

**RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO JENIS TURBIN TURGO**



Disusun oleh:

Huda Setya Prayoga

15524006

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
PIKOHIDRO JENIS TURBIN TURGO**

TUGAS AKHIR

ISLAM

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh:

**Huda Setya Prayoga
15524006**

Yogyakarta, 27 Agustus 2019

Menyetujui,

Pembimbing



**Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.
155241302**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO JENIS TURBIN TURGO

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Huda Setya Prayoga

15524006

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 10 September 2019

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Setyawan Wahyu Prayomo S.T., M.T. _____

Anggota Penguji 1: Firmansyah Nur Budiman S.T., M.Sc. _____

Anggota Penguji 2: Husein Mubarak S.T., M.Eng. _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 17 September 2019

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Yusuf Aziz Amrullah S.T., M.Eng., Ph.D.

NIK. 045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 16 September 2019

Huda Setya Prayoga

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, tidak lupa juga shalawat serta salam kita panjatkan pada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menjadi pribadi yang lebih baik. Berkat pemberian rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO JENIS TURBIN TURGO” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa selama proses penelitian hingga laporan tugas akhir ini mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terimakasih serta doa penulis disampaikan kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang memberikan doa, semangat, nasihat, dan dukungan selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrullah S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan serta ilmu selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro UII atas segala ilmu yang diajarkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir.
5. Saudara-saudara Teknik Elektro angkatan 2015 yang telah banyak membantu dan memberikan kontribusi dalam penelitian dan laporan tugas akhir.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua orang maupun bagi penulis sendiri,
Amin ya rabbal'alamin.

Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 16 September 2019

Huda Setya Prayoga

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

PLTPH	Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro
V	Tegangan
V _p	Tegangan Primer
V _s	Tegangan Sekunder
P	Daya
I	Arus
F / Hz	Frekuensi / Herzt
RPM	Revolutions Per Minute
AC	Alternating Current
L	Liter
M	Meter
°C	Derajat Celcius
N	Kecepatan Putar
P	Jumlah Kutub Magnet

ABSTRAK

Kebutuhan pasokan listrik masyarakat di Indonesia untuk saat ini sangatlah besar jumlahnya. sumber energi penggerak pada sistem pembangkit listrik yang berasal dari bahan bakar fosil tidak mencukupi atau terbatas penggunaannya. Turbin air dapat dimanfaatkan sebagai penggerak mula.. Turbin turgo adalah turbin bertipe turbin impuls yang dapat digunakan dalam head 15 m hingga 300 m. Semburan air dari nosel diatur dengan sudut 20° - 30° dari sudu turbin. Dilakukannya penelitian mengenai energi alternatif bertujuan untuk mengetahui sistem kerja dari pembangkit listrik jenis turbin turgo. Serta bermanfaat kepada para peneliti berikutnya yang akan membahas mengenai turbin turgo lebih dalam.

Pembuatan purwarupa pembangkit listrik menggunakan pompa air sebagai alat untuk mengalirkan air dan turbin yang berguna untuk penggerak dari generator. Generator yang digunakan berasal dari motor mesin cuci *inverter direct drive* yang berjenis radial. Output dari generator yang bernilai AC akan di step up oleh trafo untuk diubah menjadi 220 volt AC. Hasil dari output yang terhubung dengan beban memiliki nilai tegangan dan arus yang telah sesuai dengan kriteria dari trafo step up. Tegangan maksimal yang dihasilkan ketika setelah distep up bernilai 195,2 volt AC dan frekuensi sebesar 52,30 Hz. Dalam kondisi tanpa berbeban, *output* generator yang telah di *step up* oleh trafo memiliki nilai maksimum pada kecepatan putar generator sebesar 128,6 RPM yaitu tegangan sisi primer 14,53 Volt AC, tegangan sekunder 195,2 Volt AC dan frekuensi 52,3 Hz. Sedangkan ketika diberikan beban bervariasi 1-12 Watt kecepatan putar generator menurun dari 128,6 RPM hingga 52,7 RPM, tegangan menurun dari 195,2 Volt AC hingga 73,5 Volt AC dan frekuensi 52,3 Hz hingga 20,7 Hz. Pout turbin sebesar 120,4 Watt. Nilai daya output generator sebesar 10,3098 Watt. Sehingga didapatkan nilai efisiensi dari alat yang dibuat sebesar 8,58 %.

Setelah mendapatkan beban, nilai arus meningkat. Hal tersebut mengakibatkan putaran generator akan menjadi berat dikarenakan generator harus berkerja lebih untuk menyuplai listrik ke beban. Penanganan yang harus dilakukan yaitudengan menambahkan alat yang bernama *governor* yang berfungsi untuk menyesuaikan debit air yang menjadi penggerak mula secara otomatis ketika beban bertambah.

Kata kunci: Konversi Energi. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro, Turbin Turgo.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Literatur	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	4
2.2.2 Turbin Air	4
2.2.3 Generator	5
2.2.4 Turbin Turgo.....	5
2.2.5 Transformator	7
BAB 3 METODOLOGI.....	8
3.1 Alat dan Bahan.....	8

3.2 Alur Penelitian	8
3.3 Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro.....	9
3.4 Diagram Alir Perancangan Pikohidro.....	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator	16
4.2 Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator.....	17
4.3 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan	21
4.4 Hasil <i>Output</i> Generator telah <i>distep up</i> Terhubung Dengan Beban	23
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Air[3]	4
Gambar 2.2 Posisi Keluarnya Air [5].....	6
Gambar 2.3 Desain Awal Turbin Turgo [3]	6
Gambar 2.4 Skema Trafo Step Up	7
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	8
Gambar 3.2 kerangka dari prototype pembangkit listrik.....	10
Gambar 3.3 Pompa Sirkulasi Air	11
Gambar 3.4 Tempat Penampungan Air	11
Gambar 3.5 Bentuk Turbin Turgo.....	12
Gambar 3.6 Dinamo Mesin Cuci <i>Direct Drive front loading LG</i>	12
Gambar 3.7 Transformator atau Trafo <i>Step up</i>	13
Gambar 3.8 Diagram Alir Perancangan Pikohidro	14
Gambar 3.9 Prototipe PLTPH Turbin Turgo	15
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator	17
Gambar 4.2 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan Generator.....	20
Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Frekuensi Generator.....	20
Gambar 4.4 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Generator.....	21
Gambar 4.5 Diagram Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan.....	22
Gambar 4.6 Diagram Pengaruh Beban Terhadap Tegangan, Frekuensi dan RPM.....	23
Gambar 4.7 Grafik Arus Terhadap Tegangan	25

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa air	10
Tabel 3.2 Spesifikasi Trafo Tegangan.....	13
Tabel 4.1 Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator.....	16
Tabel 4.2 Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator	19
Tabel 4.3 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan	22
Tabel 4.4 Hasil <i>Step up Output</i> Generator Terhubung Dengan Beban	23

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan energi listrik berbahan bakar fosil tidak lepas dari kehidupan sehari-hari, namun energi fosil semakin hari semakin berkurang jumlahnya. Sehingga ada suatu keinginan untuk mencari sumber energi alternatif dalam pembangkitan energi listrik. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan yaitu berupa air. Sebab ketersediaan air di bumi tidak akan pernah habis.

Melihat dari siklus pergerakan air yakni air mengalir dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah. Dari pergerakan air tersebut dapat dimanfaatkan sebagai energi untuk memutar turbin generator pada suatu pembangkit pikohidro. Pemanfaatan air sebagai energi alternatif dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan laju aliran air yang dipengaruhi oleh ketinggian yang ada di Indonesia.

Pemanfaatan laju air dari suatu aliran dapat menggunakan metode turbin turgo. Dengan menggunakan metode tersebut, air bertekanan di alirkan menggunakan pipa yang mengarah pada turbin sebagai penggerak mula dari sistem pembangkit listrik. Turbin air yang digunakan pada sistem pembangkitan berguna sebagai penggerak mula yang mengubah energi air yang terdiri dari energi kinetik, energi potensial dan tekanan menjadi energi mekanik pada poros turbin. Putaran pada poros turbin tersebut akan dihubungkan langsung ke generator. Generator sebagai perangkat yang bertugas menkonversikan menjadi energi listrik.

Pemilihan turbin turgo pada jenis turbin yang digunakan pada sistem pembangkit listrik ini sama cara kerjanya dengan turbin pelton namun bentuk sudu dari turbinnya berbeda. Dengan memanfaatkan tekanan dari dorongan air akan memutar turbin. Keunggulan dari turbin turgo dibandingkan dengan turbin pelton yaitu dikarenakan memiliki kecepatan putar yang lebih tinggi. Kecepatan putar yang tinggi dapat diperoleh dari jumlah sudu yang tersusun banyak.

Oleh karena itu didalam penelitian ini akan dirancang sebuah rancang bangun purwarupa sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan turbin turgo.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancang bangun purwarupa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro jenis Turbin Turgo?

1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan sistem pembangkit listrik berskala purwarupa
2. Sumber air pada alat ini menggunakan pompa air, sehingga tekanan air masih lemah dengan sistem buka *valve* secara manual.
3. Generator menggunakan motor berjenis radial dari mesin cuci *Direct Drive* LG sehingga memiliki tegangan yang kecil dan frekuensi tinggi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro jenis Turbin Turgo yang dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan acuan dalam merancang dari sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan turbin turgo.
2. Memberikan gambaran dan peluang kepada peneliti-peneliti untuk mengkaji dan mengembangkan pembangkit listrik tenaga pikohidro jenis turbin turgo lebih dalam.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pemanfaatan energi air yang bertipe memiliki tekanan air dapat menggunakan metode turbin impuls, dengan memanfaatkan energi air tersebut yang nantinya air akan melalui pipa pesat yang diarahkan ke turbin sebagai gerak mula pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro.

Berikut ini hasil penelitian yang membahas tentang perkembangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro yang menjadi referensi dalam pembuatan uji bangun turbin turgo. Seperti pada sebuah analisa penelitian dari energi air di Indonesia. Negara Indonesia termasuk negara yang memiliki energi air yang cukup besar sekitar 75.650 MW, 6% nya telah dikembangkan dalam berbagai penelitian terutama pada lokasi yang berada di luar pulau Jawa dan Bali yang dimana memanfaatkan energi air untuk mendistribusikan listrik ke daerah daerah terpencil. Dengan membangun instalasi berskala pikohidro akan membantu pasokan aliran listrik ke daerah terpencil yang masih belum terjangkau Perusahaan Listrik Negara. Dengan memanfaatkan aliran air, sistem pembangkit listrik berskala pikohidro dapat membantu masyarakat pedalaman [1]. Dengan adanya penelitian mengenai potensi sistem pembangkit listrik yang ada di indonesia, dapat menjadikan masukan kepada pemerintah yang ingin mensejahterakan masyarakat. Sebab masih banyak masyarakat yang membutuhkan listrik untuk menunjang kehidupan sehari hari.

Penelitian berikutnya membahas mengenai energi kinetik dari air yang dimanfaatkan sebagai energi mula pada sistem pembangkit listrik. Pemanfaatan energi air sudah banyak digunakan, akan tetapi cenderung memanfaatkan energi potensial dari air. Pada penelitiannya, energi kinetik dari air dimanfaatkan sebagai penggerak mula pada turbin, dan nantinya turbin akan satu poros dengan generator yang menjadikan *output* generator yaitu aliran listrik [2].

Menurut Anagnostopoulos John S dan Papantonis Dimitrios E dalam penelitiannya yang berjudul "*Flow Modeling and Runner Design Optimization in Turgo Water Turbines*". Turbin turgo sangat cocok untuk untuk menggantikan Pelton atau turbin Francis dengan *head* tinggi. Turbin turgo sendiri dapat digunakan dalam tingkatan *head* sedang hingga tingkat *head* tinggi, dari 15-300 m. Karena itu turbin Turgo merupakan solusi terbaik untuk laju aliran air yang besar secara variasi. Selain itu, dapat di operasikan untuk jangka waktu yang lama maupun minimum [3]. Menurutny, turbin Turgo dan turbin Pelton sama saja kerjanya, yang membedakan yaitu bentuk dari sudu turbin saja yang berbeda. Turbin turgo yang memiliki bentuk yang lebih rapat antar sudunya menjadikan energi input dari tekanan air diterimanya lebih efisien dibandingkan dengan turbin Pelton.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

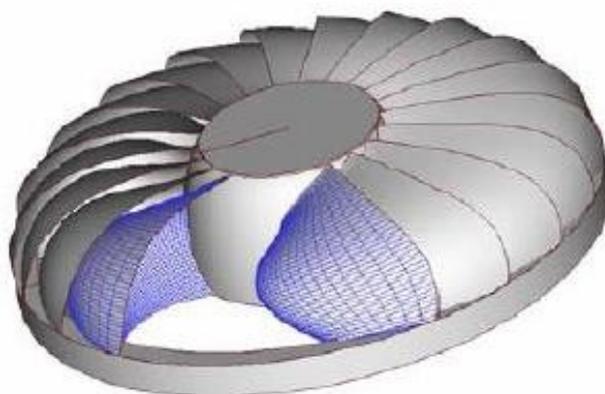
Pikohidro yaitu pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai daya *output* dari ratusan Watt hingga 5kW. Pembangkit listrik tenaga pikohidro biasa disebut *clean energy* sebab sistem yang digunakan dari alam bersifat ramah lingkungan. Keluaran dari sistem pembangkit air langsung keluar berupa air seperti semula, sehingga dapat dibangun di lingkungan masyarakat. Seperti pada aliran sungai, maupun saluran irigasi sawah.

Energi air yang dimanfaatkan berasal dari aliran sungai atau danau yang dibendung dan dari ketinggian tertentu serta debit air yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuh air, maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Sistem pembangkit listrik termasuk dalam sistem konversi energi, dengan menggunakan turbin air dan generator[4].

Secara teknis, Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro memiliki tiga komponen inti dalam sistem pembangkitannya yaitu energi air yang berguna sebagai energi penggerak mula, turbin air yang berguna sebagai alat perubah energi potensial menjadi energi kinetik, dan generator sebagai perangkat yang berguna untuk sistem konversi dari energi mekanik menjadi energi listrik.

2.2.2 Turbin Air

Turbin air adalah komponen dari sistem pembangkit listrik yang cara kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik dengan cara air yang mengalir diarahkan pada sudu turbin air yang nantinya berguna untuk memutar generator pada sistem pembangkit listrik. Komponen ini termasuk perangkat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu.



Gambar 2.1 Turbin Air[3]

Dalam sistem kerjanya turbin air terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Turbin Impuls

Turbin impuls yaitu turbin air yang memiliki cara kerja dengan merubah seluruh energi dari air berupa potensial, tekanan, dan kecepatan menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Contoh dari jenis turbin ini yaitu turbin turgo dan turbin pelton.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang menghasilkan putaran atau torsi dengan menggunakan tekanan atau masa dari fluida. Pada jenis turbin reaksi diperlukan sudu yang berguna untuk mengontrol fluida yang masuk. Contoh dari turbin ini yaitu turbin angin, turbin Francis dan turbin Kaplan atau propeller.

2.2.3 Generator

Generator adalah salah satu komponen utama pada sistem pembangkitan listrik yang berguna untuk konversi dari energi mekanik yang dihasilkan turbin dan diolah menjadi energi listrik sebagai *output* dari generator. Sumber energi gerak dari generator berasal dari berbagai macam, pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pihidro salah satunya. Sumber energinya berasal dari aliran air karena adanya turbin yang berputar akibat dari dorongan tekanan air.

Prinsip kerja dari generator listrik berdasarkan hukum Hukum Faraday, yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong dari garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan menimbulkan gaya gerak listrik yang memiliki satuan *Volt AC*.

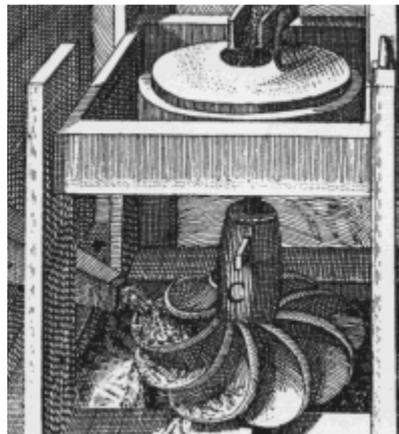
2.2.4 Turbin Turgo

Turbin turgo adalah jenis turbin yang bertipe impuls, sistem kerjanya sama seperti turbin Pelton. Turbin turgo cocok untuk menggantikan Pelton multi-jet dengan head rendah, turbin ini dapat digunakan dalam head sedang hingga tinggi, yang head berkisar 15 sampai dengan 300 m. Seperti turbin Pelton, turbin Turgo memiliki kurva efisiensi yang luar biasa sehingga merupakan solusi terbaik untuk variasi laju aliran besar[3]. Pada ujung aliran air diarahkan pada turbin turgo memiliki kemiringan 20-30 derajat dan air keluar diarahkan pada bagian belakang turbin seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2 Posisi Keluarnya Air [5]

Turbin Turgo pertama kali dipatenkan oleh perusahaan Eropa pada tahun 1919, dengan desain awal sudah ada sejak abad ke 16 seperti gambar 2.3 sistem kerjanya yang masuk dari sisi input air dan keluar dari sisi *output* air menjadikan jenis turbin ini lebih efisien. Oleh karena itu, laju air yang masuk dan aliran yang lebih besar dapat di tangani dibandingkan dengan turbin Pelton. Akibatnya, turbin Turgo memiliki spesifikasi yang lebih dan ukuran yang lebih kecil dari turbin pelton dengan daya yang sama.

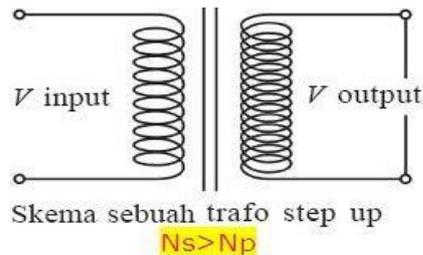


Gambar 2.3 Desain Awal Turbin Turgo [3]

Kesederhanaan dari sistem kerja turbin turgo dan kemampuan dalam beroperasi secara efisien di musim kemarau. Turbin turgo menjadi pembangkit listrik di bagian terkecil Zimbabwe dan lebih jauh di seluruh Afrika. Dari kesederhanaan turbin turgo menjadi daya tarik dari Nyangani Renewable Energy (NRE). NRE adalah pembembang sebuah proyek pembangkit listrik tenaga air di Afrika. Pungwe B Plan di Zimbabwe adalah instalasi Turgo terbesar di Afrika dengan menggunakan empat turbin turgo yang identik. Setiap *nozzel* kembar menggunakan Runner berdiameter rata-rata 28 inch (71 cm) dan beroperasi head diatas 176 m. Cara kerjanya yang menggunakan gabungan empat turbin menghasilkan daya lebih dari 16 MW [6].

2.2.5 Transformator

Transformator atau trafo merupakan peralatan listrik elektromagnetik yang berfungsi untuk memindahkan dan menaikkan / menurunkan besaran nilai listrik AC dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya dengan ketentuan frekuensi yang sama dan bekerja dengan berdasarkan prinsip induksi magnetik, yang dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.



Gambar 2.4 Skema Trafo Step Up

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa skema trafo step up dan step down. Yang dimana memiliki masing masing kriteria atau ciri ciri yang sebagai berikut:

Trafo Step Up

- Lilitan pada sisi primer memiliki jumlah yang sedikit dibandingkan dengan jumlah lilitan pada sisi sekunder ($N_p < N_s$).
- Tegangan pada sisi primer bernilai lebih kecil dibandingkan dengan tegangan pada sisi sekunder ($V_p < V_s$).
- Kuat arus pada sisi primer bernilai lebih besar dibandingkan dengan kuat arus pada sisi sekunder ($I_p > I_s$).

Tranformator yang digunakan pada pembangkit listrik turbin turgo menggunakan trafo tegangan yang berguna untuk *step up* tegangan yang keluar dari generator menjadi 220 volt AC sehingga listrik yang keluar dapat dimanfaatkan.

Pada transformator dapat dibuat persamaan sebagai berikut

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (2.1)$$

Keterangan:

V_p = Tegangan Primer

N_s = Jumlah Lilitan Kumbaran Sekunder

V_s = Tegangan Sekunder

I_p = Arus primer

N_p = Jumlah Lilitan Kumbaran Primer

I_s = Arus Sekunder

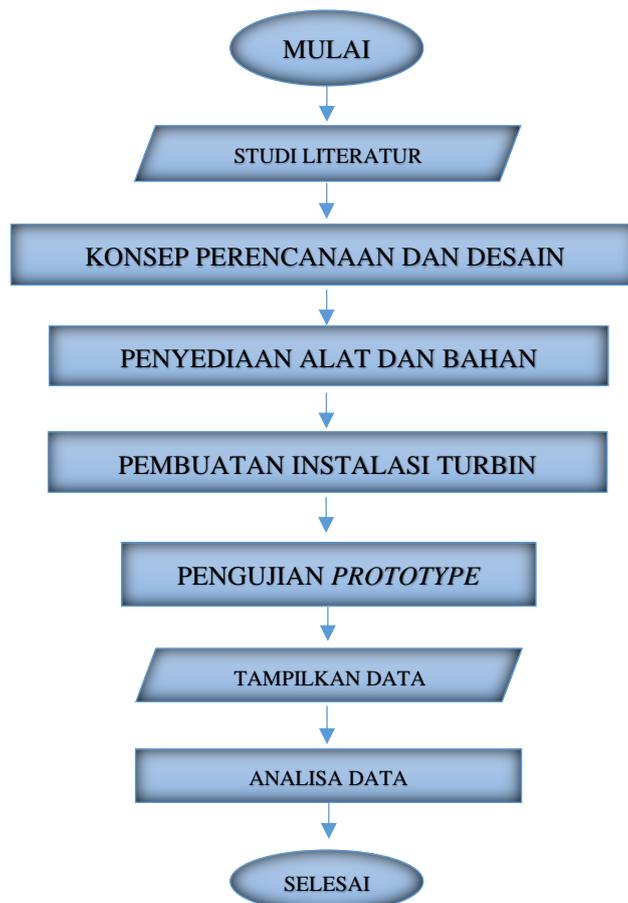
BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada proses pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Pihydro dengan turbin Turgo sebagai berikut:

Bahan	Alat
Kerangka Besi	Kunci Ring
Dinamo mesin cuci inverter	Tang
Pompa air	Lem Tembak
Tangki penampungan	Test Pen
Pipa dan siku pipa	Multimeter
Valve pipa	Isolasi Listrik
Turbin	Lem Pipa
Transformator	Pelumas
Kabel	Tachometer

3.2 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.3 Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Jenis Turbin Turgo memerlukan perencanaan yang dilakukan secara bertahap agar berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan. Langkah penelitian seperti berikut:

1. Studi Pustaka

Dari sumber referensi beberapa para peneliti, studi pustaka yaitu suatu bentuk kegiatan yang dilakukan pada awal penelitian maupun pengembangan dari subjek yang diangkat. Pencarian informasi dari beberapa sumber untuk mendapatkan referensi yang akan dijadikan dasar penelitian dalam menjalankan langkah langkah penelitian.

Pada persiapan pembuatan *Prototype* Turbin Turgo, studi pustaka dilakukan untuk menunjang tahap perencanaan sistem pembangkit listrik, baik dari segi teori maupun praktik. Sehingga pada akhirnya penelitian berjalan sesuai dengan rencana awal dan referensi yang didapatkan mengenai Turbin Turgo.

2. Konsep Perencanaan dan Desain

Perencanaan konsep perancangan dan desain pembuatan *Prototype* Turbin Turgo dilakukan sebelum melakukan penelitian, langkah perencanaan dan desai pembuatan sistem pembangkit membutuhkan banyak referensi dari peneliti yang sudah melakukan penelitian mengenai pembangkit listrik tersebut.

Perencanaan dari sistem pembangkit listrik dilakukan untuk menunjang pembuatan sistem pembangkit yang akan dibangun. Dengan perencanaan yang matang akan memberikan gambaran untuk pembuatannya, serta desain yang telah dilakukan akan membuahkan hasil yang maksimal.

Prototype Turbin Turgo yang akan dibangun ini menggunakan generator yang berasal dari dinamo mesin cuci inverter. Sebagai pengganti aliran air yang ada di lapangan, akan digantikan dengan menggunakan pompa air sebagai input aliran air pada sistem pembangkit listrik.

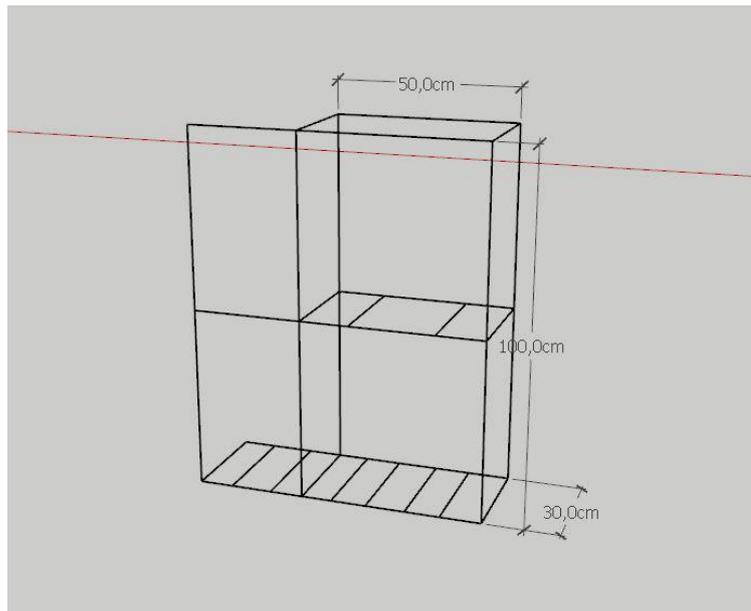
3. Penyediaan Alat dan Bahan

Tahap penyediaan alat dan bahan yang akan digunakan dalam sistem pembangkit listrik dengan turbin turgo menjadi bagian yang harus diperhatikan. Dikarenakan pemilihan bahan untuk sistem pembangkit harus sesuai dengan perancangan yang harus dipertimbangkan berdasarkan referensi.

4. Langkah Pembuatan PLTPH Jenis Turbin Turgo

a. Pembuatan Kerangka

Pembuatan kerangka *prototype* sistem pembangkit listrik memerlukan tinggi 100 cm, lebar 30cm, dan panjang 90cm. Dengan di bagian tengah kerangka diberikan palang besi untuk sebagai penyanggah dari tabung turbin dan bagian bawah dibuat alas untuk penyanggah tangki penampung dan pompa air. Kerangka besi yang digunakan untuk menopang bahan bahan yang digunakan dalam penelitian dengan bentuk seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 kerangka dari prototype pembangkit listrik

b. Aliran Air

Aliran air pada sistem pembangkit listrik menggunakan rekayasa dari pompa air yang disesuaikan spesifikasinya dengan keperluan pembangkit. Input pompa air berasal dari tangki penampungan, dan *output* dari pompa air akan dialirkan menggunakan pipa air untuk mendorong turbin turgo.

Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa air

Kapasitas Maksimum	: 42 l/min	Diameter Pipa	: 1" x 1.25"
Tinggi Hisap	: 30 m	Daya Masuk	: 600 Watt
Tinggi Dorong	: 30 m	Daya Keluar	: 250 Watt
Total	: 60 m	V / Hz / Ph	: 220 / 50 / 1
Temperatur	: 35 °C	Putaran	: 2850 RPM
Motor Kelas	: F	IP	: X4



Gambar 3.3 Pompa Sirkulasi Air



Gambar 3.4 Tempat Penampungan Air

c. Turbin Air Turgo

Turbin turgo berbentuk oval dengan sisi terbuka yang berguna untuk menerima semburan air dari aliran air. Pembuatan turbin berukuran diameter 20 - 28 cm. Dengan poros turbin turgo terhubung dengan generator. Bahan dari turbin berasal dari alumunium yang di cetak membentuk sudu turbin yang berjumlah 20 buah sudu.

$$P_{out\ turbin} = \rho \times Q \times H \times g \times \eta_{turbin} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$P_{\text{out turbin}}$: Daya Output Turbin (Watt)
ρ	: Massa Jenis Air (1000 kg/m^3)
Q	: Kapasitas Air (m^2/s)
H	: Tinggi Air (m)
g	: Gravitasi ($9,81\text{N/m}^2$)
$\eta_{\text{ turbin}}$: 7%

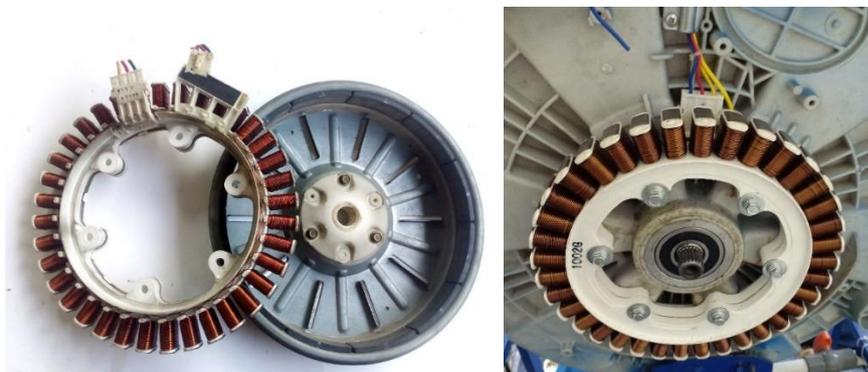


Gambar 3.5 Bentuk Turbin Turgo

d. Generator

Generator pembangkit listrik pada *prototype* turbin turgo menggunakan dinamo dari mesin cuci *Direct Drive Front Loading LG* yang sudah terhubung dengan tabung turbin. Generator terhubung turbin dengan satu poros secara langsung dan generator ini termasuk generator radial.

Spesifikasi dari dinamo mesin cuci *Direct Drive* yaitu jenis magnet permanen yang berjumlah 12 buah yang berada pada rotor dan memiliki inti besi berkumparan yang berjumlah sebanyak 36 buah yang masing masing fasa terdiri dari 12 buah dengan *output* dari dinamo yang dijadikan generator bersifat 3 fasa AC.



Gambar 3.6 Dinamo Mesin Cuci *Direct Drive front loading LG*

e. Transformator

Transformator atau trafo yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis trafo tegangan yang dimana trafo tersebut bertugas untuk menaikkan atau *step up* tegangan yang keluar dari generator. Dikarenakan nilai *output* tegangan dari generator tidak mencapai yang di inginkan yaitu 220 volt AC maka digunakan untuk menaikannya menjadi 220 volt AC. Trafo tegangan yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Trafo Tegangan

Port Primer (input)	0-16-18-20-24 Volt AC
Port Sekunder (<i>output</i>)	220 Volt AC
Jumlah Lilitan Primer	0-40-45-50-60 Lilitan
Jumlah Lilitan Sekunder	550 Lilitan
Arus Primer	10 Ampere
Arus Sekunder	1 Ampere
Daya	220 Watt
Frekuensi	50 Hz



Gambar 3.7 Transformator atau Trafo *Step up*

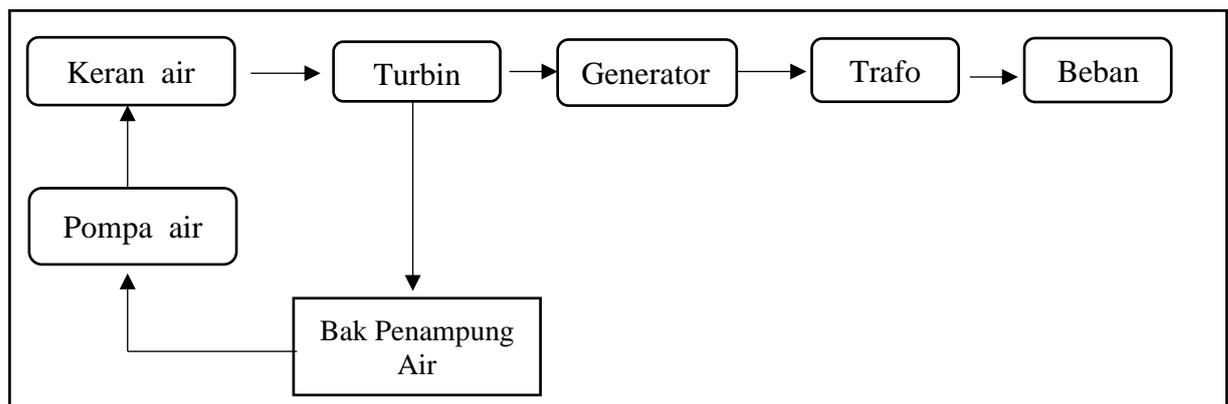
f. Uji Coba dan Analisa

Pembuatan *prototype* sistem pembangkit listrik bertitik tumpu pada simulasi dari alat yang telah di laksanakan, sehingga pada bagian ini menjadi penentu keberhasilan dari sebuah pembuatan alat. Apabila berjalan dengan sempurna, maka akan dilanjutkan pengolahan data dan analisa data yang dapatkan dari *output* sistem pembangkit. Apabila *prototype* memiliki kendala atau gagal, maka harus dilakukan peninjauan ulang terhadap sistem pembangkit agar dapat memecahkan permasalahan yang terjadi pada *prototype* pembangkit tenaga listrik tenaga pikohidro.

Pada tahap uji coba memiliki kendala yang berbagai macam. Salah satunya dengan kemungkinan tegangan yang keluar dari generator kecil sehingga membutuhkan trafo untuk menaikkan tegangan tersebut. Trafo yang digunakan bersifat *step up* yang dimana pada sisi primer trafo memiliki beberapa nilai yaitu 0, 16, 18, 20 dan 24 Volt AC sebagai parameter tegangan input pada trafo dan pada sisi sekunder memiliki port yang bernilai 0 dan 220 volt AC. Nilai *output* yang sudah di *step up* akan di ujikan dengan beban menggunakan lampu bohlam LED yang berbagai macam nilai bebannya. Kemudian akan di lihat pengaruh dari beban terhadap tegangan, frekuensi dan kecepatan putar generator.

Pada tahap analisa dengan alat yang dapat berjalan dengan sempurna. Maka analisa data yang akan dilakukan untuk mendapatkan nilai nilai yang diinginkan sesuai dengan parameter dari studi pustaka diawal. Setelah dianalisa dari pengaruh beban terhadap *output* generator hasil tersebut menentukan kinerja dari sistem pembangkit yang dibangun dan diujikan.

3.4 Diagram Alir Perancangan Pikohidro



Gambar 3.8 Diagram Alir Perancangan Pikohidro

Seperti yang di tunjukan pada gambar 3.4 komponen dari sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro terdiri dari bak penampung air, kemudian air dialirkan oleh pompa air dengan mengarahkan alirannya ke arah turbin air dan memiliki komponen untuk mengatur debit air berupa keran air. Turbin air yang berputar terhubung poros yang sama dengan generator yang berkerja ketika terdorong oleh air dari pompa. Kemudian *output* dari generator diatur sesuai dengan spesifikasi trafo yang di gunakan yaitu dengan frekuensi 50 Hz, setelah itu menjadi sisi primer dari trafo dan di *step up* menjadi tegangan 220 volt AC yang nantinya dapat digunakan oleh perangkat listrik sebagai beban.

Perancangan pembangkit listrik tenaga pikohidro ini menggunakan bagian tabung dari mesin cuci LG Front Loading dan dinamo bawaan dari mesin cuci. Dengan demikian tabung mesin cuci tersebut digunakan untuk turbin turgo yang akan menkonversikan daya fluida dari air menjadi penggerak bagi generator yang nantinya *output* dari generator berupa energi listrik.



Gambar 3.9 Prototipe PLTPH Turbin Turgo

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator

Pengujian putaran turbin tanpa terhubung dengan generator dilakukan guna mendapatkan nilai maksimum dari putaran turbin, serta mengetahui kelancaran *bearing* yang terpasang sebagai titik pusaran dari turbin tersebut.

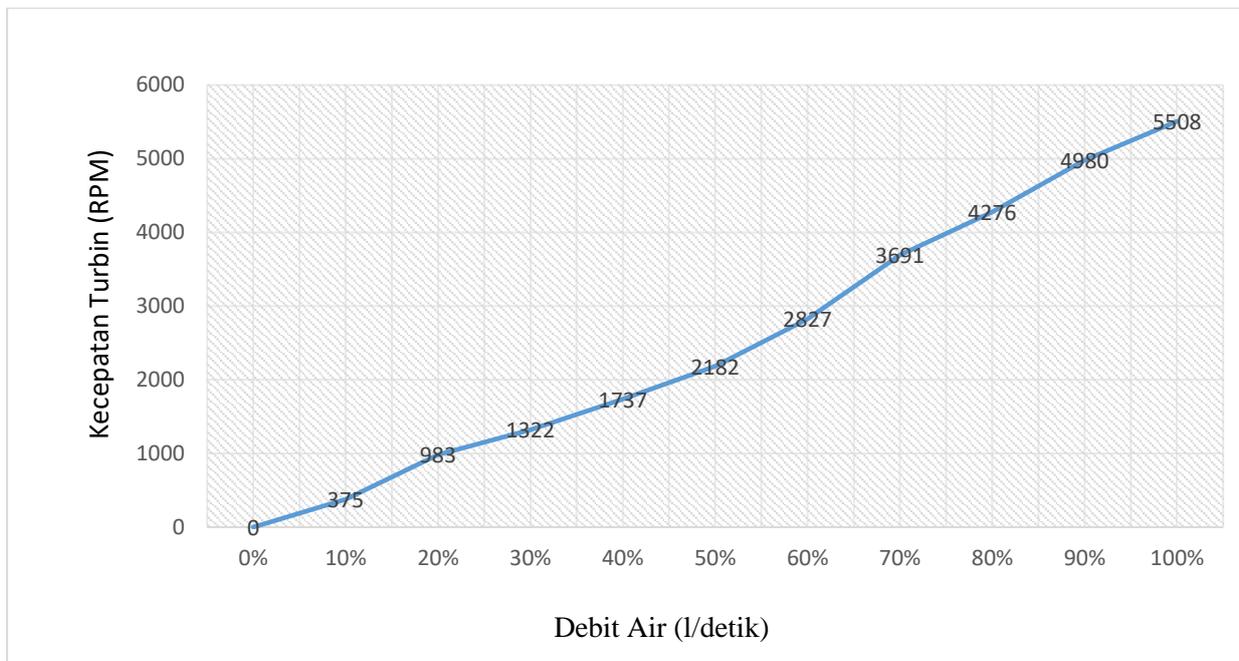
$$\text{Debit Air} = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} \quad (4.1)$$

Pengukuran debit air secara manual dengan menentukan besaran presentase dari kapasitas maksimal dari pompa air sesuai spesifikasi yang tertera sebesar 42 l/menit.

Didapatkan hasil kecepatan putaran turbin yang tinggi dikarenakan poros dari turbin tidak terhubung dengan poros dari generator yang dimana apabila terhubung dengan generator akan menjadikan beban tambahan bagi turbin saat diputar. sehingga didapatkan nilai putaran turbin seperti berikut.

Tabel 4.1 Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator

No	Debit Air	Kecepatan Putaran Turbin (RPM)
1	0%	0
2	10%	375
3	20%	983
4	30%	1322
5	40%	1737
6	50%	2182
7	60%	2827
8	70%	3691
9	80%	4276
10	90%	4980
11	100%	5508



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator

Dari percobaan yang dilakukan tanpa menghubungkan turbin dengan generator didapatkan hasil yang seperti diatas, yang dimana nilai dari putaran turbin meningkat secara teratur dari 0% hingga 100% dari total debit air.

4.2 Uji Beban Menggunakan Lampu Pijar Dengan Debit Air Maksimum

Tabel 4.2 Hasil Uji Beban Menggunakan Lampu Pijar Dengan Debit Air Maksimum

No.	Beban (Watt)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	RPM
1	25	114,9	40,3	50	254,8
2	50	103,4	39,4	110	258,5
3	75	97,3	36,6	160	246
4	100	95,6	34,7	165	238,5
5	125	91,5	33,1	200	229,3
6	150	80,6	30,4	255	219,9
7	175	69,7	26,5	295	196,1
8	200	62,2	22,9	325	172,3

Percobaan dengan nilai debit air maksimal dilakukan untuk mengetahui ketahanan putaran generator pada saat terbebani, semakin besar beban yang terhubung dengan output generator maka putarannya semakin berat, dikarenakan generator harus menyuplai listrik lebih. Diketahui bahwa pada saat melakukan uji beban, lampu pijar yang menjadi beban tidak menyala seperti pada umumnya. Hal tersebut dikarenakan nilai arus yang mengalir bernilai kecil.

$$\frac{y - y_a}{y_b - y_a} = \frac{x - x_a}{x_b - x_a} \quad (4.2)$$

Keterangan:

- y : Daya Yang Dicari (Watt)
- y_a : Nilai Daya Pada Percobaan Ke a (Watt)
- y_b : Nilai Daya Pada Percobaan Ke b (Watt)
- x : Tegangan Referensi (Volt)
- x_a : Nilai Tegangan Pada Percobaan Ke a (Volt)
- x_b : Nilai Tegangan Pada Percobaan Ke b (Volt)
- Note : nilai a dan b saling berurutan.

Persamaan 3.1 yang dimana mendapatkan hasil Pout turbin sebesar 120,4 Watt. Perhitungan mencari daya output generator menggunakan Persamaan 4.2 yang mendapatkan nilai daya output generator sebesar 10,3098 Watt. Sehingga didapatkan nilai efisiensi dari alat yang dibuat sebesar 8,58 %.

4.3 Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator

Pada pengujian alat dilakukan dengan cara mengatur debit air secara manual dengan nilai yang bervariasi sehingga dapat diketahui pengaruh dari besaran debit air terhadap kecepatan putaran turbin yang terkopel dengan generator kemudian dapat diketahui nilai *output* tegangan dan frekuensi generator.

Dilakukannya dengan debit air dinilai minimum 50% hingga maksimum 100% dikarenakan alat pada perangkat penampil *output* hanya membaca di frekuensi minimum 45 Hz. Serta dalam percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang bernilai 50 Hz yang nantinya tegangan *output* generator akan *distep up* oleh Trafo menjadi 220 Volt AC.

Tabel 4.3 Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator

No.	Debit Air	Kecepatan Generator (RPM)	Output Generator	
			Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1	0 %	0	0	0
2	50%	119.2	19.2	48.86
3	60 %	164.6	22.6	66.2
4	70 %	199.9	29.4	80.8
5	80 %	243.6	34.8	98.7
6	90 %	260.4	40.7	107.2
7	100 %	291	49.6	118.8

Percobaan dilakukan sesuai dengan spesifikasi dari perangkat penampil Frekuensi yang dapat bekerja pada nilai minimum 45 Hz. Serta pengujian generator tersebut dilakukan guna mendapatkan nilai tegangan yang keluar dari generator apabila nilai frekuensi 50 Hz. Didapatkan pada debit air sebesar 50% dengan frekuensi 48,86 mendapatkan nilai tegangan sebesar 19,2 Volt AC. Dari nilai tegangan tersebut akan *distep up* oleh trafo agar nilai *output* mencapai 220 Volt AC. Guna dari *step up* tegangan tersebut adalah supaya *output* yang dihasilkan dari prototype turbin turgo tersebut dapat digunakan untuk listrik sehari hari.

$$E = 4 \cdot f \cdot f_{ef} \cdot f_N \cdot \Phi \cdot N \quad (4.3)$$

Keterangan:

E : Tegangan (Volt)

f : Frekuensi (Hz)

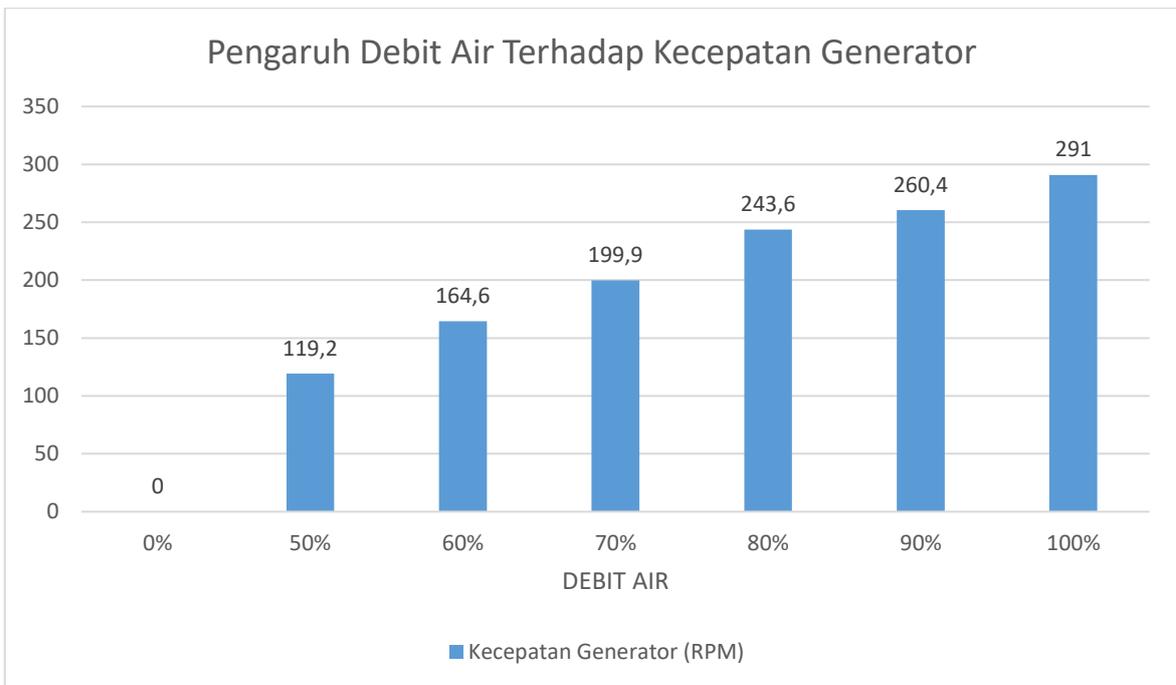
f_{ef} : Faktor Efektif (1,111)

f_N : Faktor Lilitan (satu fasa 0,8 dan tiga fasa 0,96)

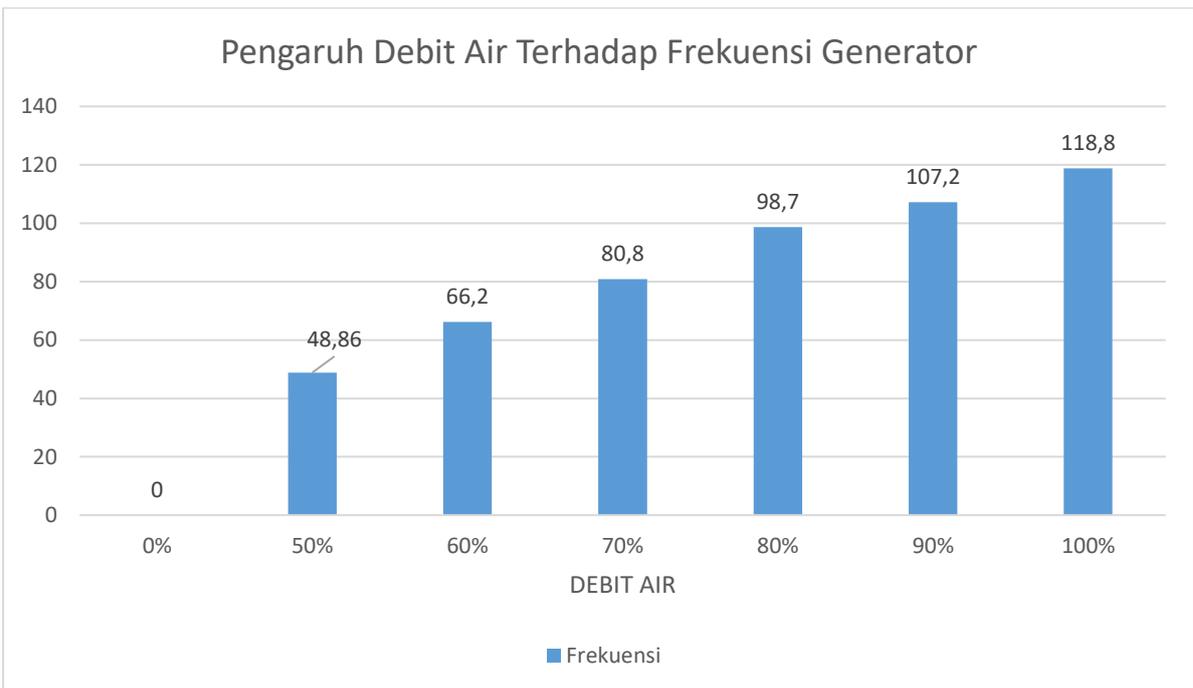
Φ : Fluks (Wb) (1 Wb = 1 x 10⁸ maxwell)

N : Jumlah Lilitan

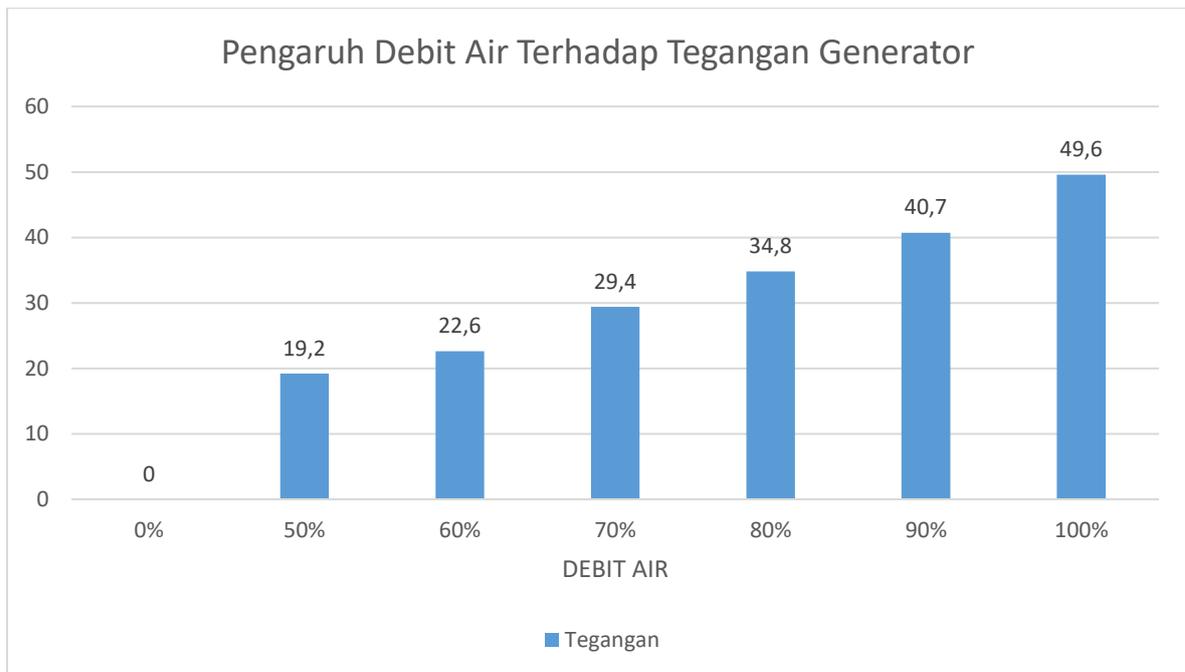
Pada Persamaan 4.2, nilai tegangan dapat dicari dengan memasukan data yang telah diambil pada saat pengujian alat. Dengan penggerak mula berupa air yang disemprotkan ke turbin maka jumlah debit air yang keluar akan mempengaruhi putaran dari turbin dan akan berpengaruh kepada nilai output dari frekuensi generator. Sehingga apabila nilai debit air ditambah, maka nilai dari frekuensi akan berbanding lurus dan nilai tegangan akan meningkat seperti pada Persamaan 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan Generator



Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Frekuensi Generator



Gambar 4.4 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Generator

Hasil pengukuran pada tabel-tabel diatas dapat dilihat bahwa kecepatan putar generator, tegangan dan frekuensi naik secara signifikan dan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai debit air yang menjadi input generator dari pompa. Semakin besar debit air terhadap turbin turgo maka semakin tinggi pula RPM generator yang menghasilkan *output* generator berupa tegangan dan frekuensi semakin meningkat.

4.4 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

Pengujian generator didapatkan hasil seperti table diatas dan memiliki perbedaan antara hasil pengamatan dengan perhitungan yang menggunakan rumus :

$$f = \frac{n \times p}{120} \quad (4.4)$$

Keterangan :

f : Frekuensi (Hertz)

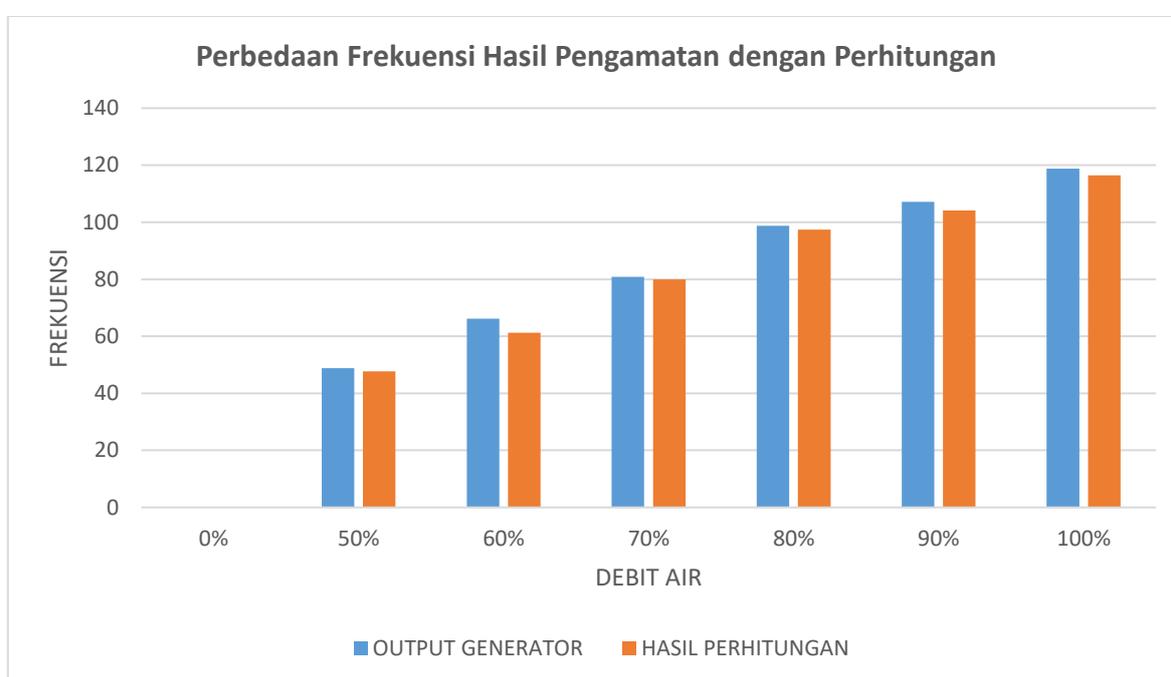
n : Kecepatan Putar Generator (RPM)

p : Jumlah Kutub Magnet

Dimana diketahui bahwa generator yang digunakan memiliki total 48 kutub magnet permanen. Maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

No.	Debit Air	Output Generator Frekuensi (Hz)	Hasil Perhitungan Frekuensi (Hz)
1	0 %	0	0
2	50%	48,86	47,68
3	60 %	66,2	61,2
4	70 %	80,8	79.96
5	80 %	98,7	97,44
6	90 %	107,2	104,16
7	100 %	118,8	116,4



Gambar 4.5 Diagram Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

Dari hasil pengamatan diatas pada alat pembangkit listrik tenaga pikohidro ini keluaran frekuensi generator memiliki perbedaan dengan hasil perhitungan. Perbedaan dari frekuensi tersebut dapat terjadi karena beberapa hal. Salah satunya yaitu putaran generator yang tidak konstan secara terus menerus, penentuan debit air yang menggunakan sistem manual dan penggunaan generator yang memakai motor dari mesin cuci bekas sehingga memiliki sedikit perbedaan.

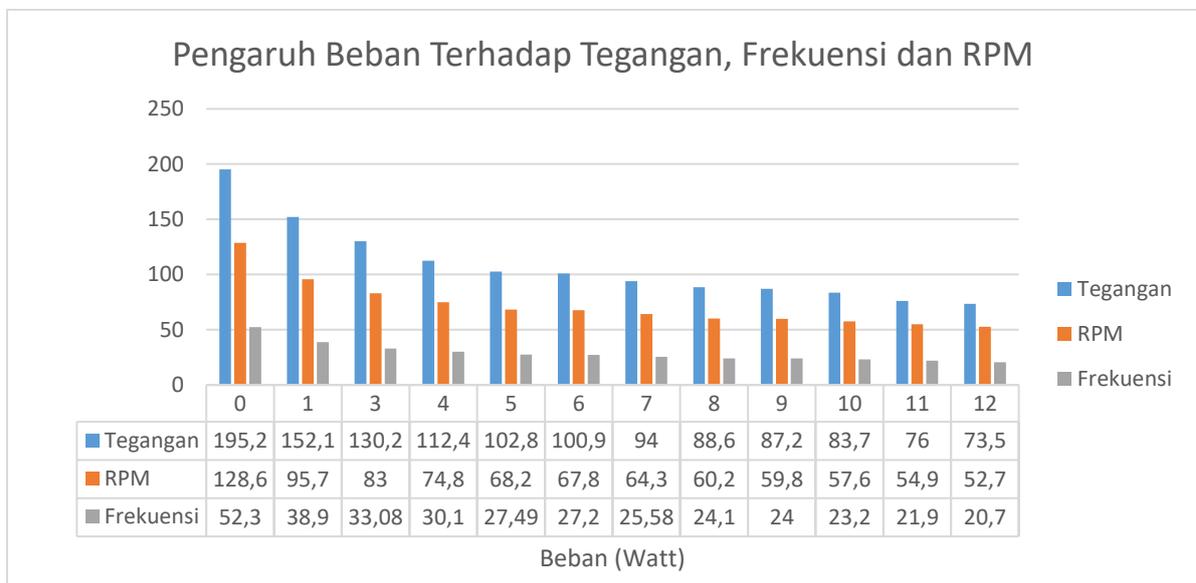
Hasil yang didapatkan pada percobaan akan dipilih sesuai dengan kriteria yang diinginkan untuk dijadikan input di sisi primer dari trafo. Nilai frekuensi 50 Hz yang digunakan sehingga debit air yang akan digunakan sebesar 50% agar frekuensi yang dikeluarkan berkisar 50 Hz.

4.5 Hasil *Output* Generator telah *distep up* Terhubung Dengan Beban

Pada tahap uji coba dengan menggunakan trafo untuk *step up* tegangan menggunakan port pada sisi primer trafo yang bernilai 16 Volt AC dikarenakan tegangan yang dihasilkan oleh generator pada nilai frekuensi 50Hz adalah bernilai 14,53 Volt AC. Sehingga digunakan nilai yang mendekati pada sisi primer.

Tabel 4.5 Hasil *Step up Output* Generator Terhubung Dengan Beban

No	Beban (Watt)	Tegangan Primer(Vp)	Tegangan Sekunder(Vs)	Arus Primer(mA)	Arus Sekunder(mA)	Frekuensi (hertz)	Kecepatan Putar (RPM)
1	0	14,53	195,2	0	0	52,30	128,6
2	1	11,33	152,1	50,5	3,9	38,90	95,70
3	3	9,6	130,2	74,0	5,6	33,08	83,00
4	4	8,5	112,4	90,2	6,9	30,10	74,80
5	5	7,6	102,8	100,8	7,6	27,49	68,20
6	6	7,5	100,9	103,9	7,8	27,20	67,80
7	7	7,1	94,0	106,2	8,1	25,58	64,30
8	8	6,5	88,6	112,3	8,3	24,10	60,20
9	9	6,3	87,2	115,2	8,4	24,00	59,80
10	10	6,1	83,7	117,5	8,6	23,20	57,60
11	11	5,7	76,0	118,3	8,8	21,90	54,90
12	12	5,3	73,5	126,1	9,1	20,70	52,70



Gambar 4.6 Diagram Pengaruh Beban Terhadap Tegangan, Frekuensi dan RPM

Dari hasil uji coba pada grafik diatas, dapat dilihat nilai nilai *output* dari generator yang berpengaruh ketika diberikan beban. Disaat beban bernilai 0 nilai tegangan bernilai 195,2 Volt AC

dengan frekuensi 52,3 Hz dan kecepatan putar turbin bernilai 128,6 RPM, kondisi tersebut ketika pada rangkaian sudah menggunakan trafo *step up* dengan frekuensi 50Hz dengan toleransi $\pm 10\%$.

Pada saat kondisi terbebani arus yang mengalir akan bertambah dari sebelum dibebankan, hal ini mengakibatkan putaran dari generator menjadi lebih lambat disebabkan adanya beban yang membutuhkan pasokan energi listrik lebih besar sehingga putaran generator akan menjadi lebih berat dengan nilai dari putaran generator atau RPM menurun.

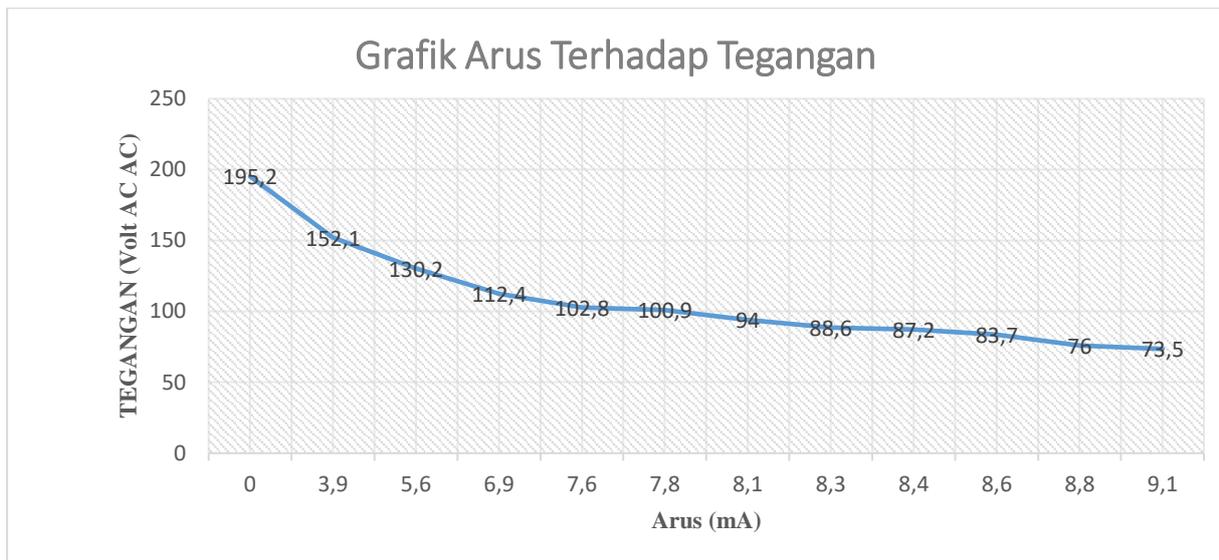
Nilai dari arus primer lebih besar dibandingkan dengan arus sekunder pada trafo. Dan berbanding terbalik dengan nilai tegangan, yang dimana nilai tegangan primer lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari tegangan sekunder. Hal tersebut benar terjadi dikarenakan sifat dari trafo *step up*.

Semakin besar beban yang terpasang pada rangkaian, maka semakin besar pula arus yang mengakibatkan putaran dari generator akan menurun dan apabila beban terlalu berat hingga mencapai batas maksimal dari generator maka akan berhenti berputar dikarenakan air yang tidak cukup kuat untuk memutar turbin dan generator.

Frekuensi generator berbanding terbalik dengan nilai daya beban yang dihubungkan. Semakin besar nilai daya bebannya maka semakin menurun nilai dari frekuensinya. Secara teori frekuensi generator akan berhubungan dengan kecepatan putar dari generator. Beban yang terhubung rangkaian akan mempengaruhi kecepatan putarnya. Sehingga pada dasarnya semakin besar beban yang terhubung pada rangkaian maka kekuatan penggerak mula pada generator harus dinaikan agar tegangan dan frekuensi yang dihasilkan menjadi konstan untuk suplai ke beban.

Pada kenyataannya dalam bidang pembangkit listrik ada alat yang bernama *governor* yang berfungsi untuk mengatur putaran dari turbin generator konstan dalam nilai *range* yang dikehendaki dalam pengaturannya, dengan menambah atau mengurangi jumlah debit air yang masuk ke turbin agar dapat mempertahankan daya masuk atau *power input* dengan permintaan daya menjadi konstan.

Sistem kerja dari governor di PLTA yaitu apabila terjadi perubahan permintaan suplai yang menyebabkan fluktuasi putaran dari turbin generator. Turbin membutuhkan sistem pengaturan debit air agar pada saat terjadi perubahan beban tidak mengakibatkan perubahan putaran turbin. Sebab efek dari perubahan putaran turbin tersebut akan berimbas keoutput generator.



Gambar 4.7 Grafik Arus Terhadap Tegangan

Tegangan *output* generator berbanding terbalik dengan daya beban yang terhubung pada rangkaian. Semakin besar daya beban maka semakin kecil nilai tegangan generatornya. Secara teori, ketika beban terhubung pada rangkaian maka arus akan mengalir pada lilitan di stator. Besarnya susut tegangan akan berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada rangkaian. Arus tersebut ditentukan oleh nilai daya beban yang dihubungkan. Semakin besar daya dari beban maka semakin besar nilai arus yang perlu disuplai generator untuk beban yang terhubung tersebut. Sehingga ketika beban yang terhubung dinaikan nilainya maka susut tegangan akan meningkat dan mempengaruhi tegangan, frekuensi dan kecepatan putar dari generator.

Terjadinya perubahan arus yang tidak konstan pada saat menerima beban yang teratur hingga 12 Watt dikarenakan beberapa faktor pada beban. Antara lain adalah merk dari lampu yang digunakan untuk pengujian beban sistem pembangkit listrik jenis turbin turgo.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji pada penelitian yang berjudul “RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO JENIS TURBIN TURGO” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya debit air sebagai penggerak mula pendorong turbin dari sistem pembangkit listrik mempengaruhi putaran turbin yang terkopel pada generator. Semakin tinggi kecepatan putarnya maka semakin tinggi tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator. Setelah mendapatkan beban, nilai arus meningkat. Hal tersebut mengakibatkan putaran generator akan menjadi berat dikarenakan generator harus berkerja lebih untuk menyuplai listrik ke beban.
2. Frekuensi *output* generator bernilai cukup tinggi dikarenakan jumlah kutub pada magnet permanen generator terlalu banyak.
3. kondisi tanpa berbeban, *output* generator yang telah di *step up* oleh trafo memiliki nilai maksimum pada kecepatan putar generator sebesar 128,6 RPM yaitu tegangan sisi primer 14,53 Volt AC, tegangan sekunder 195,2 Volt AC dan frekuensi 52,3 Hz. Sedangkan ketika diberikan beban bervariasi 1-12 Watt kecepatan putar generator menurun dari 128,6 RPM hingga 52,7 RPM, tegangan menurun dari 195,2 Volt AC hingga 73,5 Volt AC dan frekuensi 52,3 Hz hingga 20,7 Hz. Pout turbin sebesar 120,4 Watt. Nilai daya output generator sebesar 10,3098 Watt. Sehingga didapatkan nilai efisiensi dari alat yang dibuat sebesar 8,58 %.

5.2 Saran

1. Penggunaan generator pada pembangkit listrik menggunakan yang memiliki kutub magnet yang lebih sedikit, sehingga nilai frekuensi dapat lebih kecil.
2. Debit air yang menjadi gerak mula pada turbin ditambah jumlahnya agar pada saat dibebankan tidak terjadi menurunnya nilai tegangan dan frekuensi.
3. Bandingkan cara kerja turbin turgo dengan sumbu vertikal dan horizontal. Karena ada pengaruh oleh gaya gravitasi pada putaran turbin.
4. Usahakan merek beban disamakan, dikarenakan hal tersebut mempengaruhi pengujian beban pada sistem pembangkit listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusumawardhani Laksmi, “ANALYSIS OF HYDRO POWER IN INDONESIA AND RECOMMENDATION FOR THE FUTURE,” no. September, 2011.
- [2] S. Winanti Naftalin, Jaya Arman, “PROTOTYPE PLTMH DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI KINETIK AIR UNTUK PENERANGAN.” .
- [3] J. S. Anagnostopoulos and D. E. Papantonis, “Flow Modeling and Runner Design Optimization in Turgo Water Turbines,” vol. 1, no. 4, pp. 183–188, 2007.
- [4] V. Dwiyanto, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai),” *Tek. Sipil Univ. Lampung*, vol. 4, no. 3, pp. 407–422, 2016.
- [5] V. Uniyal, N. Kanojia, and K. Pandey, “Design of 5kw Pico Hydro Power Plant Using Turgo Turbine,” *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 7, no. 12, pp. 363–367, 2016.
- [6] A. Robinson and J. Scott, “Development of the Turgo turbine,” no. 27 cm, pp. 90–93, 2018.