

Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Jenis Turbin Turgo

Huda Setya Prayoga¹, Setyawan Wahyu Pratomo,²

*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia*

¹15524006@students.uii.ac.id

²setyawan.wahyu@uui.ac.id

Abstrak— Kebutuhan pasokan listrik masyarakat di Indonesia untuk saat ini sangatlah besar jumlahnya. Perusahaan Listrik Negara atau PLN sebagai pihak yang memegang tanggung jawab terhadap pasokan listrik di negeri ini masih kesulitan dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Indonesia. Dari segi wilayah, Indonesia memiliki banyak daerah yang berkontur pegunungan yang dimana air mengalir dari dataran tinggi ke dataran rendah. Turbin air dapat dimanfaatkan sebagai penggerak mula pada sistem pembangkit listrik. Turbin turgo masuk dalam kriteria turbin air yang dapat digunakan pada medan tersebut. Turbin turgo merupakan bagian dari turbin impuls yang memanfaatkan energi potensial dan merubahnya menjadi energi kinetik. Turbin turgo adalah turbin bertipe turbin impuls, sistem kerjanya sama seperti turbin pelton. Turbin turgo sangat cocok untuk menggantikan pelton dengan head rendah, turbin ini dapat digunakan dalam head sedang hingga tinggi yang head berkisar 15 m hingga 300 m. semburan air dari nosel diatur dengan sudut $10^\circ - 20^\circ$ dari sudu turbin. Kecepatan putar turbin yang terkopel pada generator sebesar 128,6 RPM yang menghasilkan output generator tegangan primer sebesar 14,53 Volt dan tegangan sekunder sebesar 195,2 Volt. Ketika diberikan beban 1 Watt turbin turgo memiliki hasil tegangan 11,33 Volt dan arus 3,9 mA. Dari hasil percobaan semakin besar beban yang diberikan maka tegangan akan semakin menurun dan arus akan semakin meningkat.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro, Purwarupa, Turbin Turgo.

I. PENDAHULUAN

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 secara paralel.

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

II. STUDI LITERATUR

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].

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 turbin sebagai penggerak mula, 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 dioperasikan untuk jangka waktu yang lama maupun minimum [3]. Menurutnya, turbin Turgo dan turbin Pelton sama saja kerjanya, yang membedakan yaitu bentuk dari sudu turbin saja yang berbeda.

III. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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.

B. 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.

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. Energi potensial dari air diubah

menjadi energi kinetik. 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. Prinsip kerja turbin reaksi yaitu dengan memanfaatkan tekanan fluida untuk menggerakkan turbin. Contoh dari turbin ini yaitu turbin angin, turbin Francis dan turbin Kaplan atau propeller.

C. 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.

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*.

D. 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.

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.

E. 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.

Skema trafo step up dan step down dimana memiliki masing masing kriteria atau ciri ciri yang sebagai berikut:

1. Trafo Step Up

- a. Lilitan pada sisi primer memiliki jumlah yang banyak dibandingkan dengan jumlah lilitan pada sisi sekunder ($N_p > N_s$).

- b. Tegangan pada sisi primer bernilai lebih besar dibandingkan dengan tegangan pada sisi sekunder
 - c. ($V_p > V_s$).
 - d. Kuat arus pada sisi primer bernilai lebih kecil dibandingkan dengan kuat arus pada sisi sekunder ($I_p < I_s$).
2. Trafo Step Down
- a. Lilitan pada sisi primer memiliki jumlah yang banyak dibandingkan dengan jumlah lilitan pada sisi sekunder ($N_p > N_s$).
 - b. Tegangan pada sisi primer bernilai lebih besar dibandingkan dengan tegangan pada sisi sekunder ($V_p > V_s$).
 - c. Kuat arus pada sisi primer bernilai lebih kecil dibandingkan dengan kuat arus pada sisi sekunder ($I_p < I_s$).

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

Pada transformator dapat dibuat persamaan sebagai berikut

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (1)$$

Keterangan:

- V_p = Tegangan Primer
- V_s = Tegangan Sekunder
- N_p = Jumlah Lilitan Kumputan Primer
- N_s = Jumlah Lilitan Kumputan Sekunder
- I_p = Arus primer
- I_s = Arus Sekunder

Efisiensi transformator yaitu nilai perbandingan antara daya output (P_{out}) dan daya input (P_{in}). Rumus efisiensi transformator yaitu:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \text{ATAU} \quad \eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- η = Efisiensi Transformator (%)
- P_p = Daya Primer (W)
- P_s = Daya Sekunder (W)

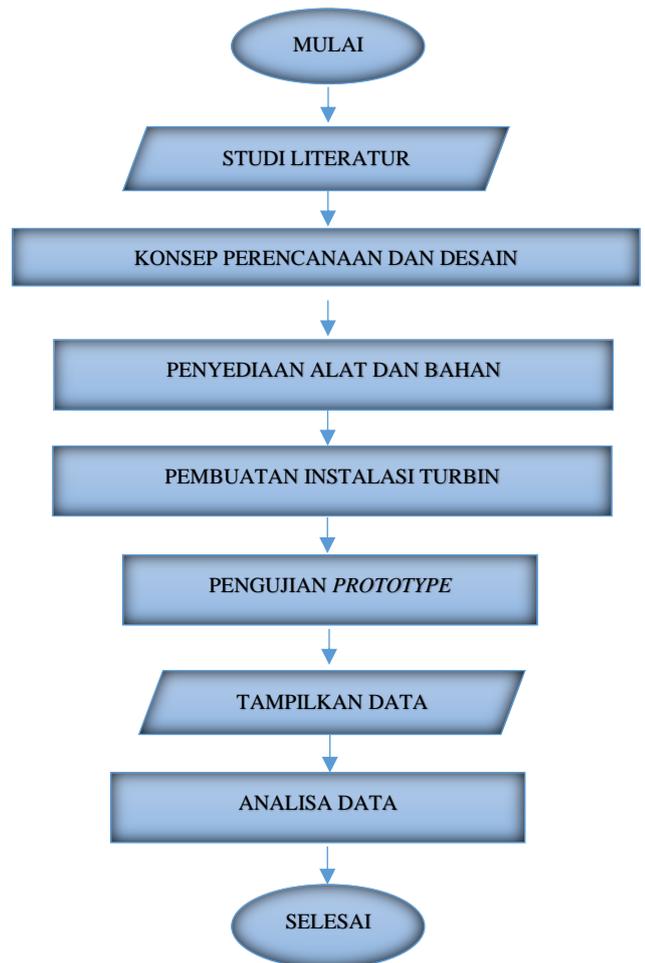
IV. METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

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

Bahan	Alat
Kerangka Besi	Kunci Ring
Dinamo mesin cuci inverter sebagai generator	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

2. Alur Penelitian



GAMBAR 4.1 DIAGRAM ALUR PENELITIAN

3. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Jenis Turbin Turgo 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.

2. Konsep Perencanaan dan Desain

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

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.

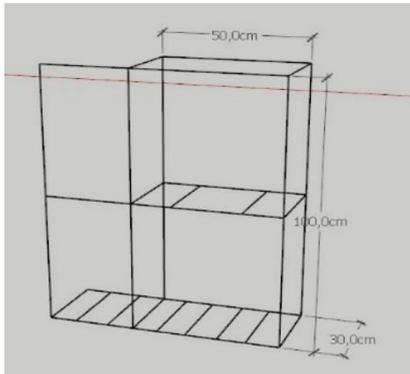
3. Penyediaan Alat dan Bahan

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.



GAMBAR 4.2 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 4.1 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 4.3 POMPA SIRKULASI 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.

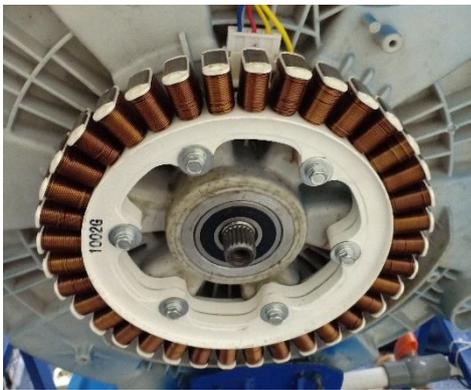


GAMBAR 4.4 BENTUK TURBIN TURGO

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.

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 4.5 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 maka digunakan untuk menaikannya menjadi 220 volt. Trafo tegangan yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

TABEL 4.2 SPESIFIKASI TRAFU TEGANGAN

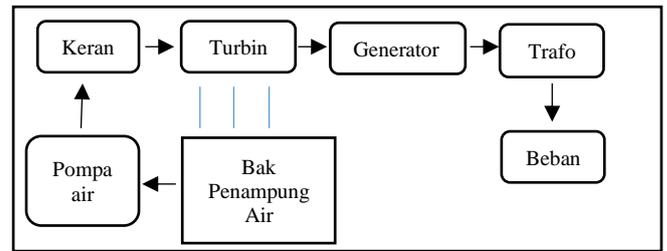
Port Primer (input)	0-16-18-20-24 Volt
Port Sekunder (<i>output</i>)	220 Volt
Jumlah Lilitan Primer	0-40-45-50-60 Lilitan
Jumlah Lilitan Sekunder	550 Lilitan
Arus Primer	10 Amphere
Arus Sekunder	1 Amphere
Daya	220 Watt
Frekuensi	50 Hz

f. Simulasi 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 didapatkan dari *output* sistem pembangkit.

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 sebagai parameter tegangan input pada trafo dan pada sisi sekunder memiliki port yang bernilai 0 dan 220 volt. 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.

4 Diagram Alir Perancangan Pikohidro



GAMBAR 4.8 DIAGRAM ALIR PERANCANGAN PIKOHIDRO

Komponen dari sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro terdiri dari bak penampung air, kemudian air dialirkan oleh pompa air, turbin, generator, trafo dan 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 4.6 PROTOTYPE PLTPH TURBIN TURGO

V. HASIL DAN ANALISIS

a. 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 pusing dari turbin tersebut.

$$\text{Debit Air} = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} \quad (3)$$

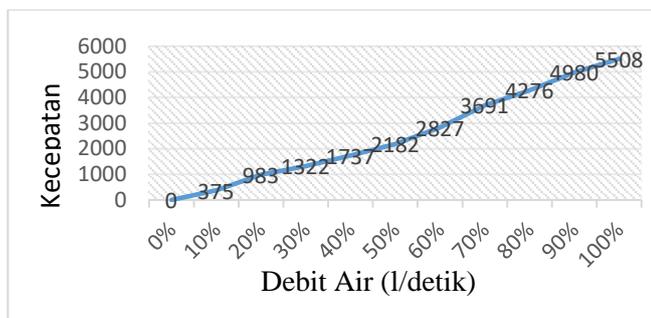
Pengukuran debit air secara manual dengan menentukan besaran presentase dari kapasitas maksimal dari pompa air sesuai spesifikasi yang tertera sebesar 42 l/menit. Dengan merubah menjadi perdetik dengan menggunakan Persamaan 4.1 dibagi dengan 60, didapatkan hasil 0,7 l/dtk.

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 5.1 PENGUJIAN TURBIN TURGO TANPA TERHUBUNG GENERATOR

No	Debit Air (l/dtk)	Kecepatan Putaran Turbin (RPM)
1	0% (0 l/dtk)	0
2	10% (0,07 l/dtk)	375
3	20% (0,14 l/dtk)	983
4	30% (0,21 l/dtk)	1322
5	40% (0,28 l/dtk)	1737
6	50% (0,35 l/dtk)	2182
7	60% (0,42 l/dtk)	2827
8	70% (0,49 l/dtk)	3691
9	80% (0,56 l/dtk)	4276
10	90% (0,63 l/dtk)	4980
11	100% (0,7 l/dtk)	5508



GAMBAR 5.1 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.

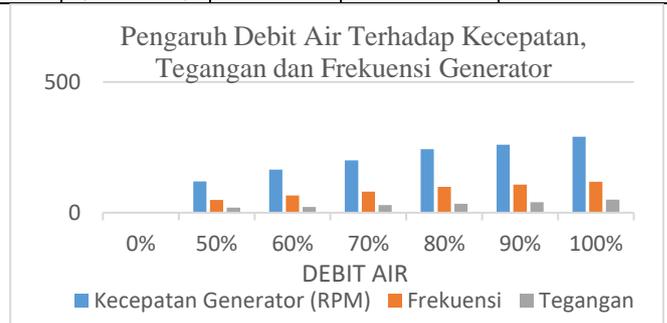
b. Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator

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. 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.

Pengujian generator tersebut dilakukan guna mendapatkan nilai tegangan yang keluar dari generator apabila nilai frekuensi 50 Hz. Didapatkan pada debit air sebesar 50% (0,07 l/detik) dengan frekuensi 48,86 mendapatkan nilai tegangan sebesar 19,2 Volt.

TABEL 5.2 PENGARUH DEBIT AIR TERHADAP KECEPATAN, TEGANGAN DAN FREKUENSI GENERATOR

No.	Debit Air(l/detik)	Kecepatan Generator (RPM)	Output Generator	
			Tegangan(V)	Frekuensi(Hz)
1	0 % (0 l/detik)	0	0	0
2	50% (0.07l/detik)	119.2	19.2	48.86
3	60 % (0.14l/detik)	164.6	22.6	66.2
4	70 % (0.28l/detik)	199.9	29.4	80.8
5	80 % (0.42l/detik)	243.6	34.8	98.7
6	90 % (0.56l/detik)	260.4	40.7	107.2
7	100 % (0.7 l/detik)	291	49.6	118.8



GAMBAR 5.2 DIAGRAM PENGARUH DEBIT AIR TERHADAP KECEPATAN, TEGANGAN DAN FREKUENSI GENERATOR

Hasil pengukuran pada tabel 4.2 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.

c. Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

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

$$f = \frac{n \times p}{120} \tag{4.2}$$

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 5.3 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

No.	Debit Air (l/detik)	Output Generator Frekuensi (Hz)	Hasil Perhitungan Frekuensi (Hz)
1	0 % (0 l/detik)	0	0
2	50% (0.07 l/detik)	48,86	47,68
3	60 % (0.14 l/detik)	66,2	61,2
4	70 % (0.28 l/detik)	80,8	79,96
5	80 % (0.42 l/detik)	98,7	97,44
6	90 % (0.56 l/detik)	107,2	104,16
7	100 % (0.7 l/detik)	118,8	116,4



GAMBAR 5.3 DIAGRAM PERBEDAAN FREKUENSI HASIL PENGAMATAN DENGAN PERHITUNGAN

Dari hasil pengamatan 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.

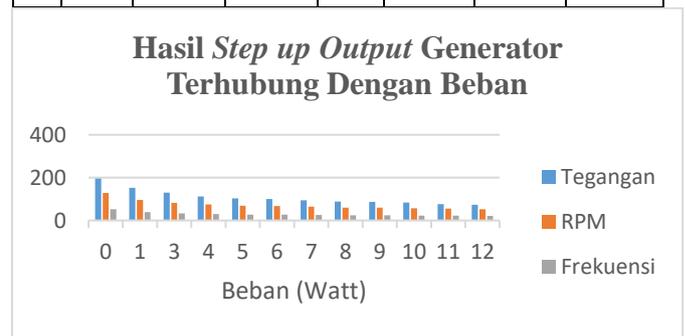
Hasil yang didapatkan pada percobaan akan dipilih sesuai dengan kriteria yang diinginkan untuk dijadikan input di sisi primer dari trafo. Nilai frekuensi 50 Hz yang digunakan sehingga debit air yang akan digunakan sebesar 50% atau 0,35 l/detik agar frekuensi yang dikeluarkan berkisar 50 Hz.

d. Hasil Step up Output Generator Terhubung Dengan Beban

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

TABEL 5.4 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 5.4 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 pada *output*nya. Disaat beban bernilai 0 nilai tegangan bernilai 195,2 Volt dengan frekuensi 52,3 Hz, yang dimana pada tahap uji beban harus menggunakan tegangan yang frekuensinya 50Hz dengan toleransi $\pm 10\%$. Tegangan bernilai 195,2 Volt adalah nilai tertinggi dengan kecepatan putaran turbin bernilai 128,6 RPM.

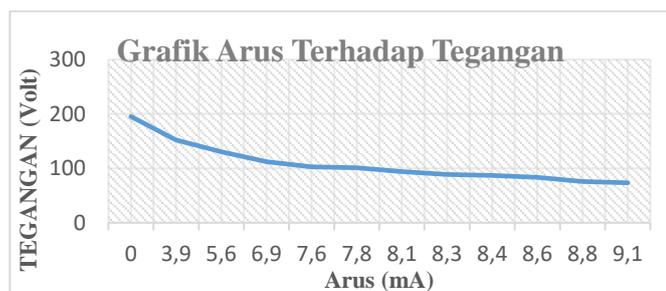
Berdasarkan data table dan grafik diatas Pengaruh dari nilai *output* terlihat pada saat terjadi penambahan beban yang bernilai 1 Watt pada rangkaian listrik dari *output* generator. Pada saat kondisi terbebani 1 Watt arus yang mengalir akan bertambah dari sebelum dibebankan, hal ini mengakibatkan putaran 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.

Pada data di atas dapat dilihat bahwa nilai dari arus primer lebih besar dibandingkan dengan arus sekunder pada trafo. 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.

Data diatas menunjukkan bahwa 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. Apabila debit air penggerak mula dari generator dipertahankan secara konstan ketika beban semakin meningkat, maka kecepatan putar generatornya akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya nilai beban yang terhubung rangkaian. 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.



GAMBAR 5.5 GRAFIK ARUS TERHADAP TEGANGAN

Berdasarkan pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan kepada rangkaian dari sistem pembangkit maka nilai arus yang terukur semakin meningkat. Hal tersebut mengakibatkan nilai *output* tegangan, frekuensi dan kecepatan putar dari generator menjadi menurun.

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

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 pada tegangan generator yang akan semakin menurun.

VI. KESIMPULAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji pada penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya debit air sebagai penggerak mula pendorong turbin dari sistem pembangkit listrik mempengaruhi putaran turbin. 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 bekerja lebih untuk mensuplai listrik ke beban.
2. Frekuensi *output* generator bernilai cukup tinggi dikarenakan jumlah kutub pada magnet permanen generator terlalu banyak.
3. 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, tegangan sekunder 195,2 Volt 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 hingga 73,5 Volt dan frekuensi 52,3 Hz hingga 20,7 Hz.

b. Saran

Penggunaan generator pada pembangkit listrik menggunakan yang memiliki kutub magnet yang lebih sedikit, sehingga nilai frekuensi dapat lebih kecil. Debit air yang menjadi gerak mula pada turbin ditambah jumlahnya agar pada saat dibebankan tidak terjadi menurunnya nilai tegangan dan frekuensi. Bandingkan cara kerja turbin turgo dengan sumbu vertikal dan horizontal. Karena ada pengaruh oleh gaya gravitasi saat putaran turbin. 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.