

ANALISIS BEBAN GENERATOR PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

Yogi Pratama¹, Radhiah², Fauzan³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: yogipratama.trpe18@gmail.com¹, radhiah34@yahoo.com², ozan.pnl@gmail.com³

ABSTRAK

Pembangkit listrik energi terbarukan dengan memanfaatkan energi uap biasa dibuat dalam skala besar, pada rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga uap ini, uap yang dihasilkan boiler termasuk kecil maka dengan itu penulis menggunakan silinder kompres untuk pengganti turbin sebagai penggerak mula generator, generator menjadi salah satu komponen paling penting pada pembangkit listrik tenaga uap, tanpa adanya generator maka energi kinetik yang dihasilkan turbin tidak dapat diubah menjadi energi listrik, terdapat berbagai jenis generator salah satunya adalah generator magnet permanen. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh kecepatan generator terhadap tegangan yang dibangkitkan, kemudian untuk mengetahui pengaruh perubahan arus terhadap variasi beban dan juga agar mengetahui berapa besar daya listrik yang dibangkitkan generator bila beban bervariasi. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode kuantitatif pengumpulan data menggunakan alat ukur (instrumen) penelitian, analisa data. Dengan mendapatkan hasil nilai tegangan terbesar yang dibangkitkan tanpa beban pada saat putaran generator 886 rpm, membangkitkan keluaran tegangan sebesar 38,05 volt, dan nilai tegangan tanpa beban terendah pada saat putaran generator 629 rpm membangkitkan tegangan sebesar 20,65 volt. Perubahan variasi beban lampu mengakibatkan kecepatan putar pada generator mengalami perubahan dan juga akan turut mempengaruhi nilai arus yang dihasilkan. Daya yang dibangkitkan generator sangat dipengaruhi oleh beban, semakin besar beban maka dayanya semakin turun disebabkan nilai tegangan juga mengalami penurunan. Daya terbesar yang dapat dihasilkan generator adalah sebesar 11,67 watt pada saat beban lampu 5 Watt pada putaran 866 rpm.

Kata Kunci: Prototipe PLTU, Generator Magnet Permanen, Tegangan, Arus, Daya

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di Indonesia adalah pemanfaatan energi uap. Pembangkit listrik energi terbarukan dengan memanfaatkan energi uap biasa dibuat dalam skala besar. Pembangkit Listrik Tenaga uap (PLTU) adalah suatu pembangkit listrik tenaga uap yang mempunyai daya sampai 600 MW tiap mesinnya. Secara teknis, PLTU memiliki beberapa komponen utama yaitu uap (sumber energi) baik itu melalui panas bumi maupun batu bara, turbin dan generator. [1]

Generator menjadi salah satu komponen paling penting pada pembangkit listrik tenaga uap, tanpa adanya generator maka energi kinetik yang dihasilkan turbin tidak dapat diubah menjadi energi listrik, terdapat berbagai jenis generator salah satunya adalah generator magnet permanen, yang penulis pakai pada skripsi ini yang berjudul analisa generator prototipe pembangkit listrik tenaga uap.

Pada rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga uap ini, uap yang dihasilkan boiler termasuk kecil maka dengan itu penulis menggunakan silinder kompres untuk pengganti turbin sebagai penggerak mula, dan dikarenakan rancang bangun ini memerlukan biaya besar maka terdapat dua penulis, penulis pertama membahas tentang sistem boiler dan kerja silinder kompres dan saya sendiri sebagai penulis kedua membahas tentang kerja generator dan daya yang dihasilkan pada prototipe pembangkit listrik tenaga uap.

Selain itu alat prototipe pembangkit listrik tenaga uap, yang juga belum pernah digunakan sebagai alat bantu media praktikum di Politeknik Negeri Lhokseumawe untuk menambah wawasan dan mempermudah dalam pembelajaran mata kuliah konversi energi listrik dan termodinamika karena belum adanya miniature mesin uap maka penulis tertarik untuk membuat perancang prototipe miniatur pembangkit listrik tenaga uap.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau biasa disingkat PLTU merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang dikembangkan yang menggunakan uap dari hasil pembakaran sebagai penggerak turbin untuk menghasilkan energi listrik. PLTU terdiri dari banyak sekali peralatan, mulai dari boiler, turbin uap, generator, trafo, dan masih banyak lagi dengan jenis yang berbeda-beda. [2]

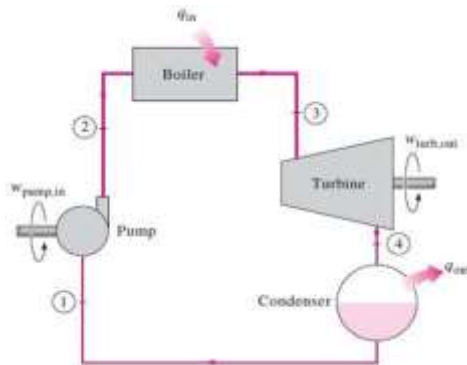
Pembangkit listrik merupakan proses perubahan bentuk satu energi ke bentuk energi lain dimana sebagai produknya berupa energi listrik. PLTU mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas yang ditransfer ke air pengisi.

Bentuk / wujud energi diatas posisinya / keberadaannya seperti berikut:

- Energi kimia, terdapat dalam bahan bakar.
- Energi kalor, terjadi pada proses reaksi/

pembakaran, panas diteruskan ke dinding pipa ketel, diterima air ketelsebagai energikalor.

- c. Energi kinetik, energi uap berubah fungsi kecepatan mendorong sudu. Skematik pembangkit listrik tenaga uap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr 1. Skematik Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Dalam pembangkit listrik tenaga uap, energi primer yang dikonversikan menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak (cair), dan gas.

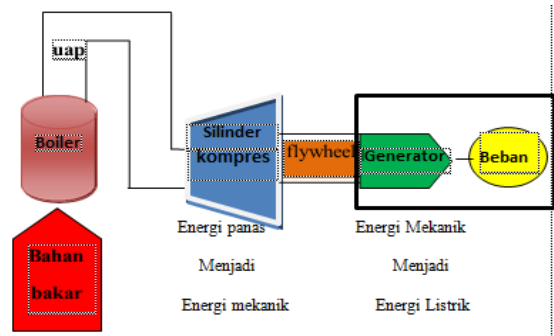
Konversi energi tingkat pertama yang terjadi di pembangkit listrik tenaga uap adalah konversi energi primer menjadi energi panas (Kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari ketel uap. Energi panas ini kemudian dipindahkan ke dalam air yang ada dalam steam drum. Uap dari steam drum dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi uap dikonversikan menjadi energi mekanis penggerak generator, dan akhirnya energi mekanik dari turbin uap dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator.[3]

B. Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap

PLTU mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas yang ditransfer ke air pengisi sehingga menjadi energi kinetik pada uap yang kemudian uap tersebut digunakan untuk menggerakkan silinder kompres secara bolak balik, kemudian memutar *flywheel* yang dihubungkan ke *pulley* dari putaran *pulley* dihubungkan ke generator melalui van belt sehingga generator akan berputar dan menghasilkan energi listrik. Bentuk / wujud energi diatas posisinya / keberadaannya seperti berikut:

- a. Energi kimia, terdapat dalam bahan bakar gas.
- b. Energi kalor, terjadi pada proses reaksi/ pembakaran, panas diteruskan ke dinding boiler , diterima boiler sebagai energi kalor.
- c. Energi kinetik, energi uap berubah fungsi kecepatan mendorong silinder kompres memutar *flywheel*.
- d. Energi mekanik *flywheel* memutar generator yang dihubungkan ke generator melalui van belt..
- e. Energi listrik, putaran *flywheel* diteruskan ke poros generator menghasilkan listrik.[4]

Bagan siklus prototipe PLTU pada rancang bangun ini ditunjukkan pada Gambar 2



Gbr 2. Bagan Siklus Prototipe PLTU

Adapun langkah-langkah untuk menjalankan prototipe PLTU yaitu:

1. Siapkan gas portable untuk pengapian pada tabung boiler.
2. Isi air ke dalam boiler.
3. Panaskan air yang telah di isi di dalam boiler atau ketel uap.
4. Tunggu beberapa menit proses pemanasan air sehingga menghasilkan uap.
5. Setelah itu uap yang disalurkan dari besi kecil itu akan memberi tekanan pada silinder kompres yang telah disediakan.
6. Setelah itu silinder kompres akan bergerak sehingga dapat memutar *flywheel* yang akan disambungkan melalui belt pada pulley generator.
7. Setelah itu generator akan berputar dan menghasilkan tegangan.
8. Setelah itu akan disuplai ke beban yang berupa lampu.

C. Generator

Generator merupakan salah satu mesin listrik, yang mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri atas dua bagian utama yaitu kumparan jangkar dan kumparan medan yang ditempatkan pada stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam/ tetap, dan rotor adalah bagian yang berputar pada mesin

Hubungan antara kecepatan putar dan frekuensi generator dapat dirumuskan pada persamaan 1:

$$n = \frac{120 F}{P} f \tag{1}$$

Keterangan:

- n = putaran (rpm)
- f = frekuensi (Hz)
- p = jumlah kutub

Adapun besar GGL induksi kumparan stator atau GGL induksi armatur per fasa dapat dilihat pada Persamaan 2:

$$E_a / ph = 4,44. f. M. \phi. K_d \tag{2}$$

Keterangan:

- Ea = Gaya gerak listrik armatur per fasa (volt)
- f = Frekuensi output generator (Hz)
- M = Jumlah kumparan per fasa = Z/2
- Z = Jumlah konduktor seluruh slot per fasa
- Kd = Faktor distribusi. Hal ini diperlukan karena kumparan armatur atau alternator tidak terletak di dalam satu slot melainkan terdistribusi dalam beberapa slot per fasa
- ϕ = Flux magnet per kutub per fasa[5]

D. Generator Magnet Permanen

Generator pemanen magnet (PMG) merupakan generator sinkron yang medan magnet dihasilkan oleh magnet permanen bukan kumparan sehingga fluks magnetik dihasilkan oleh medan magnet permanen. Generator permanen magnet (PMG) umumnya digunakan untuk mengubah output daya mekanik turbin uap, turbin gas, turbin air dan turbin angin menjadi tenaga listrik untuk grid bahkan sebagai generator pada mobil listrik. Dalam generator magnet permanen, medan magnet rotor dihasilkan oleh magnet permanen sehingga tidak memerlukan arus DC untuk membangkitkan medan magnet.[6]

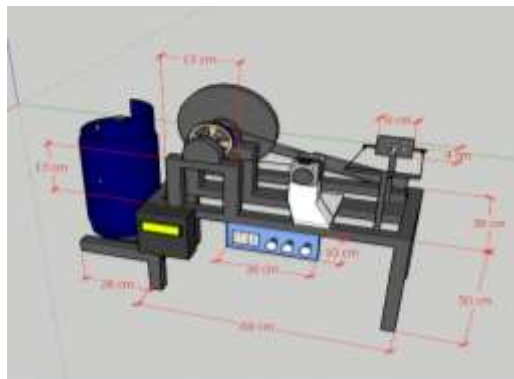
Kelebihan penggunaan magnet permanen pada konstruksi generator ini adalah :

- a. Tidak ada energi listrik yang diserap sistem medan magnet sehingga tidak ada kerugian energi listrik yang artinya dapat meningkatkan efisiensi.
- b. Menghasilkan torsi yang lebih besar daripada yang menggunakan elektromagnet.
- c. Menghasilkan performa dinamis yang lebih besar (kerapatan fluks magnet lebih besar pada celah udara) daripada yang menggunakan magnet non permanen.
- d. Menyederhanakan konstruksi dan perawatan, mengurangi biaya pemeliharaan pada beberapa tipe mesin[7]

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Sistem

Tahap ini meliputi perancangan sistem dengan menggunakan sistem membuat alat, analisa dan mempelajari konsep pembangkit listrik tenaga uap dari komponen yang telah ada. Tahap ini merupakan tahap yang paling penting dimana bentuk awal pembuatan pembangkit listrik tenaga listrik uap yang akan dirancang. Pada tahapan ini dilakukan desain sistem dan desain prosese – proses yang telah ada. Desain sistem prototipe PLTU dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr 3. Dimensi Prototipe PLTU

Pada penelitian ini memakai generator AC tetapi outputnya DC karena menggunakan dioda bridge sebagai penyearah agar pada putaran rendah mendapatkan tegangan DC 12 volt. Spesifikasi generator yang digunakan pada prototipe pembangkit listrik tenaga uap dapat dilihat pada Tabel 1:

TABEL I
Spesifikasi generator

Spesifikasi Generator	
Tipe	Generator AC
Jumlah	1
Fasa	1
Kapasitas	200 Watt
Tegangan AC	100 Volt
Jumlah Kutub	4
Putaran	100-1500 rpm
Kondisi	2nd Ex Motor servo
Frekuensi	50 z

B. Metode Pengujian

- 1. Pengukuran putaran
Pengukuran ini menggunakan tachometer untuk mengetahui berapa putaran yang dihasilkan roda gila pada pulley generator.
- 2. Pengukuran Tegangan
Pengukuran tegangan berfungsi untuk mengetahui besaran tegangan yang dihasilkan pada sistem prototipe pembangkit listrik tenaga uap, dalam pengukuran ini menggunakan sensor tegangan yang di sambung ke output generator dan melalui arduini uno. dan kemudian ditampilkan melalui lcd 16x2 yang diinput melalui arduino uno.
- 3. Pengukuran Arus
Pengujian arus berfungsi untuk mengetahui besaran arus yang yang dihasilkan generator pada sistem prototipe pembangkit listrik tenaga uap, dalam pengukuran ini menggunakan sensor arus yang disambung secara seri melalui kabel

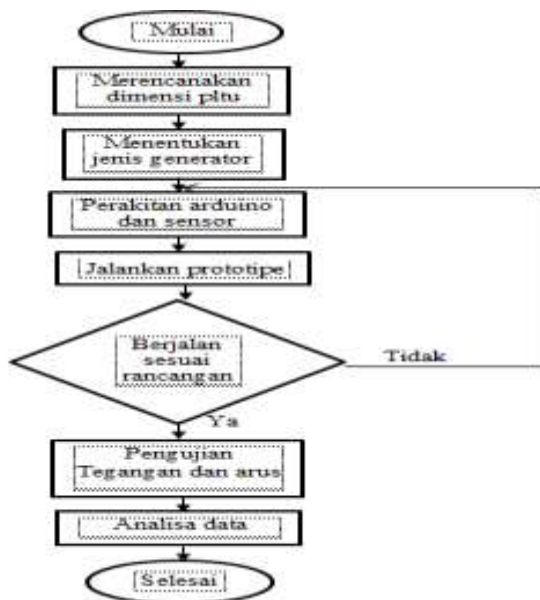
yang digunakan untuk mengalirkan arus dari sumber ke beban.

4. Pengukuran Daya

Pengukuran daya berfungsi untuk mengetahui berapa tegangan dan arus maksimum generator, pengukuran daya dengan menggunakan rumus Tegangan dan Arus Sehingga di dapat daya mampunya generator.

C. Metode Analisis

Metode analisa yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat di Gambar 4

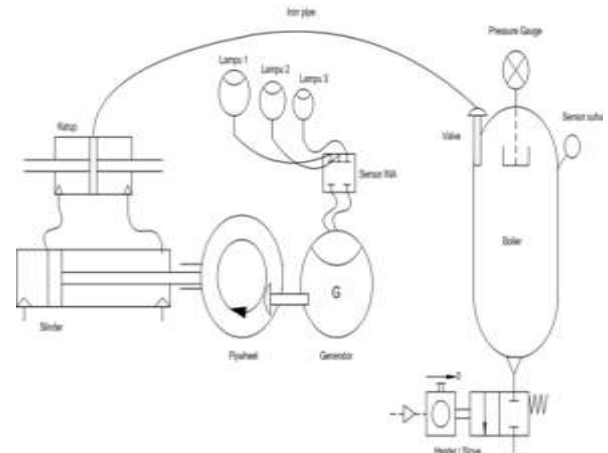


Gbr 4. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap

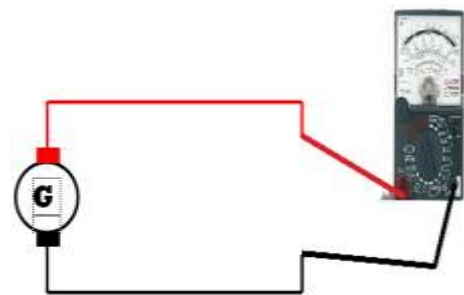
Prototipe pembangkit listrik tenaga uap ini menggunakan gas portabel sebagai pemanas boiler, setelah terjadi pembakaran pada boiler maka air yang ada pada boiler akan menjadi uap bertekanan, kemudian uap disalurkan melalui pipa besi dengan membuka valve pada boiler, setelah itu uap bertekanan masuk melalui katub silinder kompres sehingga silinder kompres bergerak dan memutar *flywheel*, selanjutnya *pulley* yang terhubung pada *flywheel* akan ikut berputar dan dihubungkan ke generator melalui van belt, sehingga generator akan berputar dan membangkitkan tegangan, untuk melihat perubahan arus maka diberikan variasi beban. Beban tersebut berupa 3 buah lampu led dc yang masing-masing memiliki daya 5 watt 10 watt dan 15 watt. Diagram pengawatan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gbr 5. Diagram Pengawatan

B. Pengaruh Kecepatan Generator Terhadap Tegangan Yang Dibangkitkan

Pengujian generator dalam kondisi tanpa beban dengan pengaturan variasi tegangan tergantung dengan tekanan yang dihasilkan boiler. Tekanan dimulai dari yang tertinggi yaitu pada tekanan boiler 60 psi menghasilkan kecepatan generator 886 rpm. Kemudian pada tekanan boiler 50 psi menghasilkan kecepatan generator 795 rpm. Berikutnya pada tekanan boiler 40 psi menghasilkan kecepatan generator 708 rpm. Selanjutnya pada tekanan boiler 30 psi menghasilkan kecepatan generator 682 rpm dan tekanan 20 psi menghasilkan kecepatan generator 629 rpm. Pengukuran dari pengujian ini menggunakan tachometer dan alat ukur multimeter. Rangkaian pengujian tegangan generator tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 6:



Gbr 6. Rangkaian Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Hasil pengujian generator tanpa beban ditunjukkan pada Tabel 2

TABEL II
Hasil Pengujian Generator Tanpa Beban

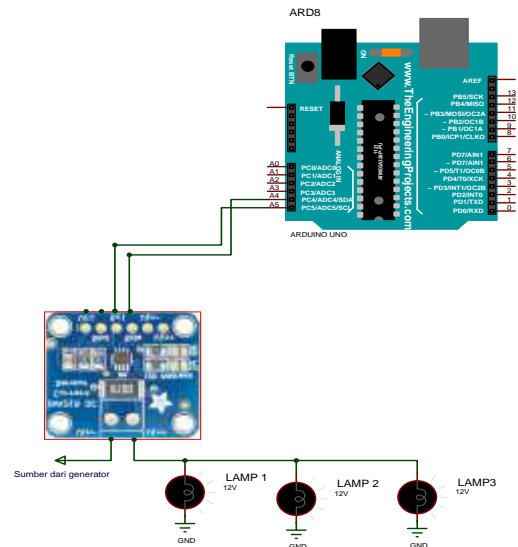
No	Tekanan (psi)	Putaran generator (rpm)	Tegangan (V)
1	60	866	38,05
2	50	795	30,68
3	40	708	28,70
4	30	682	24,28
5	20	629	20,65

Pengujian generator tanpa beban dilakukan dengan pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pengujian menggunakan alat ukur multimeter. Pengujian pertama dilakukan pada saat kecepatan generator 886 rpm yang dapat membangkitkan keluaran tegangan sebesar 38,05 Volt. Selanjutnya pengujian kedua dilakukan pada saat generator 795 rpm dapat membangkitkan keluaran tegangan sebesar 30,68 Volt. Kemudian pengujian ketiga dilakukan pada saat generator 708 rpm dapat membangkitkan keluaran tegangan sebesar 28,70 volt. Berikutnya pengujian keempat dilakukan pada saat generator 682 rpm dapat membangkitkan tegangan sebesar 24,28 Volt dan pada pengujian kelima dilakukan pada saat generator 629 rpm membangkitkan tegangan sebesar 20,65 Volt. Dengan demikian membuktikan bahwa kecepatan putar generator mempengaruhi tegangan, ketika kecepatan putar meningkat maka akan berpengaruh terhadap tegangan yang akan semakin meningkat.

Dari hasil pada tabel 2, dapat dilihat perubahan kecepatan terhadap tegangan yang dibangkitkan generator, kondisi parameter dari tegangan mengalami perubahan seiring dengan perubahan putaran pada generator, semakin besar nilai putaran maka semakin besar juga nilai tegangan yang dihasilkan. Pada saat putaran generator 886 rpm dapat membangkitkan tegangan tertinggi sebesar 38,05 Volt, dan pada saat putaran generator 629 rpm membangkitkan tegangan terendah 20,65 Volt. Terjadinya drop tegangan sebesar 15,4 Volt dikarenakan putaran generator melambat sebesar 257 rpm diakibatkan oleh turunnya tekanan pada boiler. Hal tersebut membuktikan semakin lambat putaran generator maka akan semakin berpengaruh terhadap terjadinya drop tegangan.

C. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Perubahan Arus Dan Daya Yang Dibangkitkan.

Pengujian generator dilakukan dengan memvariasikan beban dengan menggunakan lampu 5 watt, 10 watt, 15 watt dan 30 watt, untuk mengetahui variasi beban terhadap perubahan arus dan daya yang dibangkitkan. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, pengujian pertama dilakukan pada saat putaran generator 886 rpm, selanjutnya pengujian kedua dilakukan pada saat nilai putaran generator yang lebih rendah yaitu sebesar 795 rpm, berikutnya pengujian ketiga dilakukan pada saat putaran generator 708 rpm, kemudian pengujian keempat dilakukan pada saat putaran generator 682 rpm dan pengujian kelima dilakukan pada saat putaran generator rpm 629. Pengujian dilakukan dari putaran generator 886 rpm hingga terus turun hingga putaran generator 629 rpm, pengujian data tersebut dilakukan karena tekanan boiler yang semakin rendah akibat uap yang terus berkurang. Pengujian variasi beban terhadap arus dan daya generator menggunakan sensor tegangan, arus, dan daya. Rangkaian pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gbr 8. Rangkaian Pengujian Tegangan, Arus Dan Daya

Hasil Pengujian Variasi beban terhadap arus putaran 886 rpm (60 psi) dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel III
Hasil Pengujian Variasi Beban Terhadap Arus Putaran Generator 886 rpm (60 psi)

No	Beban Lampu (Watt)	Putaran Setelah Dibebani (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	5	614	21,94	532	11,67
2	10	546	14,96	598	8,95
3	15	513	14,30	634	9,0
4	20	475	13,46	688	9,1

Tabel 3 menampilkan hasil variasi beban terhadap arus yang dihasilkan generator, kondisi parameter dari arus mengalami perubahan seiring dengan perubahan beban generator, semakin besar beban maka arus akan semakin meningkat, nilai tertinggi dari arus adalah 688 mA pada saat beban 30 watt. Nilai terendah dari parameter arus adalah 532 mA pada saat beban 5 watt. Grafik daya output generator apabila beban bervariasi saat putaran 886 rpm ditunjukkan pada Gambar 10.



Gbr 9. Grafik Variasi Beban Terhadap Daya Generator Putaran 886 rpm

Gambar 9 menampilkan hasil grafik variasi beban terhadap daya yang dibangkitkan generator, pada beban 5 watt daya yang dibangkitkan generator mencapai 11,67

Watt.Selanjutnya pada beban 10 watt daya yang dibangkitkan generator mengalami penurunan menjadi 8,95 watt,hal tersebut dipengaruhi oleh turunnya parameter tegangan,nilai tertinggi daya yang dibangkitkan generator berada pada saat beban 5 watt yaitu 11,67 watt dan nilai terendah daya pada saat beban 10 watt yaitu 8,95 watt.Selanjutnya pengujian kedua variasi beban terhadap arus dilakukan pada saat kecepatan generator 795 rpm dihasilkan dari tekanan boiler 50 psi ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL IV
Hasil Pengujian Variasi Beban Terhadap Arus Putaran Generator 795 rpm (50 psi)

No	Beban Lampu (Watt)	Putaran Setelah Dibebani (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	5	550	16,04	430	6,89
2	10	490	13,63	455	6,20
3	15	485	13,43	550	7,38
4	20	340	10,33	593	6,12

Perubahan beban terhadap arus yang dihasilkan generator, kondisi parameter dari arus mengalami kenaikan seiring dengan perubahan beban generator, nilai tertinggi dari arus adalah 593 mA pada saat beban 30 watt .dan nilai terendah dari arus adalah 430 mA pada saat beban 5 watt. Gambar grafik daya yang dibangkitkan apabila perubahan beban saat putaran 795 rpm ditunjukkan pada Gambar 12.



Gbr 10. Grafik Variasi Beban Terhadap Daya Generator Putaran 795 rpm

Gambar 10 menampilkan hasil grafik variasi beban terhadap daya yang dibangkitkan generator, pada beban 5 watt daya yang dibangkitkan generator mencapai 6,89 watt, selanjutnya pada beban 10 watt daya yang dibangkitkan generator mengalami penurunan menjadi 6,05 watt hal tersebut dipengaruhi oleh turunnya parameter tegangan selanjutnya pada beban 15 watt parameter daya mengalami kenaikan dikarenakan parameter arus mengalami kenaikan dan tidak terjadi drop tegangan yang besar pada parameter tegangan,nilai tertinggi daya yang dibangkitkan generator berada pada saat beban 30 watt yaitu 7,38 watt dan nilai terendah daya pada saat beban 10 watt yaitu 6,2 watt Pengujian Ketiga dilakukan pada saat kecepatan generator 708 rpm dihasilkan dari tekanan boiler 40 psi, ditunjukkan pada Tabel 5.

TABEL V
. Hasil Pengujian Variasi Beban Terhadap Arus Putaran Generator 708 rpm (40 psi)

No	Beban Lampu (Watt)	Putaran Setelah Dibebani (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	5	435	14,68	348	5,10
2	10	340	12,03	405	4,87
3	15	322	11,20	420	4,70
4	20	285	10,37	423	4,38

Variasi beban terhadap arus yang dihasilkan generator, kondisi parameter dari arus mengalami perubahan seiring dengan perubahan beban generator, semakin besar beban maka arus akan semakin meningkat, nilai tertinggi dari arus adalah 423 mA pada saat beban 30 watt.Dan nilai terendah dari arus adalah 348 mA pada saat beban 5 watt. Grafik daya yang dibangkitkan apabila perubahan beban saat putaran 708 rpm ditunjukkan pada Gambar 11.

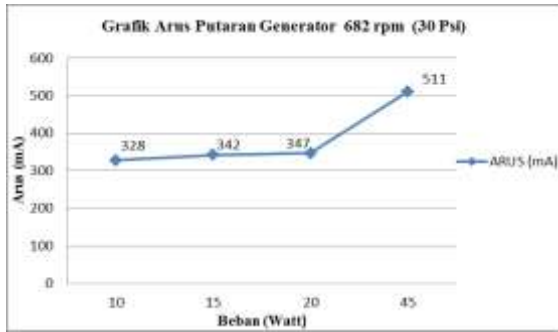


Gambar 11. Grafik Variasi Beban Terhadap Daya Generator Putaran 708 rpm

Gambar 11 menampilkan hasil grafik variasi beban terhadap daya yang dibangkitkan generator, grafik menunjukkan bahwa semakin besar beban maka nilai daya mengalami penurunan disebabkan nilai tegangan yang juga mengalami penurunan, pada beban 5 watt daya output generator mencapai 5,1 watt.Selanjutnya pada beban 10 watt daya yang dibangkitkan generator mengalami penurunan menjadi 4,87 watt hal tersebut dipengaruhi oleh turunnya nilai tegangan yang besar dan nilai arus yang hanya mengalami kenaikan sedikit.Pengujian keempat dilakukan pada saat kecepatan generator 682 rpm dihasilkan dari tekanan boiler 30 psi, ditunjukkan pada Tabel 6.

TABEL VI
. Hasil Pengujian Variasi Beban Terhadap Arus Putaran Generator 682 rpm (30 psi)

No	Beban Lampu (Watt)	Putaran Setelah Dibebani (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	5	381	13,52	328	4,44
2	10	365	12,91	342	7,49
3	15	337	11,28	347	3,91
4	20	258	10,33	511	5,28



Gambar 12. Grafik Variasi Beban Terhadap Arus Generator Putaran 682 rpm

Gambar 12 menampilkan hasil grafik perubahan beban terhadap arus yang dihasilkan generator, kondisi parameter dari arus mengalami perubahan seiring dengan perubahan beban generator, nilai tertinggi dari arus adalah 511 watt pada saat beban 20 watt. Nilai terendah dari arus adalah 328 mA pada saat beban 5 watt. Grafik daya yang dibangkitkan generator apabila variasi beban saat putaran 682 rpm ditunjukkan pada Gambar 13.



Gbr 13.. Grafik Variasi Beban Terhadap Daya Generator Putaran 682 rpm

Dari hasil Grafik dapat dilihat bahwa variasi beban terhadap daya yang dibangkitkan generator, pada beban 5 watt daya yang dibangkitkan generator mencapai 4,44 watt, selanjutnya pada beban 10 watt daya yang dibangkitkan generator mengalami kenaikan menjadi 7,49 watt hal tersebut dipengaruhi oleh naiknya parameter arus. Pengujian kelima dilakukan pada saat kecepatan generator 629 rpm dihasilkan dari tekanan boiler 20 psi, ditunjukkan pada Tabel 7:

TABEL VII

.Hasil Pengujian Variasi Beban Terhadap Arus Putaran Generator 629 rpm (20 psi)

No	Beban Lampu (Watt)	Putaran Setelah Dibebani (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	5	307	14,04	332	4,66
2	10	242	11,45	297	3,40
3	15	227	10,03	312	3,12
4	20	197	8,79	339	2,97



Gambar 14. Grafik Variasi Beban Terhadap Arus Generator Putaran 629 rpm

Gambar 14 menampilkan hasil grafik perubahan beban terhadap arus yang dihasilkan generator, kondisi parameter dari arus mengalami perubahan seiring dengan perubahan beban generator, semakin bertambahnya beban maka nilai arus mengalami kenaikan, nilai tertinggi dari arus adalah 339 mA pada saat beban 5 watt, nilai terendah dari arus adalah 297 mA pada saat beban 10 watt. Grafik daya yang dibangkitkan apabila perubahan beban saat putaran 629 rpm ditunjukkan pada Gambar 15.



Gbr 15.. Grafik Variasi Beban Terhadap Daya Generator Putaran 629 rpm

Gambar 15 menampilkan hasil Grafik variasi beban terhadap daya yang dibangkitkan generator, seiring bertambahnya beban maka daya mengalami penurunan disebabkan nilai tegangan mengalami penurunan yang besar dan nilai arus mengalami kenaikan yang kecil, pada beban 5 watt daya yang dibangkitkan generator mencapai 4,66 watt. Selanjutnya pada beban 10 watt daya yang dibangkitkan generator mengalami penurunan menjadi 3,4 watt, dan terus turun hingga mencapai 2,97 watt pada saat beban 20 watt.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji pada penelitian didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan putaran pada generator sangat dipengaruhi pada tekanan yang dihasilkan boiler, semakin besar tekanan boiler maka putaran pada generator akan semakin mengalami kenaikan, hal tersebut juga

- berpengaruh terhadap tegangan yang dibangkitkan, semakin cepat putaran generator maka semakin besar juga tegangan yang dibangkitkan, putaran tertinggi yang dihasilkan generator adalah 866 rpm pada saat tekanan boiler 60 psi dan membangkitkan tegangan tanpa beban sebesar 38,05 volt.
2. Perubahan variasi beban lampu mengakibatkan kecepatan putar pada generator mengalami perubahan dan juga akan turut mempengaruhi nilai arus yang dihasilkan, pada putaran generator tertinggi saat beban 5 watt menghasilkan nilai arus terendah yaitu pada angka 532 mA dan mengalami nilai arus tertinggi yaitu 688 mA pada saat beban 30 watt. Dengan demikian didapatkan bahwa semakin besar beban maka arus yang dihasilkan akan semakin meningkat.
 3. Daya yang dibangkitkan generator sangat dipengaruhi oleh beban, semakin besar beban maka daya nya semakin turun disebabkan parameter tegangan juga mengalami penurunan, daya terbesar yang dapat dihasilkan generator adalah sebesar 11,67 watt pada saat beban lampu 5 watt pada putaran 866 rpm.

teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan.

- [5] Kholili, M. 2020. **Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap**, (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bengkalis).
- [6] Muhamad Rizky Septianto dkk 2018. **Rancang Bangun Turbin Uap Pada Maket Pembangkit Listrik Tenaga Uap**. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UNJ, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta
- [7] Kusuma A, Supriyo 2015. **Analisa Generator 3 Phasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk Pltb**. Tersedia: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/ekse/rgi/article/view/257> diakses 25 juni 2022

REFERENSI

- [1] Ahmad Yani, Dedi Mustafa, & Taqwa. 2018. **Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Sebagai Media Praktikum Mahasiswa**. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Lampung
- [2] Abadi, Firdaus Alam 2019. **Rancang Bangun Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Uap Berbahan Bakar Biobriket**. Jurnal Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar
- [3] Andriyanto R.A. Fakhrunnisa 2015. **Rancang Bangun Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Flywheel**, Fakultas teknik, Universitas sriwijaya, Palembang
- [3] Firman Dyan Pratama Yoga Jarot Pribadi 2021. **Penerapan Siklus Rankine pada prototipe pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Sederhana sebagai media pembelajaran**, Universitas 17 agustus 1945 surabaya, Surabaya
- [4] Hasyim Suyuti Amin Muzzeki 2021. **Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Berbasis Bioteknologi Lingkungan**,