

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO SEBAGAI DISTRIBUTED GENERATOR DI LABORATORIUM PEMBANGKIT DI POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE

Maulidin Darwis¹, Nelly Safitri², Zamzami³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email : maulidindarwis53@gmail.com

Abstrak-Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di Indonesia adalah pemanfaatan energi air. Pembangkit listrik energi terbarukan dengan memanfaatkan energi air bisa dibuat dalam skala besar maupun kecil. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai daya dari ratusan Watt sampai 5 kW. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk Mengetahui daya yang dapat dihasilkan generator, mempelajari dan menganalisis pengaruh tegangan terhadap penambahan beban output generator, dan mempelajari dan menganalisis pengaruh frekuensi terhadap naik turunnya beban yang terpasang. Metode pengambilan data lapangan dilakukan pada alat rancang bangun PLTMH. Setelah dilakukan pengujian, maka dapat diperoleh data yaitu putaran, tegangan dan frekuensi pada generator AC 1 fasa. Dari hasil perhitungan daya output yang dihasilkan generator, daya output yang dapat dihasilkan generator adalah sebesar 7,82838 watt. Tegangan maksimal yang dapat dihasilkan generator dari prototype PLTMH adalah sebesar 120 Volt pada kondisi tanpa beban. Dengan total beban terpasang yaitu sebesar 12 Watt. Tegangan yang dihasilkan generator dipengaruhi oleh variasi beban. Frekuensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator adalah sebesar 14,1 Hz pada kondisi tanpa beban. Dimana perubahan nilai frekuensi diperoleh akibat fluktuasi beban yang terpasang.

Kata kunci : PLTMH, Generator, Tegangan, Daya

I. PENDAHULUAN

Sehubungan dengan terjadinya lonjakan harga minyak di dunia,serta menurunnya kualitas lingkungan yang akhir-akhir ini semakin mengawatirkan.oleh karena itu PLTMH menjadi solusi yang bagus, tidak memakai bahan bakar dan ramah lingkungan. Daerah pegunungan memiliki potensi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) lebih baik karena sebagian daerah pegunungan terdapat sumber mata air yang mengalir melalui sungai-sungai sepanjang tahunnya, Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air[1].

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air turbin dan generator[2].

Generator merupakan komponen penting dalam pembangkit energi listrik. Generator berfungsi untuk menghasilkan energi listrik dari energi mekanik yang memutarinya. Namun pada suatu sistem dalam pembangkitan energi listrik, terdapat kemungkinan-kemungkinan akan terjadi gangguan pada generator yang dapat menyebabkan generator mengalami kerusakan.Salah satu gangguan yang terjadi pada generator adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat dapat terdiri atas gangguan 3 fasa, gangguan antar saluran, gangguan 1 fasa ke tanah dan gangguan antar saluran ke tanah. Gangguan-gangguan tersebut dapat menyebabkan generator mengalami kerusakan, sehingga perlu digunakan proteksi generator yang dapat melindungi generator dari arus gangguan hubung singkat yang terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum PLTMH

Pembangkit listrik tenaga air skala mikro 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 generator menghasilkan listrik[2].

Pada saluran irigasi ini terdapat penyaringan sampah untuk menyaring kotoran yang mengambang diatas air, kolam pengendap untuk mengendapkan kotoran, saluran pembuangan untuk membuang kelebihan air yang mengalir melalui saluran akibat banjir melalui pintu saluran pembuangan. Akhir dari saluran ini adalah sebuah kolam penenang (forebay tank) yang berfungsi untuk mengendapkan dan menyaring kembali air agar kotoran tidak masuk dan merusak turbin[1].

Selain itu kolam penenang ini berfungsi juga untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke dalam pipa pesat. Pipa pesat (penstock) ini akan mengalirkan air ke rumah pembangkit (power house) yang terdapat turbin dan generator di dalamnya. Besar volume air yang masuk ke pipa pesat diatur melalui pintu pengatur. Turbin pada proses pembangkitan listrik ini berputar karena adanya pengaruh energi potensial air yang mengalir dari pipa pesat dan mengenai sudu- sudu turbin. Berputarnya turbin kemudian akan mengakibatkan generator juga berputar sehingga generator dapat menghasilkan listrik sebagai keluarannya[3].

B. Air Sebagai Sumber Energi Utama (*Sources Energy*)

Energi air merupakan energi terbarukan yang murni, Pemanfaatannya tidak mengakibatkan air mengalami perubahan bentuk, rasa, maupun bau. Inilah salah satu energi terbarukan yang benar-benar terbarukan. Energi air dibedakan dalam dua golongan besar, yaitu air tawar dan air laut. Energi air tawar ada dua, yaitu energi gravitasi akibat perbedaan elevasi dan arus. Sementara, energi air laut meliputi energi gelombang (tidak), perbedaan suhu permukaan air laut dengan air dalam (OTEC), Pasang Surut, dan perbedaan salinitas[3].

Pembangkit listrik tenaga air dapat diklasifikasikan sesuai dengan daya listrik yang dihasilkannya seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

<u>Daya</u>	<u>Kelas</u>
> 10 MW	<u>Besar</u>
< 10 MW	<u>Kecil</u>
< 1 MW	<u>Mini</u>
< 100 Kw	<u>Micro</u>
< 5 Kw	<u>Pico</u>

C. Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dan lain lain. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Prinsip dasar generator arus bolak-balik yaitu menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Jika pada sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (GGL) yang sifatnya menentang perubahan medan tersebut[4].

Besar tegangan generator bergantung pada :

- Kecepatan putaran (N)
- Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
- Banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (f)
- Konstruksi Generator

Bagian utama generator terdiri dari bagian yang berputar disebut rotor dan bagian yang diam disebut stator. Diantara rotor dan stator terdapat celah udara. Pada generator sinkron kumparan medan terdapat pada rotor, sedangkan kumparan jangkarnya merupakan bagian yang diam. Generator induksi (asinkron) mempunyai kumparan jangkar pada stator, dan tidak terdapat kumparan medan karena generator induksi menggunakan prinsip imbas elektromagnet.

Spesifikasi generator adalah putaran 1500 rpm 50 Hz 3 fasa dengan keluaran tegangan 220V 380V Efisiensi generator secara umum adalah :

- Aplikasi <10 kVA, efisiensi 0,7-0,8.
- Aplikasi 10-20 kVA, efisiensi 0,8-0,85
- Aplikasi 20-50 kVA efisiensi 0,85
- Aplikasi 50-100 kVA efisiensi 0,85-0,9
- Aplikasi >100 kVA efisiensi 0,9-0,95.

Berdasarkan karakteristik turbin yang digunakan maka dalam pemilihan generator perlu mempertimbangkan penyesuaian kecepatan turbin dengan kecepatan generator.

D. Generator Sinkron

Generator sinkron banyak digunakan pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik besar. Secara teknis, desainnya telah mengalami penyempurnaan yang meningkatkan bertujuan untuk meningkatkan performansi, efisiensi dan perawatannya[3].

Pada generator sinkron kutub-kutub pembangkit medan magnet (rotor) berputar terhadap jangkar (stator). Selama rotor berputar terjadi fluks medan magnet yang membangkitkan energi listrik yang dikenal sebagai gaya gerak listrik (GGL). Arus bolak-balik (AC) yang

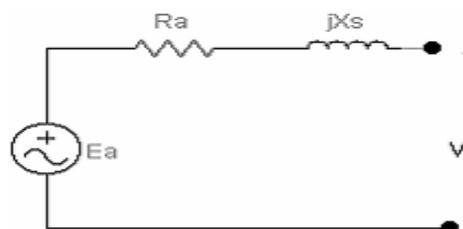
dihasilkan dialirkan oleh kawat-kawat yang dihubungkan langsung dengan lilitan (kumparan) jangkar[4].

Untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dapat diperoleh dengan 2 cara yaitu:

- Rotor generator sinkron merupakan magnet permanen
- Mengalirkan arus searah (DC) ke rotor untuk membangkitkan medan magnet pada kumparan medan, biasanya diberikan oleh mesin penguat yang terpisah ke rotor melalui cincin.
- Pada saat generator mengeluarkan arus dari semua lilitan statornya, pada stator timbul medan putar. Kutub medan rotor akan mendapat tarikan dari kutub medan putar stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama (sinkron).

E. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Mesin sinkron mempunyai kumparan medan pada rotor dan kumparan jangkar pada stator. Kumparan jangkar mempunyai bentuk yang sama dengan mesin induksi, sedangkan kumparan medannya dapat berbentuk kutub sepatu atau silinder.

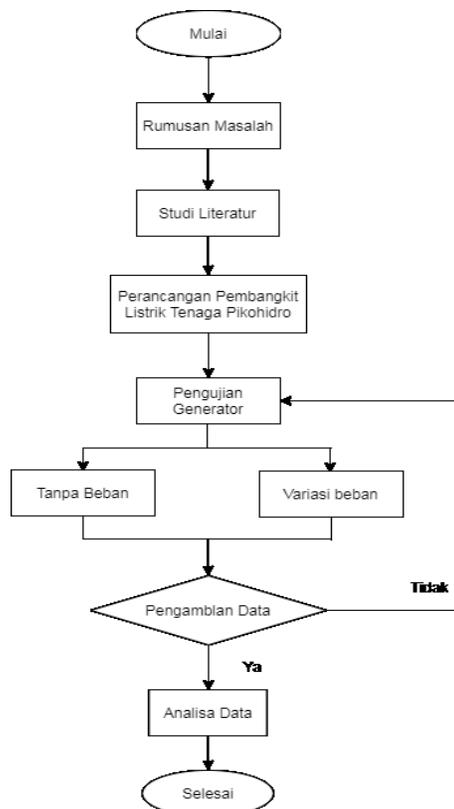


Gambar 1 Rangkaian ekivalen generator sinkron

III.METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data lapangan dilakukan pada alat rancang bangun PLTMH. Setelah dilakukan pengujian, maka dapat diperoleh data yaitu putaran, tegangan dan frekuensi pada generator AC 1 fasa. Data yang diperlukan untuk melakukan analisis pada data rancang bangun PLTMH berupa data putaran, tegangan dan frekuensi pada generator untuk di perhitungkan.

Metode analisa yang dilakukan dalam analisa perilaku beban output generator pada rancang bangun PLTPH dapat digambarkan dalam flow chart pada gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Generator dan Perhitungan Output Generator

Pada penelitian ini untuk pemilihan generator yang digunakan pada modul rancang bangun PLTMH adalah menggunakan generator sinkron AC 1 fasa. Rotor pada generator sinkron AC 1 fasa menggunakan magnet permanen sebagai salah satu syarat untuk menghasilkan tegangan listrik. Daya maksimal yang mampu dihasilkan generator sebesar 1000 Watt dengan tegangan 220 Volt. Dengan kutub generator berjumlah 4 mampu menghasilkan putaran maksimal pada 1200 – 1500 rpm.

Tabel 2 Spesifikasi Generator Yang Digunakan

Spesifikasi Generator	
Tipe	Generator AC
Jumlah	1 Unit
Fasa	1 Fasa
Kapasitas (Daya)	1000 Watt
Tegangan	220 Volt
JumlahKutub	4
Putaran	1200 - 1500 RPM
Kondisi	2nd Ex Industri

a. Perhitungan Debit Air

Perhitungan debit air pada prototype PLTMH, penulis menggunakan debit air yang tertera pada name plate pompa air yang digunakan untuk penggerak turbin. Debit air yang tertera pada pompa adalah 90 liter/menit. Untuk memudahkan dalam perhitungan dan sesuai satuan standar internasional, satuan liter/menit dikonversikan terlebih dahulu ke satuan m³/s dengan perhitungan konversi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 90l/min &= \dots m^3/s \\
 &= 90 \times \frac{1/1000}{60} \\
 &= 0,0015m^3/s
 \end{aligned}$$

Keterangan:

1liter = 11000m³
 1 menit = 60 detik

Setelah dikonversikan ke satuan standar internasional, maka debit air pada pompa yaitu 0,0015 m³/s.

b. Perhitungan Daya Output Generator

Sebelum menentukan daya output generator, terlebih dahulu ditentukan daya input dan output turbin untuk menentukan daya generator. Daya input turbin dapat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \rho \times Q \times h \times g \\
 = 1000 \times 0.0015 \times 1 \times 9.81 \\
 = 14,715 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Daya output turbin pelton dengan efsensi turbin yang digunakan adalah 70% dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned}
 \rho \times Q \times h \times g \times \eta \\
 = 1000 \times 0.0015 \times 1 \times 9.81 \times 0.7 \\
 = 10,3005 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Daya output generator (Pg) PLTMH merupakan besaran beban yang mampu disuplai untuk mendapatkan daya generator (Pg) daya output (Pout) turbin dikalikan dengan efisiensi generator sesuai dengan yang ada pada name plate. Generator yang digunakan adalah generator sinkron AC 1 fasa dengan daya terpasang sebesar 1000 watt. Nilai efisiensi generator yang diambil adalah 0,8. Untuk

mentransmisikan daya mekanik turbin ke generator dihubungkan dengan sabuk berjenis V- belt dengan mengansumsikan efisiensi transmisi 0,95.

$$\begin{aligned}
 \rho \times Q \times h \times g \times \eta \times \eta \times \eta \\
 = 1000 \times 0.0015 \times 1 \times 9.81 \times 0.7 \times 0.8 \times 0.95 \\
 = ,82838 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, daya output generator yang dapat dihasilkan adalah 7,82838 watt.

B. Analisa daya output Generator

Daya output generator diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan pada prototype rancang bangun PLTMH. Data hasil pengujian yang diambil berdasarkan bukaan valve pada 100%, 75%, dan 50%. Hasil pengujian daya output generator dengan bukaan valve 100%.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian PLTMH Dengan Bukaan Valve 100%

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)
0	170	423	120	0	14,1
3	102	260	75	0,05	8,7
6	85	219	70	0,11	7,3
9	78	201	55	0,20	6,7
12	75	192	50	0,30	6,4

Hasil pengujian daya output generator dengan bukaan valve 75% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian PLTMH Dengan Bukaan Valve 75%

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)
0	159	416	115	0	14
3	100	255	70	0,05	8,5
6	85	219	60	0,13	7,3
9	79	199	55	0,20	6,6
12	74	191	50	0,30	6,4

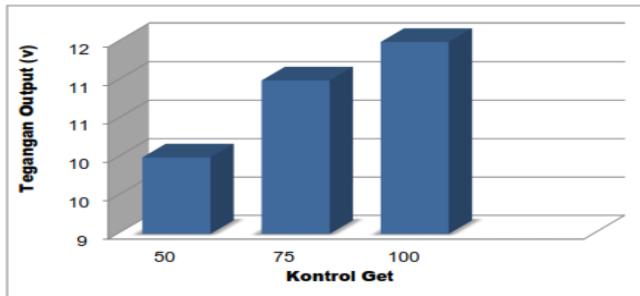
Hasil pengujian daya output generator dengan bukaan valve 50% dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Data Hasil Pengujian PLTMH Dengan Bukaan Valve 50%

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)
0	153	393	105	0	13,1
3	97	248	70	0,05	8,3
6	83	211	55	0,14	7,0
9	76	192	50	0,23	6,4
12	71	186	45	0,33	6,2

C. Analisa Pengaruh Kontrol Get Valve Terhadap Tegangan Output Tanpa Beban

Mengenai analisa pengaruh kontrol get valve terhadap tegangan output generator dapat dilihat pada gambar 6

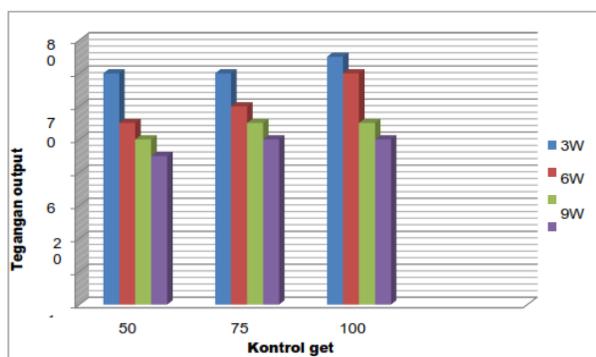


Gambar 6 Grafik Kontrol Valve Terhadap Tegangan Tanpa Beban Generator

Dari grafik diatas dapat dianalisis bahwa pada kontrol get valve 50%, generator menghasilkan tegangan sebesar 105 V. Pada kontrol get valve 75%, generator menghasilkan 115 V. Pada kontrol get valve 100%, tegangan generator naik menjadi 120 V. Dari grafik dan analisis penulis menyimpulkan bahwa tegangan yang keluar pada generator berpengaruh terhadap kontrol get valve pada pembangkit. Kontrol get valve berfungsi untuk menyalurkan airmelalui pipa. Pada kondisi kontrol get valve 100%, jumlah air yang disalurkan merupakan jumlah air maksimal dalam pipa yang dapat menghasilkan tekanan air untuk memutar turbin. Pada kondisi kontrol get valve 100% adalah putaran turbin maksimal yang dapat di transmisikan ke generator. Sehingga tegangan output yang dapat dihasilkan generator berpengaruh terhadap putaran turbin yang di transmisikan kegenerator.

D. Analisa Pengaruh Kontrol Get Valve Terhadap Tegangan Output Dengan Beban

Mengenai pengaruh kontrol get valve terhadap tegangan output pada kondisi generator diberi beban dapat dilihat pada gambar 7.

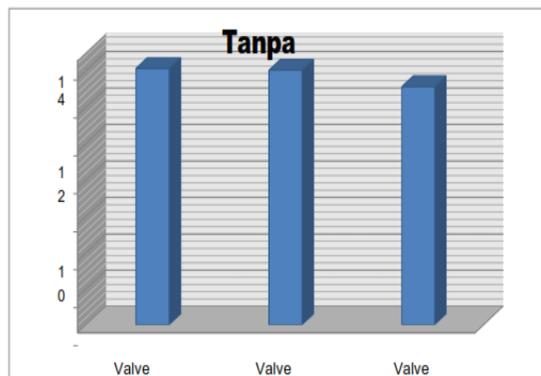


Gambar 7 Grafik Kontrol Get Valve Terhadap Tegangan Dengan Beban Generator

Dari grafik pada gambar 7 dapat dianalisis bahwa pada kontrol get valve 100% dengan beban terpasang 3 W, generator menghasilkan tegangan sebesar 75V. Pada beban 6 W, generator menghasilkan tegangan 70 V. Pada beban 9 W, generator menghasilkan 55 V. Pada beban 12 W, generator menghasilkan 50V. Pada kontrol get valve 75% dengan beban 3 W, generator menghasilkan 70 V. pada beban 6 W, generator menghasilkan 60 V. Pada beban 9 W, generator menghasilkan 55 V. Pada beban 12 W, generator menghasilkan 50 V. Pada kontrol get valve 50% dengan beban 3 W, genetaor menghasilkan 70 V. Pada beban 6 W, generator menghasilkan 55 V. pada beban 9 W, generator menghasilkan 50 V, dan pada beban 12 W, generator menghasilkan 45 V. Dengan membandingkan perbedaan kontrol get valve 100% dengan 75% dimana

tegangan keluaran generator mengalami penurunan tegangan akibat bertambahnya beban terpasang mulai dari 3 W hingga 12 W. Kondisi yang sama juga terjadi pada kontrol get valve 50% dimana tegangan turun dikarenakan putaran generator yang turun pula akibat putaran pada turbin yang rendah akibat tekanan air masuk yang rendah.

Untuk tegangan yang dihasilkan generator dengan variasi beban dan control get valve tidak stabil dikarenakan tegangan output dipengaruhi oleh jenis generator yang digunakan yaitu generator dengan rotor magnet permanen. Sehingga tegangan keluaran berpengaruh terhadap putaran generator. Analisa Pengaruh Frekuensi Output Generator Tanpa Beban Mengenai pengaruh frekuensi output generator tanpa beban, dapat dilihat pada gambar 8



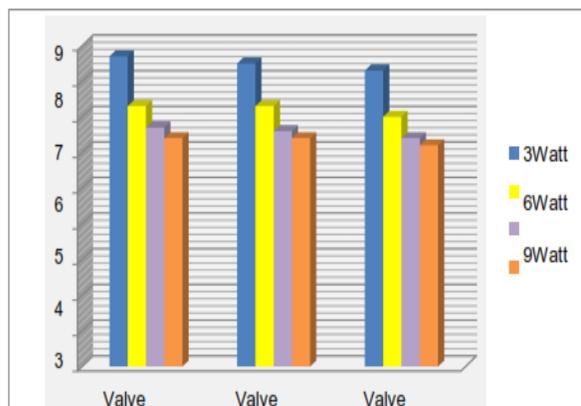
Gambar 8 Grafik Frekuensi Terhadap Output Generator

Dari gambar 8, pada pengujian frekuensi tanpa beban output generator dapat dianalisis bahwa pada kondisi valve 100% frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 14,1 Hz. Pada kondisi valve 75% frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 14 Hz. Pada kondisi valve 50% frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 13,1 Hz. Setelah dianalisis dapat disimpulkan bahwa perubahan bukaan valve berpengaruh terhadap frekuensi yang dapat dihasilkan generator.

Frekuensi yang dapat dihasilkan berpengaruh terhadap putaran generator, sehingga pada saat putaran generator berada pada putaran rendah, maka frekuensi yang dihasilkan semakin kecil, begitupula sebaliknya.

E. Analisa Pengaruh Frekuensi Generator Terhadap Beban Ouput Generator

Mengenai pengaruh frekuensi terhadap generator beban output generator, dapat di lihat pada gambar 9..



Gambar 9 Grafik Frekuensi Terhadap Beban Output Generator

Dari gambar 9, pada pengujian frekuensi dengan variasi beban output generator dapat dianalisis bahwa pada bukaan valve 100% dengan beban 3 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 8,7 Hz. Pada beban 6 Watt, frekuensi yang dihasilkan generator adalah 7,3 Hz. Pada beban 9 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 6,7 Hz. Pada beban 12 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 6,4 Hz. Pada bukaan valve 75% dengan

beban 3 Watt, frekuensi yang dihasilkan generator adalah 8,5 Hz. Pada beban 6 Watt, frekuensi yang dihasilkan generator adalah 7,3 Hz. Pada beban 9 Watt.

Frekuensi yang dihasilkan generator adalah 6,6 Hz. Pada beban 12 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 6,4 Hz. Pada bukaan valve 50% dengan beban 3 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 8,3 Hz. Pada beban 6 Watt, frekuensi yang dihasilkan generator adalah 7,0 Hz. Pada beban 9 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 6,4 Hz. Pada beban 12 Watt, frekuensi yang mampu dihasilkan generator adalah 6,2 Hz. Dari hasil analisis diatas maka dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan variasi beban output generator, frekuensi yang mampu dihasilkan generator mengalami penurunan nilai frekuensi.

F. Analisis Daya Output PLTMH Dengan Daya Output Secara Teoritis

Daya Output pada prototype PLTMH yang direncanakan sebelumnya berdasarkan pada perhitungan adalah sebesar 7,828 W. Hasil dari pengeluaran generator saat pengujian, prototype PLTMH mampu menyuplai daya beban terpasang 3 W, 6 W, 9 W, dan 12 W. Secara keseluruhan, jumlah total beban yang mampu dihasilkan pembangkit yaitu 12 W. Hasil ini sedikit berbeda dari daya output yang direncanakan yaitu 7,828 W. Penyebab daya keluaran generator melebihi dari daya yang direncanakan dipengaruhi oleh penambahan jumlah nozzle pada prototype PLTMH. Sehingga tekanan air yang masuk ke turbin lebih kuat untuk memutar turbin. Akibat putaran turbin yang tinggi maka putaran generator ikut bertambah akibat dari bantuan transmisi mekanik berupa pulley dan sabuk V-Belt. Sehingga daya output yang dihasilkan generator mampu menyuplai beban hingga 12 W.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan daya output yang dihasilkan generator, daya output yang dapat dihasilkan generator adalah sebesar 7,82838 watt.
2. Tegangan maksimal yang dapat dihasilkan generator dari prototype PLTMH adalah sebesar 120 Volt pada kondisi tanpa beban. Dengan total beban terpasang yaitu sebesar 12 Watt. Tegangan yang dihasilkan generator dipengaruhi oleh variasi beban.
3. Frekuensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator adalah sebesar 14,1 Hz pada kondisi tanpa beban. Dimana perubahan nilai frekuensi diperoleh akibat fluktuasi beban yang terpasang.

REFERENSI

- [1] Hasannuddin, 2011, Studi Tanggapan Frekuensi Akibat Masuknya Distributed Generation Pada Sistem Interkoneksi Jamali, Jurnal Litek, Volume 8 Nomor 1, Maret 2011, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [2] Fauzan dkk. (2012). Mesin Listrik. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [3] Marsudi, Djiteng. 2016. "Operasi Sistem Tenaga Listrik Edisi 3". Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [4] Safrizal. 2019. "Proses Pembangkitan Pada PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW". Laporan Praktek Kerja Lapangan. Lhokseumawe : Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.