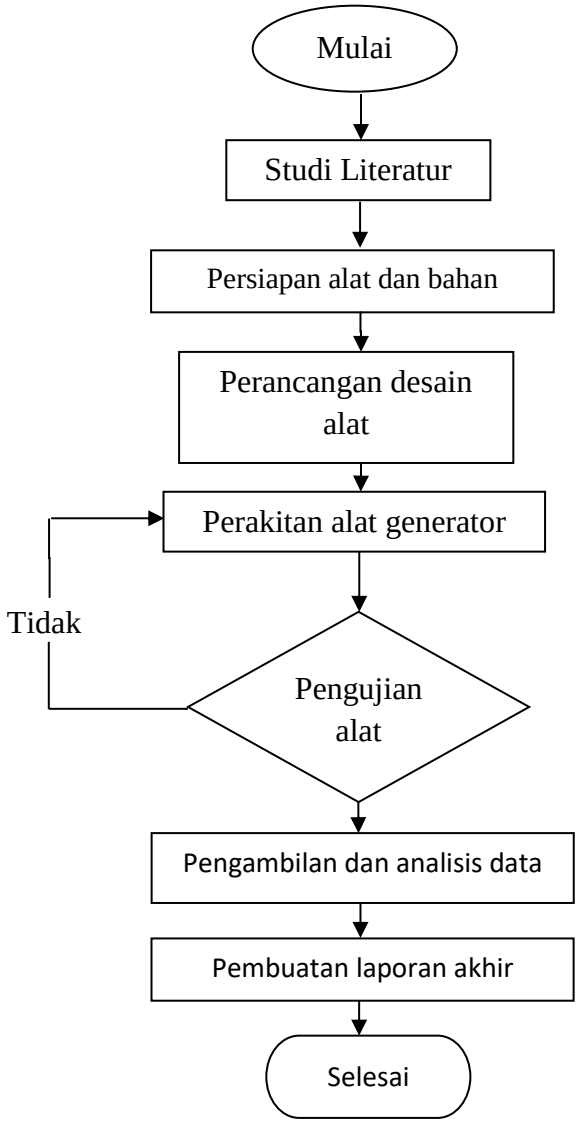
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Pengambilan data dilakukan di Desa Setia Bumi Kecamatan Seputih Banyak Lampung Tengah pada bulan September 2022 sampai Maret 2023.

3.2 Alat dan Bahan

1. Generator DC yang digunakan sebagai pembangkit energi listrik.
2. Turbin air yang digunakan sebagai penggerak generator.
3. Pipa PVC digunakan sebagai pelampung.
4. Lampu pijar digunakan sebagai alat uji.
5. Multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan.
6. Tachometer digunakan untuk mengukur rpm kincir air pada generator.
7. Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu.
8. Kawat strimin sebagai tempat penyaring sampah
9. Akrilik, besi siku,dan lem digunakan sebagai penutup dan perekat.

3.3 ProsedurPenelitian

Prosedur yang dapat dilakukan pada penelitian ini yaitu perancangan dan analisis generator nanohidro .

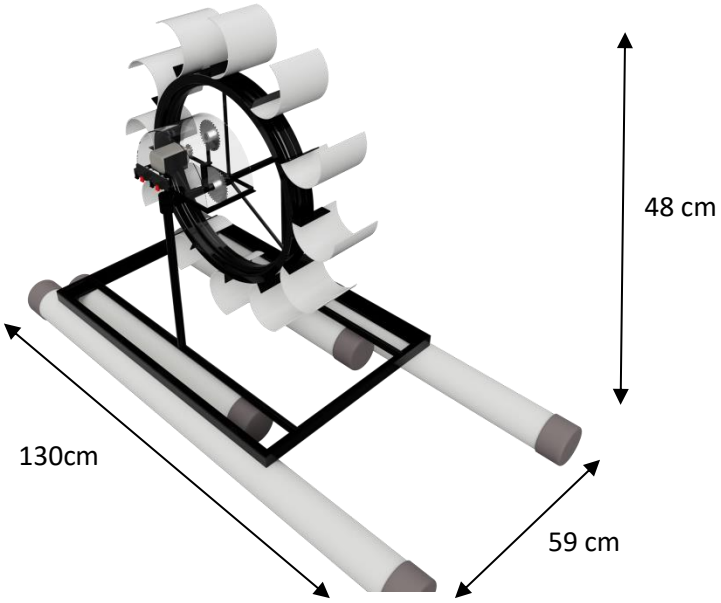


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Perancangan dan Analisis Generator

Perancangan yang akan dilakukan meliputi pembuatan kotak, kincir air dan pengujian. Rancangan yang paling utama adalah membuat rangkaian kotak sebagai wadah untuk generator dan turbin air. Tahap berikutnya, penulis merancang produk yang akan dibuat berupa desain rupa produk dan sistem yang akan dibangun. Desain produk dirancang kedalam bentuk purwarupa berupa gambar 3.2 dimensi yang dibuat menggunakan software desain. Selanjutnya, melakukan perancangan

fungsi dan fitur yang akan dikembangkan serta pemilihan material yang akan digunakan pada alat.



Gambar 3.2 Desain pembangkit listrik nanohidro

Rancangan generator yang akan digunakan pada penelitian ini memiliki beberapa komponen utama sebagai berikut.

1) Magnet: adalah suatu benda atau bahan yang dapat menghasilkan atau menimbulkan garis-garis gaya magnet seperti tarik menarik magnet yang akan digunakan yaitu magnet permanen yang memiliki 6 pasang kutub magnet pada sumbu as yang berputar.
2) Kumparan *(coil)*: adalah ukuran bagi arus yang dibawa oleh kumparan tersebut kumparan yang akan digunakan terbuat dari tembaga dan dibuat sebanyak 6 kumparan dan setiap kumparan terdiri dari 300 lilitan.

3) Batang besi sebagai sumbu *as.*

4) *Bearing:* adalah bahan sebagai penyangga sumbu generator.

5) Turbin: adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin yang akan dirancang langsung terhubung dengan sumbu generator.

3.4 Rancangan Data Hasil Penelitian

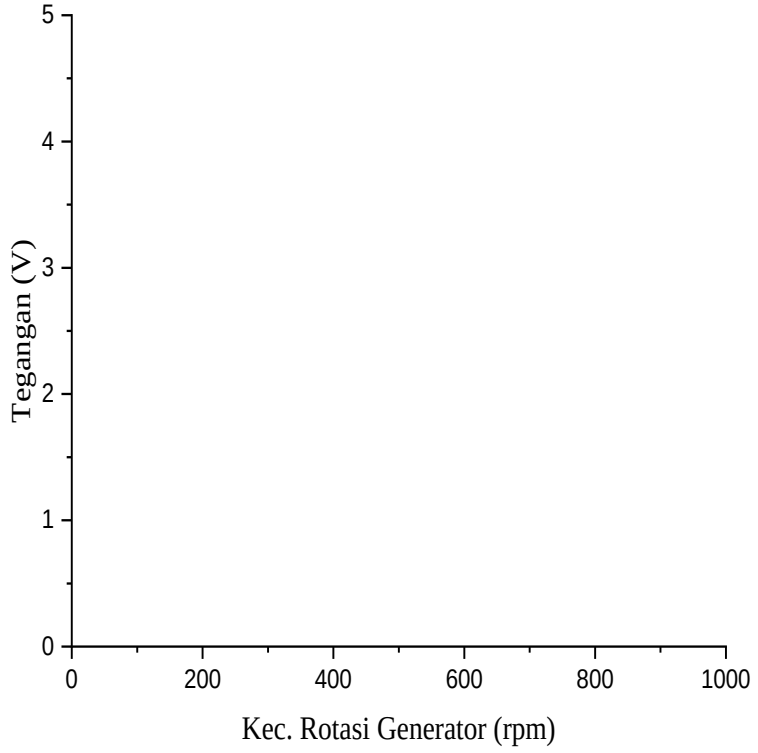
Data pengamatan yang diambil yaitu memanfaatkan energi gerak pada putaran kincir yang nantinya akan diubah oleh generator menjadi energi listrik. Untuk melakukan pengujian, generator akan diuji menggunakan motor penggerak. Data pengujian generator dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Data pengujian keluaran yang dihasilkan generator

No	Waktu (s)	Kecepatan Rotasi Turbin (rpm)	Kecepatan Rotasi Generator (rpm)	Tegangan (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
	Jumlah			
	Rata-rata			

Penelitian generator nanohidro ini menggunakan lampu LED yang memiliki daya sebesar 12 watt dan tegangannya sebesar 12 volt. Pengambilan data yang telah dilakukan berupa tegangan yang dihasilkan generator, kecepatan rotasi turbin, kecepatan rotasi generator yang dihasilkan. Pengukuran tegangan diukur dengan multimeter digital, sedangkan nilai kecepatan rotasi turbin (rpm), kecepatan rotasi

generator (rpm) menggunakan tachometer. Untuk pengambilan data tegangan generator dengan menggunakan multimeter digital membutuhkan waktu selama 40 detik setiap 2 detik sekali.



Gambar 3.3 Grafik perbandingann antara tegangan dan kecepatan rotasi

Dari data tersebut akan diperoleh hasil analisa berapa jumlah tegangan minimum dan maksimum dari generator untuk menghasilkan untuk menghasilkan energi listrik sehingga dapat menghidupkan lampu 12v yang di gunakan pada penelitian ini.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Daya apung pada generator DC nanohidro yang dibuat mampu menahan beban alat dengan baik dan seimbang.
2. Rancang bangun generator nanohidro yang dibuat mampu bekerja dengan baik dan konstan selama kincir berputar, ini dibuktikan pada pengambilan data dalam waktu 20 menit setiap 60 detik menghasilkan tegangan sebesar 19,02 volt sampai 19,46 volt.
3. Kecepatan rotasi turbin yang dihasilkan pada percobaan ini bernilai konstan dalam waktu 20 menit rata-rata 30,1 (rpm).
4. Kecepatan rotasi generator mampu berputar 3 kali lipat dengan rotasi turbin dengan adanya gear box dengan menghasilkan rata-rata 104,4 (rpm).
5. Daya yang dihasilkan dari keluaran generator dengan tegangan DC mampu menyalakan lampu DC 3 watt sampai 9 watt.

Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya, maka disarankan sebagai berikut.

1. Untuk mempercepat aliran air sebaiknya di tambahkan luas penampang turbin sehingga dapat memutar turbin dengan lebih maksimal.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan penyimpanan daya yang dihailkan generator menggunakan batrai litium dengan penyimpanan maksimal dengan menggunakan rangkain *charge*r.

DAFTAR PUSTAKA

Bernad, A., & Putra, E. 2018. *Analisis Perhitungan Efisiensi Daya Dengan Mengukur Besarnya Debit Aliran Air dan Ketinggian (Head) Air Yang Jatuh Di Plta Saguling Bandung Analisis Perhitungan Efisiensi Daya Dengan Mengukur Besarnya Debit Aliran Air Dan Ketinggian (Head) Air*. Skipsi. Institus Teknologi Bandung

Bono dan Indarto. 2008. *Karakterisasi daya turbin Pelton mikro dengan variasi bentuk sudu. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*. IST AKPRIND Yogyakarta.

Dimyati, A.M. 2015. Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Desa Setren Kecamatan Slogoimo Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Emitor*. Vol. 15. No. 2.

Douglas C., Giancoli. 2007. *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta. Erlangga.

Fritz Dietzel. 1988. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.

Fox, R. W, and Mc Donald, A.T. 1995. *Introduction To Fluid Machanics*. John Wiley & Sons. New York.

Hasbullah. 2009. *Dasar – Dasar Ilmu Pendidikan*. Jakarta: Raja Persada.

Hendar dan Ujang. 2007. *Desain, manufacturing dan instalasi turbin propeller open flume 125 mm di C.V. Cihanjuang Inti Teknik Cimahi-Jawa Barat. Bogor*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

McGuigan JE. 2000. *Ulkus Peptikum dan Gastritis, Dalam Isselbacher KJ, Braunwald E, Wilson JD, Martin JB, Fauci AS, Kasper DL. Prinsip-Prinsip Ilmu Penyakit Dalam*. (Edisi kedua). Jakarta: EGC.

Morong, Junaedy Yohanes. 2016. *Rancang Bangun Kincir Air Irigasi sebagai Pembangkit Listrik di Desa Telawan*. Politeknik Negeri Manado. Manado

Myson, M., & Aritonang, A. 2020. Generator DC 12 VOLT dengan Kapasitas 270 Watt untuk PLTMH Dijalan Bintara Sungai Duren Kecamatan Jambi Luar Kota Kabupaten Muara Jambi. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 2(1), 16. https://doi.org/10.33087/jepca.v2i1.25

PLN. 2019 "*Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Perusahaan Listrik Negara (PLN) tahun 2019-2028*".

Priyawan, Lukas Galih. 2021. *Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portable Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta

Ridwan, M. 2021. *Desain Generator Nanohidro Mudah Dibawa untuk Penerangan Di Daerah Pegununga*. Skripsi. Universitas Lampung.

Sakura, A., Supriyanto, A., & Surtono, A. 2017. Rancang Bangun Generator Sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro. Universitas Lampung. Perencanaan dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh). *Jurnal Teknik Elektro, 7(01)*.

Setiyo, Muji. 2017. *Listrik dan Elektronika Dasar Otomotif (PDF).* Magelang: Unimma Press. hlm. 106. ISBN 978-602-51079-0-0.

Situmorang, S. H. 2008. *Analisis Data Penelitian. Cetakan Kedua*. Medan: USU Press.

Soebyakto. 2017. *Fisika Terapan II*. Universitas Pancasakti Tegal. Tegal.

Triyono, B., Haryadi, & Nurega, P. 2014. *Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Head Rendah dan Portable*. Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, 2008, 42–43 Soebyakto, 48-49, 2017.

Warsito, Sri Wahyuni, S. dan Wildan Khoiron, 2011, Realisasi dan Analisa Sumber Energi Baru Terbarukan Nanohidro Dari Aliran Air Berdebit Kecil. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vol. 1. (1); 15-21.