

EVALUASI KINERJA GENERATOR AC SEDERHANA SECARA EKSPERIMEN BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN DAN DIAMETER KAWAT

Muhammad Syaukani^{1*}, Muhammad Aksel Syah¹, Ilham Dwi Arirohman², Lathifa Putri Afisna¹, Eko Pujiyulianto¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia 35365

² Program Studi Teknik Sistem Energi, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia 35365

* Correspondence: muhammad.syaukani@ms.itera.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan dalam skala kecil sangat penting untuk memenuhi kebutuhan listrik dunia. Untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan tersebut diperlukan suatu alat yang dapat mengubah daya mekanik menjadi daya listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat generator AC sederhana dengan mengubah daya mekanik menjadi listrik dengan memvariasikan diameter kawat tembaga dan kecepatan putarnya. Hasil penelitian ini meliputi informasi tentang daya listrik, torsi, daya mekanik, dan efisiensi generator. Rincian teknis generator yang digunakan adalah 12 kutub, diameter rotor 9,25 cm, dan diameter stator 9 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa generator dengan variasi diameter kawat tembaga 0,15 mm memiliki kinerja yang lebih baik daripada generator dengan variasi diameter kawat 0,75 mm. Generator ini dapat menghasilkan daya listrik sebesar 80,6 watt, torsi sebesar 1,231 Nm, gaya mekanik sebesar 193,468 watt, dan efisiensi sebesar 41,66% pada kecepatan putar 1500 rpm. Hasilnya menunjukkan bahwa kinerja generator akan bervariasi tergantung pada diameter kawat pada kecepatan putar yang berbeda.

Kata Kunci: Generator AC; kecepatan putaran; diameter kawat; kinerja generator

Abstract

Small-scale renewable energy use is crucial for supplying the world's electrical needs. Utilizing these renewable energy sources requires a device that can transform mechanical power into electrical power. The purpose of this research is to construct a simple AC generator by converting mechanical power into electricity by varying the copper wire's diameter and rotational speed. The outcomes of the investigation include information on the electrical power, torque, mechanical power, and efficiency of the generator. The technical details of the generator employed are 12 poles, a rotor diameter of 9.25 cm, and a stator diameter of 9 cm. The results of the investigation reveal that the generator with the 0.15 mm variation in copper wire diameter performs better than the generators with the 0.75 mm variation in wire diameter. It can generate 80,6 watts of electric power, 1,231 N.m. of torque, 193,468 watts of mechanical force, and 41.66% of efficiency at a rotational speed of 1500 rpm. The result shows that the generator's performance will vary depending on the diameter of the wire at different rotating speeds.

Keywords: AC generator; rotation speed; wire diameter; performance.

Received: 16 February 2025
Revised: 26 February 2025
Accepted: 06 March 2025
Published: 26 March 2025

DOI: 10.31884/jtt.v11i1.786



Copyright: © 2025 by JTT

1. PENDAHULUAN

Listrik sebagai kebutuhan yang cukup penting dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam bidang teknologi elektronika. Energi listrik yang tersedia di Indonesia saat ini masih dinilai terbatas. Perkiraan kebutuhan listrik di Indonesia mencapai 55.000 MW. Akan tetapi, baru sekitar 58% yang akan terbangun (Sakura dkk., 2017). Indonesia saat ini menghadapi masalah terkait krisis energi listrik. Defisit energi listrik terjadi karena kapasitas pembangkit listrik dan kebutuhan listrik tidak seimbang. Selain itu, masih banyak daerah terpencil yang belum memiliki akses pasokan listrik. Daerah terpencil di Indonesia, terutama di wilayah kepulauan dan pedalaman, masih menghadapi keterbatasan akses listrik karena infrastruktur jaringan distribusi listrik yang belum memadai. Sebagai contoh Beberapa daerah terpencil di Lampung menghadapi keterbatasan akses listrik, seperti Dusun Tanggung (Pesawaran) (Hardyan dkk., 2023) dan Batu Saeng (Lampung) (Madi et al., 2021) yang memanfaatkan PLTMH, namun terkendala penurunan kinerja. Desa di Pematang Sawa (Tanggamus) bergantung pada genset sebelum jaringan listrik PLN dibangun (Lampung.antaranews.com, 2022). Pemanfaatan energi terbarukan skala kecil menjadi solusi efektif di wilayah tersebut. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan skala kecil menjadi alternatif solusi untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil.

Dunia kelistrikan telah berkembang dengan pesat. Berbagai teknologi kelistrikan terus berkembang. Perangkat kelistrikan yang sangat berpengaruh dalam pemanfaatan energi terbarukan. Cara pemanfaatan sumber energi terbarukan tersebut adalah dengan menggunakan perangkat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (statis) yaitu generator. Pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti angin, air, matahari, dan sumber energi terbarukan lainnya menjadi pilihan untuk mengatasi masalah krisis energi dan lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti angin, air, matahari, dan sumber energi terbarukan lainnya menjadi pilihan untuk mengatasi masalah krisis energi dan lebih ramah lingkungan. Teknologi energi terbarukan skala kecil seperti mikrohidro, turbin angin mini, dan panel surya berpotensi untuk diterapkan di daerah terpencil yang memiliki sumber daya energi terbarukan melimpah.

Generator listrik dapat mengubah energi mekanik, kimia, maupun cahaya menjadi listrik sebagai sumber gaya gerak listrik (GGL) (Nugroho dkk., 2019). Energi mekanik merupakan energi potensial yang diperoleh dari energi terbarukan. Energi mekanik dapat dikonversikan dengan generator yang akan menghasilkan keluaran energi listrik berupa arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC). Dalam kehidupan sehari-hari, arus bolak-balik (AC) biasa digunakan pada kebutuhan elektronik rumah tangga. Untuk menghasilkan arus AC, generator memerlukan slip ring, yang memungkinkan perubahan arah arus listrik sesuai dengan putaran medan magnet. Pada generator AC, tegangan yang dihasilkan dapat langsung digunakan tanpa memerlukan konversi tambahan (Hendra dkk., 2014)

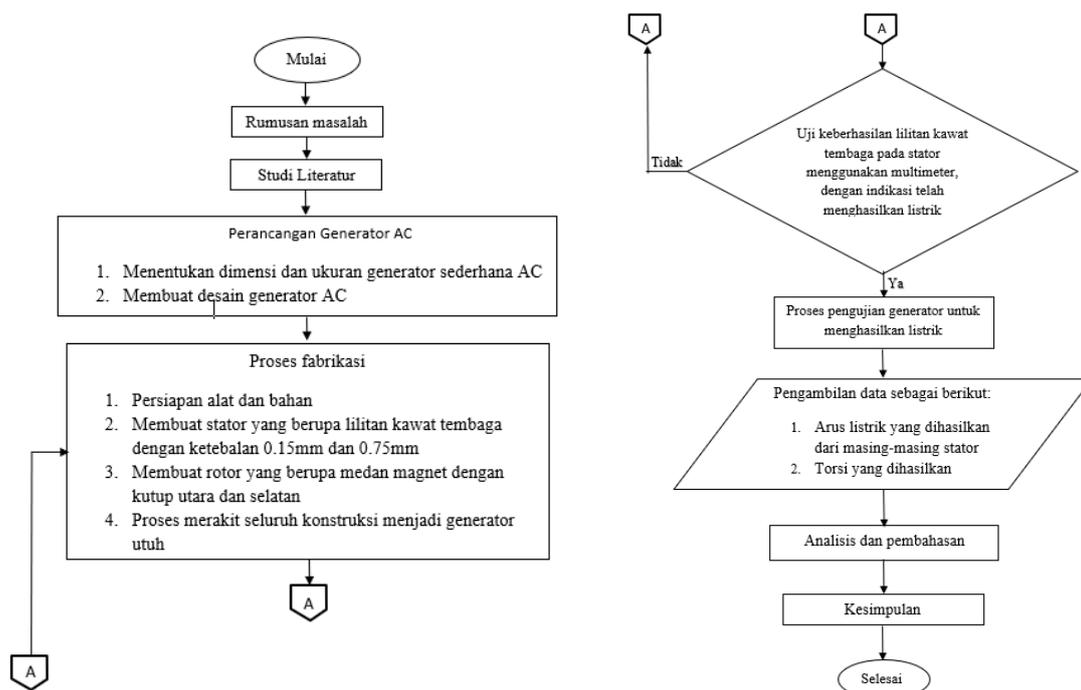
Salah satu komponen utama dalam generator adalah kumparan kawat tembaga, yang berperan penting dalam menghasilkan listrik. Kawat tembaga dipilih karena memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, sehingga mampu meminimalkan rugi-rugi daya akibat hambatan listrik. Selain itu, sifat mekanik tembaga yang fleksibel dan tahan korosi menjadikannya material ideal untuk kumparan stator, tempat induksi elektromagnetik terjadi. Dalam generator AC, kumparan tembaga pada stator tetap diam, sementara medan magnet dari rotor berputar, menghasilkan perubahan fluks magnet yang kemudian dikonversi menjadi arus listrik. Efisiensi dan performa generator sangat dipengaruhi oleh kualitas dan dimensi kumparan kawat tembaga yang digunakan.

Penelitian ini berfokus pada analisis eksperimental pengaruh variasi diameter kawat tembaga terhadap efisiensi generator AC sederhana skala kecil. Kajian mengenai pengaruh diameter kawat pada generator skala kecil masih terbatas pada penelitian sebelumnya, sehingga penelitian ini memberikan sumbangan baru dalam pengembangan teknologi energi terbarukan skala kecil. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem pembangkit listrik skala kecil yang efisien dan berpotensi diterapkan di daerah terpencil tanpa akses listrik. Dengan demikian, hasil

penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

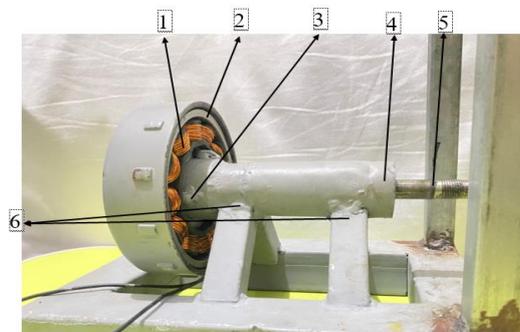
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen untuk mencari nilai kinerja generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm dan 0,75 mm dengan cara melilitkan masing-masing variasi kawat pada stator hingga ruang stator terisi penuh. Generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm memiliki 900 lilitan untuk mengisi ruang stator, sedangkan generator dengan variasi diameter kawat 0,75 mm memiliki 300 lilitan. Generator yang digunakan memiliki spesifikasi antara lain jumlah kutub 12, diameter rotor 9,25 cm, dan diameter stator 9 cm. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi variasi diameter kawat tembaga pada generator yaitu 0,15 mm dan 0,75 mm. Selain itu, kecepatan putar prime mover juga divariasikan pada kecepatan putar 100-1500 rpm.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Bentuk Fisik Generator AC

Bentuk fisik generator AC sederhana yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



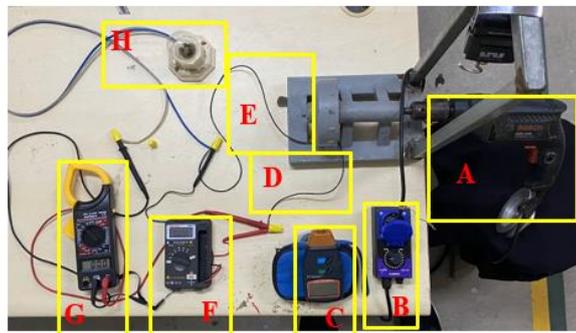
Gambar 2. Generator AC.

Keterangan Gambar 2:

- 1= Rotor
- 2= Stator
- 3= Baut
- 4= Bearing
- 5= Shaft
- 6= Penyangga generator

Skema Pengujian untuk Menentukan Daya Listrik

Skema pengujian yang dilakukan dalam penelitian untuk menentukan tegangan, arus, dan daya listrik dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Skema pengujian untuk menentukan daya listrik.

Tabel 1. Nama dan fungsi alat uji daya listrik.

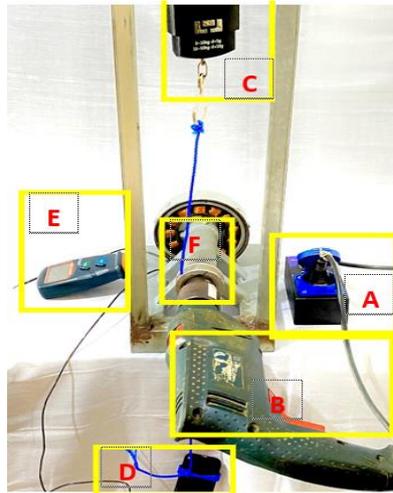
Simbol	Perangkat	Fungsi
A	Mesin Bor Tangan	Penggerak utama untuk memutar generator
B	<i>Dimmer</i>	Pengontrol kecepatan putaran untuk mesin bor tangan untuk menggerakkan generator.
C	<i>Tachometer</i>	Alat pengukur kecepatan putaran
D dan E	Kabel Keluaran	Konektor generator ke multimeter untuk membaca tegangan dan arus listrik
F dan G	Multimeter	Alat ukur tegangan dan arus listrik
H	Lampu bohlam	Sebagai beban untuk pengujian generator

Langkah awal yang dilakukan dalam pengujian daya listrik adalah menghubungkan mesin bor yang berfungsi sebagai penggerak utama generator dengan tujuan untuk mengatur kecepatan putaran. Dalam pengujian daya listrik dibutuhkan 2 buah multimeter untuk mengukur tegangan bertanda F dan multimeter arus bertanda G. Dalam pengujian daya listrik diberikan beban berupa lampu 25 watt bertanda H pada gambar 2. Terdapat 2 kabel yang berfungsi sebagai sumber daya listrik keluaran dari perangkat generator, seperti pada gambar yang bertanda D dan E. Pada pengambilan data tegangan, kedua kabel keluaran dari perangkat generator dihubungkan dengan 2 kabel multimeter bertanda F, dan pengukuran tegangan AC diatur dengan kapasitas 750 V. Selanjutnya, multimeter kedua bertanda G digunakan untuk pengujian arus dengan cara menghubungkan kabel bertanda D dari perangkat generator ke kabel multimeter merah agar arus listrik dapat mengalir melalui multimeter bertanda G. Multimeter diatur pada nilai maksimal 20 A. Kemudian, kabel hitam pada multimeter G dihubungkan dengan salah satu bagian kabel yang menuju ke lampu bohlam bertanda H, sedangkan kabel terminal lainnya dihubungkan langsung

dengan salah satu kabel keluaran perangkat generator bertanda E. Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan putar 100 sampai dengan 1500 rpm.

Skema Pengujian Torsi Generator

Setelah melakukan pengujian nilai daya listrik, dilakukan pengujian nilai torsi penggerak utama. Skema fisik pengujian torsi dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Skema Pengujian Torsi.

Tabel 2. Nama dan fungsi alat uji torsi.

Simbol	Perangkat	Fungsi
A	Dimmer	Pengontrol kecepatan putaran untuk mesin bor tangan untuk menggerakkan generator.
B	Mesin Bor Tangan	Pengontrol kecepatan putaran untuk mesin bor tangan untuk menggerakkan generator.
C dan D	Timbangan digital	Alat pembaca beban rem dalam pengukuran torsi.
E	Tachometer	Alat pengukur kecepatan putaran
F	Katrol	Transmisi daya untuk mengukur gaya rem dalam pengukuran torsi

Penentuan torsi diperoleh dengan cara menghubungkan mesin bor dengan dimmer untuk mengatur arus listrik yang keluar dengan tujuan untuk mengendalikan kecepatan putar mesin bor. Selanjutnya diperlukan dua buah skala yang dihubungkan dengan tali PE (Polyethylene), dengan skala pertama bertanda C untuk menampilkan Gaya Tarik (F) dan skala kedua bertanda D untuk menampilkan Beban (W). Tali tersebut dililitkan pada katrol bertanda F sebagai media pengereman, cara tersebut biasa disebut dengan sistem rem. Selanjutnya alat yang diperlukan adalah tachometer pada tanda E yang berfungsi untuk mengetahui kecepatan putar. Pertama-tama, generator diputar dengan kecepatan 2000 rpm, kemudian skala yang ada di bawahnya ditarik hingga kecepatan putar menurun hingga mencapai kecepatan tertentu. Berdasarkan hal tersebut, maka nantinya akan muncul nilai beban pada skala bertanda D beserta nilai gaya (F) pada skala bertanda C. Dengan demikian, telah diperoleh nilai F (gaya tarik) dan W. Selanjutnya, dari data tersebut dapat ditentukan nilai torsi motor.

Pengujian Kinerja Parameter Generator AC

Pada penelitian ini, generator menghasilkan tegangan dan arus yang akan diuji menggunakan multimeter, dari situ akan diketahui daya listrik yang dihasilkan. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator dipengaruhi oleh kecepatan putar sumber penggerak generator. Pada penelitian ini, digunakan mesin bor untuk mengatur kecepatan putar (rpm) yang terhubung dengan generator. Akibat adanya variasi kecepatan putar yang diberikan, maka akan menghasilkan torsi yang bervariasi dengan cara memberikan beban secara bertahap hingga mencapai kecepatan putar yang ditargetkan. Torsi yang dihasilkan akan mempengaruhi besarnya daya mekanik yang dibutuhkan untuk memutar generator, yang akan berdampak pada daya listrik yang dihasilkan serta kinerja generator pada berbagai variasi beban. Parameter yang menentukan kinerja generator AC pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Daya Listrik

Dalam pengujian generator, digunakan alat ukur listrik yang disebut multimeter. Dalam pengujian generator dengan menggunakan multimeter, data primer yang diperoleh adalah tegangan, V , (Volt) dan kuat arus, I , (Ampere). Selanjutnya, daya listrik, P_e , (Watt) ditentukan dari persamaan berikut 1:

$$P_e = V \times I \quad (1)$$

Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut, ω , (rad/s) generator diperoleh dengan menghubungkan generator menggunakan mesin penggerak, yaitu mesin bor. Kecepatan putar, n , (rpm) yang diberikan oleh mesin penggerak ditargetkan pada kisaran 100-1500 rpm, diukur menggunakan tachometer. Persamaan berikut digunakan untuk menentukan kecepatan sudut generator.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2)$$

Torsi Penggerak Utama

Torsi penggerak utama, T_m , (Nm) ditentukan dengan menerapkan beban secara bertahap hingga mencapai kecepatan putar 100-1500 rpm. Torsi penggerak dipengaruhi oleh radius poros generator, r , (m), dua beban pengereman, F dan W dalam kg, dan percepatan gravitasi, g , (m/s^2) serta torsi generator, T_g , (Nm). T_m dapat diperoleh menggunakan persamaan 3, yang kemudian digunakan untuk menghitung daya mekanik generator untuk rentang kecepatan putar 100-1500 rpm.

$$T_m = (F - W) \cdot g \cdot r + T_g \quad (3)$$

Daya Mekanik

Daya mekanik, P_m , (watt) adalah jumlah daya masukan yang dibutuhkan untuk memutar generator. Daya mekanik dapat diuji setelah memperoleh nilai torsi motor penggerak, T_m , dan kecepatan sudut generator, ω . Nilai daya mekanik dapat dihitung menggunakan persamaan 4 di bawah ini.:

$$P_m = T_m \times \omega \quad (4)$$

Efisiensi Generator

Parameter kinerja selanjutnya adalah efisiensi generator (η_g), yaitu rasio daya mekanik yang masuk ke generator terhadap daya listrik yang keluar dari generator. Efisiensi generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut 5.

$$\eta_g = \frac{P_e}{P_m} \times 100\% \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data untuk pengujian kinerja generator guna memperoleh daya listrik (P_e) dalam satuan watt, yang diperoleh dari data tegangan dan arus. Selanjutnya parameter kinerja generator yang diukur adalah torsi dalam satuan Nm yang diperoleh dengan mengalikan resultan beban dalam satuan Newton (N) dengan jari-jari puli 0,025 m, ditambah torsi generator (T_g) dalam satuan Nm. Daya mekanik (P_m) generator diperoleh setelah nilai torsi (T_m) pada setiap variasi kecepatan putar (ω). Selanjutnya efisiensi generator (η_g) dapat ditentukan dengan membandingkan daya listrik (P_e) yang dihasilkan dengan daya mekanik generator.

Kinerja Generator Berdasarkan Daya Listrik yang Dihasilkan

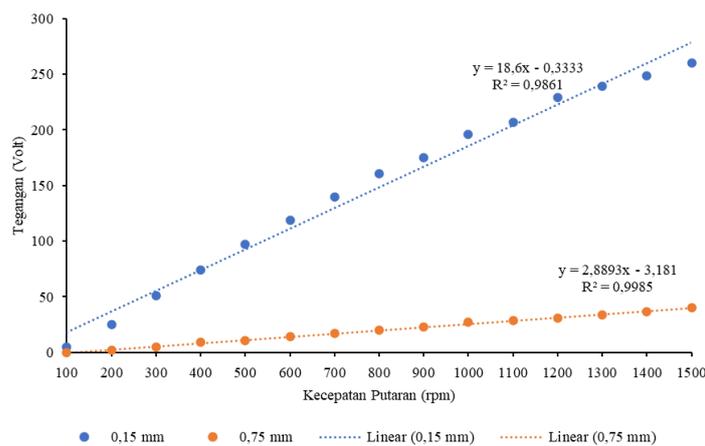
Daya listrik (P_e) merupakan daya keluaran yang dihasilkan oleh generator. Pengujian ini dilakukan pada 2 variasi diameter kawat yaitu kawat dengan diameter 0,15 mm dan kawat dengan diameter 0,75 mm. Pengujian dilakukan dengan kecepatan putaran mesin bor 100 sampai dengan 1500 rpm. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian daya listrik untuk setiap variasi diameter kawat dan kecepatan putaran yang digunakan.:

Tabel 3. Hasil Uji Kecepatan Putaran terhadap Daya Listrik.

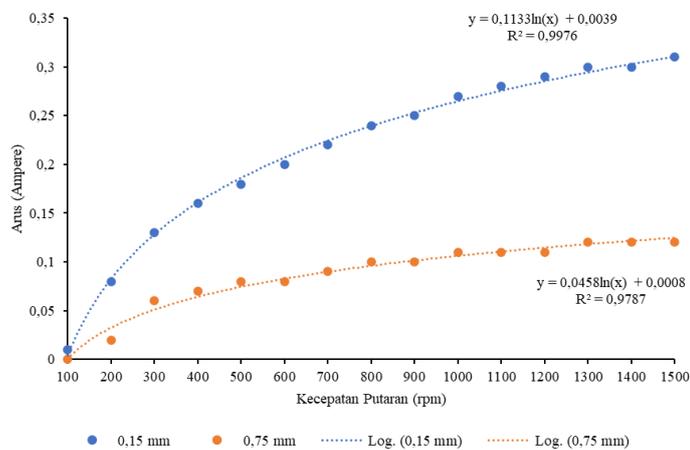
Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (V)		Arus Listrik (A)		P_e (watt)	
	0,15 mm	0,75 mm	0,15 mm	0,75 mm	0,15 mm	0,75 mm
100	5	0	0,01	0	0,05	0
200	25	2	0,08	0,02	2	0,04
300	51	5	0,13	0,06	6,63	0,3
400	74	9	0,16	0,07	11,84	0,63
500	97	11	0,18	0,08	17,46	0,88
600	119	14	0,2	0,08	23,8	1,12
700	140	17	0,22	0,09	30,8	1,53
800	161	20	0,24	0,1	38,64	2
900	175	23	0,25	0,1	43,75	2,3
1000	196	27	0,27	0,11	52,92	2,97
1100	207	29	0,28	0,11	57,96	3,19
1200	229	31	0,29	0,11	66,41	3,41
1300	239	34	0,3	0,12	71,7	4,08
1400	249	37	0,3	0,12	74,7	4,44
1500	260	40	0,31	0,12	80,6	4,8

Perbandingan nilai tegangan yang diperoleh dari pengujian generator dengan diameter kawat 0,15 mm dan diameter kawat 0,75 mm dapat dilihat pada Gambar 5. Tegangan yang dihasilkan oleh kawat 0,15 mm lebih tinggi dibandingkan dengan kawat dengan diameter 0,75 mm pada berbagai kecepatan putaran. Pada kecepatan putaran

terendah 100 rpm, tegangan yang dihasilkan oleh kawat 0,15 mm adalah 5 V, sedangkan kawat dengan diameter 0,75 mm belum menghasilkan tegangan apa pun. Tegangan untuk kawat dengan diameter 0,75 mm mulai dihasilkan pada kecepatan putaran 200 rpm, yaitu sebesar 2 V. Pada kecepatan putaran tertinggi 1500 rpm, tegangan yang dihasilkan oleh kawat dengan diameter 0,15 mm adalah 260 V, sedangkan kawat dengan diameter 0,75 mm menghasilkan tegangan sebesar 40 V. Diameter kawat 0,15 mm menghasilkan tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan diameter kawat 0,75 mm. Hal ini dikarenakan jumlah lilitan menggunakan kawat diameter 0,15 lebih banyak dibandingkan dengan kawat diameter 0,75 mm pada dimensi ruang stator yang sama. Semakin banyak jumlah lilitan maka semakin baik kinerja generator AC tersebut, hal ini sesuai penelitian dari (Agus Nur Hidayat dkk., 2020).



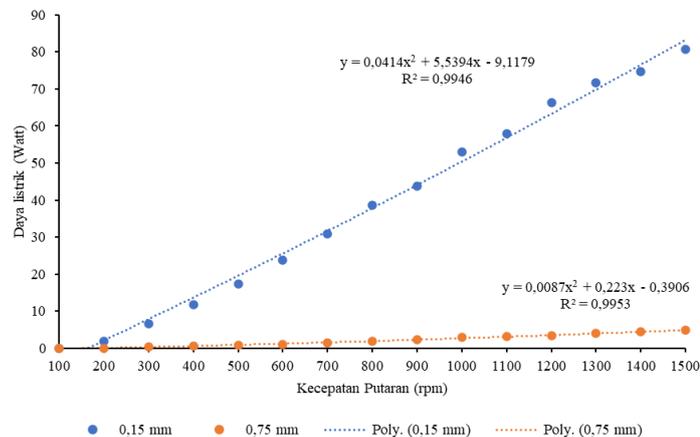
Gambar 5. Hubungan antara kecepatan putaran dan tegangan listrik.



Gambar 6. Hubungan antara kecepatan putaran dan arus listrik.

Hasil pengujian yang didapatkan beserta tegangannya merupakan arus listrik yang dihasilkan oleh generator. Nilai arus listrik yang didapatkan dari pengujian generator dengan diameter kawat 0,15 mm dan 0,75 mm dapat dilihat pada Gambar 6. Grafik tersebut merupakan perbandingan arus listrik antara kawat dengan diameter 0,15 mm dan 0,75 mm terhadap kecepatan putar dengan variasi 100-1500 rpm. Generator dengan diameter kawat 0,15 mm secara keseluruhan menghasilkan arus listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan generator dengan diameter kawat 0,75 mm. Generator dengan diameter kawat 0,15 mm menghasilkan arus listrik sebesar 0,01 A pada kecepatan putar 100 rpm. Sementara itu pada kecepatan putar tertinggi yaitu 1500 rpm menghasilkan arus listrik sebesar 0,31 A.

Selanjutnya, generator dengan diameter kawat 0,75 mm pada kecepatan putar 100 rpm tetap tidak menghasilkan arus listrik. Namun pada generator ini arus listrik mulai dihasilkan pada kecepatan putaran 200 rpm dengan nilai 0,02 A. Sedangkan pada kecepatan putaran tertinggi 1500 rpm arus listrik yang dihasilkan hanya 0,12 A. Setelah didapatkan nilai tegangan dan arus listrik, maka daya listrik yang dihasilkan generator dapat diketahui dengan perhitungan dari persamaan 1.



Gambar 7. Hubungan antara kecepatan putar dan daya listrik generator.

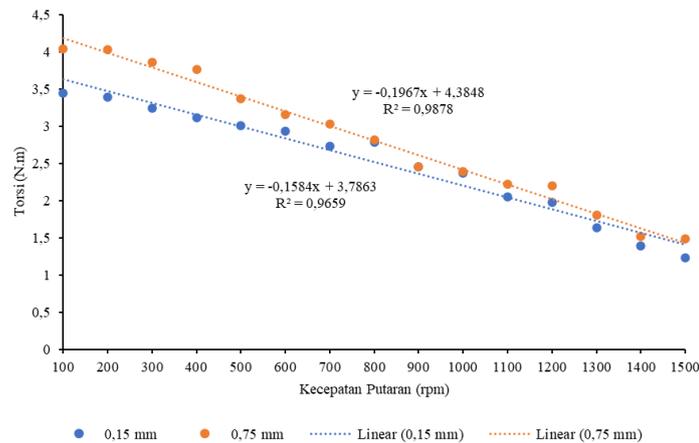
Dengan demikian daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan diameter 0,15 mm dan 0,75 mm dapat dilihat pada Gambar 7. Dari grafik di atas dapat diamati bahwa daya listrik antara kawat dengan diameter 0,15 mm dengan kawat dengan diameter 0,75 mm memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Secara umum, semakin besar diameter kawat tembaga pada generator, maka semakin besar pula tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan (Supardi dkk., 2016). Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti panjang kawat yang digunakan, kapasitas kawat, kecepatan putar, jumlah kutub, dan kuat medan magnet (Susilo dkk., 2021). Akan tetapi, pada penelitian ini, daya listrik kawat dengan diameter 0,15 mm ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan kawat dengan diameter 0,75 mm. Hal ini disebabkan oleh jumlah lilitan kawat tembaga yang berbeda, sedangkan ukuran stator, jumlah kutub, dan magnet tetap sama. Selain itu, secara umum daya listrik yang dihasilkan akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kecepatan putar dari generator AC tersebut. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rusianto (Rusianto dkk., 2023)

Kinerja Generator Berdasarkan Torsi yang Dihasilkan

Tahap selanjutnya dalam pengujian kinerja generator adalah mencari torsi penggerak utama generator yaitu mesin bor. Setelah menghitung torsi seperti pada persamaan 2.3, maka nilai perbandingan torsi penggerak utama yang diperoleh dari generator dengan diameter kawat 0,15 mm dan generator dengan diameter kawat 0,75 mm dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari grafik pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai torsi penggerak utama pada generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm lebih rendah dibandingkan dengan generator dengan variasi diameter kawat 0,75 mm. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah lilitan pada generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm yang lebih banyak dibandingkan dengan generator dengan variasi 0,75 mm. Jumlah lilitan akan memperbesar besarnya medan magnet pada generator. Sementara itu, torsi sangat dipengaruhi oleh kuat medan magnet. Semakin besar medan magnet maka nilai torsinya akan semakin kecil (Nauval Fauzi dkk., 2016). ada kecepatan putaran 100 rpm, kawat dengan diameter 0,15 mm

memiliki nilai torsi penggerak utama sebesar 3,444 Nm, sedangkan kawat dengan diameter 0,75 mm memiliki nilai torsi penggerak utama sebesar 4,039 Nm. Namun pada kecepatan putaran 1500 rpm dengan diameter kawat 0,15 mm, torsi yang dihasilkan sebesar 1,231 Nm. Sedangkan pada kawat dengan diameter 0,75 mm pada kecepatan putaran 1500 rpm menghasilkan torsi sebesar 1,491 Nm. Dari grafik terlihat bahwa torsi penggerak utama selalu menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran. Dengan demikian, kecepatan putaran dan torsi memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Zainal Abidin, 2013). Seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran, maka torsi yang dihasilkan semakin menurun karena nilai beban semakin menurun (Wahyu, 2019). Tabel 4 berikut merupakan data keseluruhan dari hasil pengujian torsi.



Gambar 8. Hubungan antara kecepatan putar dan torsi generator.

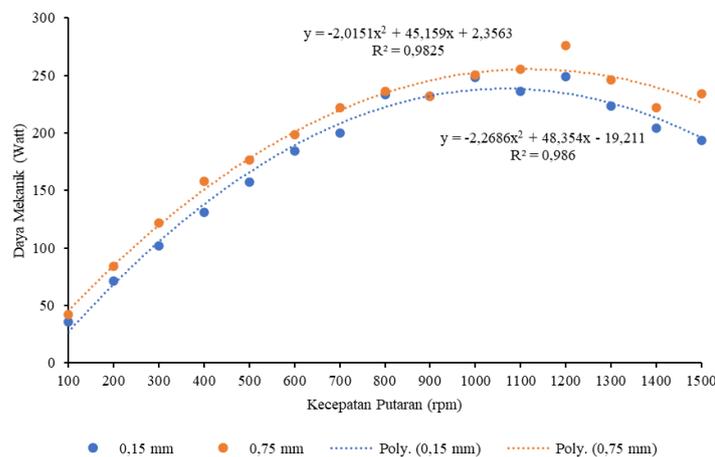
Tabel 4. Hasil Uji Kecepatan Putaran terhadap Daya Listrik

Kecepatan Rotasi (rpm)	F (kg)		W (kg)		T (Nm)	
	0,15 mm	0,75 mm	0,15 mm	0,75 mm	0,15 mm	0,75 mm
100	17,42	24,92	7,15	12,12	3,444	4,039
200	16,9	23,21	6,85	10,45	3,390	4,028
300	15,7	21,36	6,22	9,26	3,249	3,866
400	14,9	19,42	5,95	7,71	3,120	3,771
500	14,25	16,35	5,76	6,27	3,007	3,369
600	13,3	15,51	5,12	6,27	2,930	3,163
700	12,1	14,57	4,75	5,89	2,728	3,028
800	11,47	13,15	3,87	5,32	2,788	2,817
900	9,38	10,5	3,12	4,13	2,460	2,460
1000	8,69	9,75	2,79	3,67	2,372	2,389
1100	7,08	8,41	2,5	3,03	2,047	2,217
1200	5,5	7,57	1,19	2,27	1,982	2,198
1300	3,59	5,65	0,67	1,95	1,640	1,805
1400	2,35	4,27	0,44	1,75	1,392	1,516
1500	1,51	3,66	0,25	1,24	1,231	1,491

Kinerja Generator Berdasarkan Daya Mekanik yang Dihasilkan

Daya mekanik merupakan besarnya energi yang dibutuhkan oleh generator sebagai penggerak mekanik atau penggerak utama generator. Sumber daya mekanik pada penelitian ini berasal dari bor listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip mengubah

energi mekanik yang dihasilkan oleh bor menjadi energi listrik. Pada Gambar 9 diperlihatkan perbandingan daya mekanik yang dihasilkan oleh mesin bor sebagai penggerak utama, dengan membandingkan generator dengan diameter kawat 0,15 mm dan generator dengan diameter kawat 0,75 mm. Daya mekanik antara generator dengan diameter kawat 0,15 mm dan generator dengan diameter kawat 0,75 mm tidak berbeda secara signifikan. Akan tetapi secara umum nilai daya mekanik generator dengan menggunakan kawat dengan diameter 0,75 mm lebih tinggi dibandingkan dengan kawat dengan diameter 0,15 mm. Perbedaan ini disebabkan karena pengaruh torsi penggerak utama pada generator dengan diameter kawat 0,75 mm lebih besar dibandingkan dengan generator dengan menggunakan kawat dengan diameter 0,15 mm. Generator dengan diameter kawat 0,15 mm menghasilkan daya mekanik sebesar 36,066 watt pada kecepatan putaran 100 rpm. Sedangkan daya mekanik pada kecepatan putaran 1500 sebesar 193,467 watt. Generator dengan menggunakan kawat berdiameter 0,75 mm menghasilkan daya mekanik masing-masing sebesar 42,295 watt dan 234,329 watt pada kecepatan putaran 100 rpm dan 1500 rpm. Pada kedua variasi diameter kawat tersebut daya mekanik akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran hingga mencapai titik maksimum pada kecepatan putaran tertentu. Kemudian daya mekanik akan semakin kecil apabila kecepatan putaran terus dinaikkan (Wahab dkk., 2023). Hal ini juga sesuai dengan penelitian Herlambang (Herlambang & Suwoto, 2010).



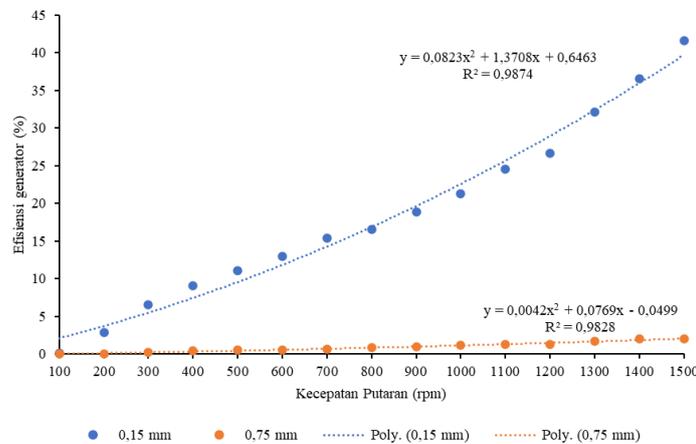
Gambar 9. Hubungan antara kecepatan putar dan daya mekanik.

Kinerja Generator Berdasarkan Efisiensi Pembangkitan Listrik

Efisiensi merupakan perbandingan antara daya masukan yang dibutuhkan oleh generator dengan daya keluaran yang dihasilkan oleh generator. Perbandingan efisiensi untuk kawat generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm dan generator dengan variasi diameter kawat 0,75 mm dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa efisiensi generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan generator dengan variasi diameter kawat 0,75 mm. Pada kecepatan putaran tertinggi 1500 rpm, nilai efisiensi generator dengan diameter kawat 0,15 mm sebesar 41,66%, sedangkan generator dengan diameter kawat 0,75 mm sebesar 2,04%. Dari pengujian yang dilakukan, diameter kawat dan jumlah lilitan berpengaruh nyata terhadap tingkat efisiensi yang dihasilkan. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Chalky Hianx Cangkara yang menyatakan bahwa semakin besar diameter kawat pada generator, maka efisiensinya akan semakin tinggi (Cangkara & Ansori, 2022). Hal ini dipengaruhi oleh jumlah lilitan yang berbeda-beda. Dengan demikian, generator dengan variasi diameter kawat 0,15 mm memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan generator dengan variasi kawat 0,75 mm dikarenakan jumlah lilitan diameter kawat 0,15 mm lebih besar

dibandingkan kawat 0,75 mm. Penelitian yang dilakukan oleh Zaputra mendukung hasil dari penelitian ini, yaitu semakin besar jumlah lilitan maka efisiensi generator akan semakin baik (Zaputra & Gusnita, 2022). Herman juga menyatakan hal yang sama terkait jumlah lilitan akan mempengaruhi besarnya daya generator yang dihasilkan (Herman dkk., 2022).



Gambar 10. Hubungan antara kecepatan putaran dan efisiensi generator.

Secara umum, ada beberapa kerbatasan yang perlu diperhatikan pada penelitian ini. Misalnya, hambatan internal kawat tembaga belum dianalisis secara mendetail, sehingga kehilangan daya akibat resistansi kawat tidak diperhitungkan dalam perhitungan efisiensi. Faktor temperatur juga belum diukur selama pengujian, padahal peningkatan suhu berpotensi memperbesar resistansi kawat dan menurunkan kinerja generator. Selain itu, sistem penggerak utama menggunakan mesin bor tangan yang memiliki kestabilan putaran terbatas, terutama pada kecepatan tinggi, yang dapat menyebabkan fluktuasi pada daya listrik yang dihasilkan. Kondisi lingkungan seperti suhu ruangan dan kelembaban juga tidak dipertimbangkan, meskipun dapat mempengaruhi performa generator. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan pengukuran resistansi kawat secara langsung, sensor temperatur untuk pemantauan suhu, serta menggunakan motor listrik dengan kontrol kecepatan yang lebih presisi guna meningkatkan akurasi dan konsistensi data.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kecepatan putar dan diameter kawat kumparan berpengaruh signifikan terhadap daya listrik, torsi, daya mekanik, dan efisiensi generator. Generator dengan kawat berdiameter 0,15 mm pada kecepatan 1500 rpm menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 80,6 watt, dengan efisiensi mencapai 41,66%. Semakin tinggi kecepatan putar, daya listrik dan efisiensi meningkat secara signifikan, sementara torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putar. Generator dengan kawat 0,75 mm memiliki daya mekanik lebih tinggi, mencapai maksimum 276,242 watt pada 1200 rpm, dibandingkan dengan kawat 0,15 mm yang mencapai 249,111 watt pada putaran yang sama. Namun, generator dengan kawat 0,15 mm menunjukkan efisiensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kawat 0,75 mm, terutama pada kecepatan putar tinggi. Secara keseluruhan, generator dengan kawat 0,15 mm memiliki kinerja terbaik karena menghasilkan daya listrik dan efisiensi yang lebih tinggi dengan torsi dan daya mekanik yang lebih rendah, sehingga lebih optimal untuk konversi energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Agus Nur Hidayat, Suyitno, & Daryanto. (2020). Pengaruh Jumlah Lilitan Kumparan Stator Terhadap Kinerja Generator Magnte Permanen Fluks Aksial Satu Fasa. *Journal of*

- Electrical Vocational Education and Technology, 2(2), 28–31. <https://doi.org/10.21009/jevet.0022.06>
- Cangkara, C. H., & Ansori, A. (2022). Pengaruh Variasi Diameter Kawat Kumparan Generator Linier Terhadap Performa Generator Linier. *Jurnal Teknik Mesin*. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/43871%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/download/43871/37373>
- Hardyan, A. R., Madi, M., Arysandi, D., Bapera, D. T. B., Anggraini, R., Pratiwi, W., Arzzella, R. N., Gamas, F. A. J., Ronaldo, A., Susanto, A., Sitompul, R. P., Ananda, R. J., & Gaol, R. S. L. (2023). Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebagai Sumber Penerangan di Dusun Tanggang, Pesawaran, Lampung. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.30653/jppm.v9i1.680>
- Hendra, O. :, Syaiful, M., & Indriani, A. (2014). *Manufacturing of Generator Sincron By Using the Recycle of Magnet Motorcycle for Micro Hydro Power Plant in the Kemumu Village* Nor. 104–117.
- Herlambang, Y. D., & Suwoto, G. (2010). Unjukkerja Turbin Air Mikro Aliran Silang Terhadap Variasi Sudut Sudu Jalan (Runner) Pada Debit Konstan Untuk PLTMH. *Prosiding SNST ...*, 1, 76–82. https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/228
- Lampung.antaraneews.com. (2022). PLN Lampung bangun akses jaringan listrik ke delapan desa pedalaman. <https://lampung.antaraneews.com/berita/598397/pln-lampung-bangun-akses-jaringan-listrik-ke-delapan-desa-pedalaman>
- Madi, M., Naimah, K., Hariyanto, D., Ikham, R., Rahmadi, I., Kusuma, A. P., Hasbiyalloh, H., & Rafi, R. (2021). Analisis Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Penerapan Generator-Mikrohidro Sebagai Sumber Energi Listrik di Dusun Batu Saeng, Lampung. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 6(3), 811–822. <http://ppm.ejournal.id>
- Nauval Fauzi, M., Harbintoro Balai Besar Logam dan Mesin, S., & Perindustrian Jl Sangkuriang No, K. (2016). *Regression Analysis To Determine Correlation of Power and Torsion for Pelton Turbine*. *Metal Indonesia Journal Homepage*, 38(2).
- Nugroho, S., Diana, L., & Ariyanti, D. P. (2019). *The effect of axial distance on dual rotor wind turbine's performance*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1367(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1367/1/012031>
- Rusianto, T., Huda, S., Sudarsono, & Suyanto, M. (2023). *Performance of Axial Generator for a Small Vertical Axis Wind Turbine*. *Journal Europeen Des Systemes Automatisees*, 56(2), 237–243. <https://doi.org/10.18280/jesa.560208>
- Sakura, A., Supriyanto, A., & Surtoto, A. (2017). Rancang Bangun Generator Sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro. *Universitas Lampung*, 05(02), 129–134.
- Sentanu Herman Dimasrozaq, A. A. (2022). Pengaruh Jumlah Lilitan Kawat Pada Kumparan Generator Linier Terhadap Performa Generator Linier. *Jurusan Teknik Mesin*, 10(1), 7–12. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/43895>
- Supardi, A., Budiman, A., & Khairudin, N. R. (2016). Pengaruh Kecepatan Putar dan Beban terhadap Keluaran Generator Induksi 1 Fase Kecepatan Rendah. *Emitor: Jurnal*

- Teknik Elektro, 16(1), 26–31. <https://doi.org/10.23917/emitov.v16i1.2680>
- Susilo, S., Yusuf, Y., Ula, S., Hermawan, B. A., & Ghifari, M. R. (2021). Pengaruh Variasi Diameter dan Jumlah Lilitan Tembaga terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan pada Alat Peredam Kejut Regeneratif Skala Laboratorium. *J-Proteksion*, 5(2), 25–31. <https://doi.org/10.32528/jp.v5i2.4356>
- Wahab, H., Agustina, S., Sariman, & Dwi Rahma, D. (2023). Efek Sudut Kemiringan Alur Rotor Motor Arus Searah terhadap Torsi dan Daya Luaran. *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, 4(2), 83–92. <https://doi.org/10.36706/jres.v4i2.88>
- Wahyu, D. (2019). Uji Kinerja Mesin Fiat 4-Tak dengan Kapasitas 1.100 CC Menggunakan Automotive Engine Test Bed T101D. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(2), 2089–4880. <https://e-journal.itp.ac.id/index.php/jtm>
- Zainal Abidin, T. P. D. (n.d.). Pengujian Performance Motor Listrik Ac 3 Fasa Dengan Daya.
- Zaputra, T. P., & Gusnita, N. (2022). Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan dan Kecepatan Putar Terhadap Efisiensi Pada *Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 16 Pole*. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 8(2), 411. <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i2.117875>