



Optimasi Konversi Gas Buang Kendaraan Menjadi Energi Listrik melalui Modifikasi pada Generator

Optimizing the Conversion of Vehicle Exhaust Gases into Electrical Energy through Generator Modifications

Syalsa Billa Ahmad^{1*}, Wawan Purwanto¹, Hasan Maksu¹, Dwi Sudarno Putra¹

Abstrak

Salah satu energi alternatif bahan bakar minyak adalah bahan bakar hidrogen. Namun untuk melakukan proses elektrolisis air diperlukan lebih banyak energi listrik. Agar tegangan baterai tetap stabil diperlukannya tegangan tambahan yang bisa di dapat dari pemanfaatan gas buang kendaraan bermotor berupa pembangkit listrik sederhana dengan memanfaatkan generator/dinamo sepeda dan turbin angin mini yang dikemas sedemikian rupa sehingga dapat menyalurkan gas buang kendaraan bermotor untuk dikonversi menjadi energi listrik. Penelitian ini berfokus pada modifikasi pada lilitan generator untuk dilihat hasil konversi tegangan listriknya. Jumlah lilitan yang digunakan adalah 99, 104(standar), 109, 114, 119, 124 dan 129 lilitan pada kecepatan yang bervariasi dari 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam, dan 60 km/jam. Hasil penelitian menunjukkan, jika dibandingkan dengan output lilitan standar, lilitan 99 dan 109 mengalami penurunan masing-masing sebesar 1,21% dan 0,4%. Sedangkan hasil lilitan 114, 119, 124 dan 129 lilitan mengalami peningkatan sebesar 1,8%, 6,7%, 8,5%, dan 17%.

Kata Kunci

Lilitan, Tegangan, Arus, Generator.

Abstract

One of the alternative energy sources to fossil fuel is hydrogen fuel. However, the process of water electrolysis requires a significant amount of electrical energy. To maintain battery voltage stability, additional voltage is needed, which can be obtained from the utilization of vehicle exhaust gases through a simple power generator using a bicycle generator/dynamo and a mini wind turbine designed to harness the exhaust gases of motor vehicles and convert them into electrical energy. This research focuses on modifications to the winding of the generator to observe the results of its electrical voltage conversion. The number of windings used is 99, 104 (standard), 109, 114, 119, 124, and 129 windings at varying speeds of 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h, and 60 km/h. The research results show that, when compared to the standard winding output, windings of 99 and 109 experienced reductions of 1.21% and 0.4%, respectively. Meanwhile, windings of 114, 119, 124, and 129 experienced increases of 1.8%, 6.7%, 8.5%, and 17%, respectively.

Keywords

Winding, Voltage, Current, Generator.

¹ Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

* sylsablla1708@gmail.com

Dikirimkan: 13 Februari 2023. Diterima: 05 Agustus 2023. Diterbitkan: 06 Agustus 2023.



PENDAHULUAN

Pada bidang otomotif, pemanfaatan energi digunakan untuk menghasilkan tenaga yang akan menggerakkan kendaraan. Biasanya energi yang dibutuhkan untuk kendaraan berupa energi kimia yang akan diubah menjadi energi gerak. Energi kimia yang biasanya dipakai pada kendaraan disebut dengan bahan bakar. Di Indonesia sendiri, pada umumnya masih menggunakan bahan bakar dari minyak yang dihasilkan dari fosil yang sudah terkubur selama ribuan tahun lamanya. Salah satu kendaraan yang menggunakan bahan bakar minyak adalah sepeda motor. Namun seiring berjalannya waktu, ketersediaan bahan bakar minyak dipermukaan bumi berkurang dan mengakibatkan kenaikan harga pada bahan bakar minyak [1].

Dengan demikian perlunya solusi untuk mencari bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak. Salah satu alternatif yaitu menggunakan bahan bakar HHO [2]. Bahan bakar HHO sendiri dihasilkan dari proses elektrolisis dari airmurni. namun untuk melakukan ini pada sepeda motor memerlukan energi yang besar yang besar dari baterai. Menyebabkan penurunan tegangan baterai atau membuat baterai menjadi drop [3]. Perlunya solusi yang menghasilkan energi tambahan atau pengecasan mandiri pada baterai agar proses elektrolisis dapat berjalan dan menghasilkan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan [4].

Gas buang pada sepeda motor berupa angin yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengecasan tambahan pada baterai. Pemanfaatan gas buang dari knalpot sepeda motor dapat diubah menjadi energi listrik dengan perubahan energi gerak dengan penambahan baling-baling serta generator yang dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik [5]. Generator mengubah gerak dari poros yang tersambung pada baling-baling melalui proses elektromagnetik dapat menghasilkan listrik. Pada pengujian yang telah dilakukan oleh Yanda,dkk menghasilkan 3,2 V tegangan dan 0,001 A dengan penambahan bodi serta generator [6]. Maka dari itu, dilakukannya cara untuk meningkatkan tegangan dan arus yang didapat dengan memvariasikan parameter pada generator seperti jumlah lilitan pada kumparan dan ukuran diameter kawat [7]. Dengan divariasikannya jumlah lilitan yang dipakai pada generator, diharapkan terjadinya peningkatan yang membuat tegangan dan arus yang didapat menjadi lebih besar.

Motor Bakar 4 langkah

Motor bakar 4 langkah merupakan mesin pembakaran dalam yang dalam satu kali langkah usaha dihasilkan dari 4 kali piston turun naik atau dua kali putaran poros engkol [8]. Pemanfaatan motor bakar ini biasanya pada mobil, sepeda motor dan lainnya. Untuk objek penelitian yang dipakai yaitu sepeda motor.

Bahan Bakar HHO

HHO atau *brown gas* merupakan campuran antara hidrogen dan oksigen yang didapat dari penguraian air murni yang melewati proses elektrolisis [9]. Proses elektrolisis sendiri merupakan penguraian elektrolit dengan memanfaatkan arus listrik [10].

Energi Angin

Energi angin merupakan salah satu energi yang terbarukan yang tersedia di sekitar yang berbentuk aliran udara yang disebabkan oleh rotasi bumi dan adanya perbedaan tekanan udara sekitar [11]. Untuk mengukur kecepatan angin sendiri biasanya menggunakan alat yang disebut anemometer dengan satuan m/s . Dalam penelitian ini menggunakan gas buang yang dihasilkan melalui knalpot kendaraan. Gas buang adalah hasil dari proses pembakaran dalam keadaan ideal yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin [12].

Tegangan

Tegangan merupakan bentuk suatu perkalian antara arus listrik dengan hambatan listrik [13]. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana :

V = Tegangan

I = Arus

R = Hambatan

Arus Listrik

Arus listrik merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu. Arus merupakan perbandingan antara tegangan dengan hambatan listrik [14]. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

Dimana :

I = Arus

V = Tegangan

R = Hambatan

Alternator

Alternator mobil merupakan sebuah alat pada sistem pengisian mobil yang berfungsi sebagai pensupplay listrik untuk kebutuhan kelistrikan mobil seperti lampu penerangan, lampu indikator dan lainnya. Pada alternator sendiri terdapat beberapa koponen utama yaitu : Rotor, Staror, Cincin geser, dan dioda [15]. Cara kerja dari alternator sendiri yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan mengubah putaran mesin menjadi energi listrik atau yang biasa disebut prinsip kerja elektro magnetik [16].

Generator

Generator magnet merupakan generator sinkron yang menggunakan magnet permanen untuk menghasilkan fluks magnetik yang mengahsilkan arus bolak balik atau AC [17]. Salah satu bentuk dari generator adalah dinamo. Komponen pada dinamo ini terdiri dari : Rotatring Ridged Knop, Magnet, Iron Core dan Copper Coil. Cara kerja dari generator sama dengan alternator, hanya saja output dari generator adalah AC dan alternator adalah DC [18].

Turbin Angin

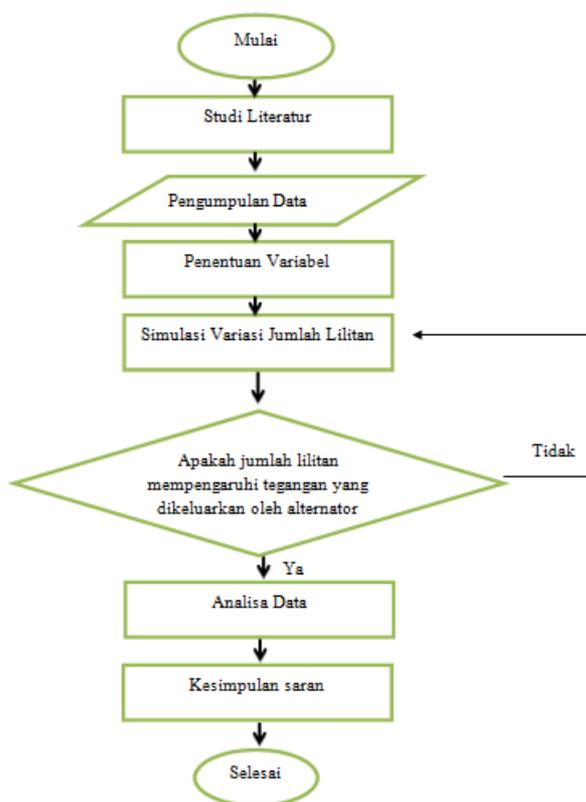
Turbin angin merupakan sebuah peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik. Turbin angin secara garis besar dibagi menjadi 2 macam yaitu VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) dan HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) [11]. Pada penelitian ini menggunkana turbin angin vertikal dengan 8 sudu. Keunggulan dari turbin angin vertikal ini yaitu torsi yang didapatkan lebih tinggi yang dapat berputar pada kecepatan angin yang pelan [19].

Knapot dan Bodi Tambahan

Knalpot adalah tempat pembuangan gas yang ditimbulkan oleh pembakaran dalam mesin saat mesin dinyalakan dan terletak dibagian bawah sepeda motor dengan bentuk seperti pipi panjang yang berfungsi sebagai peredam suara. Knalpot merupakan tempat keluarnya gas sisa hasil pembakaran atau gas buang dari kendaraan. Bodi tambahan pada sisi alternator berfungsi untuk memfokuskan udara yang dihasilkan pada kenalpot dan udara dari luar untuk memutar turbing angin sehingga dapat mengasilkan tegangan dan arus listrik [6].

METODA PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dimana penelitian ini diawali dengan perancangan bentuk rangkaian, menyiapkan peralatan yang dibutuhkan seperti generator, baling-baling dan bodi tambahan pada sisi generator, serta melakukan eksperimen pelilitan pada kumparan generator dengan beberapa variasi dengan kecepatan yang berbeda [20]. Pelilitan yang akan dilakukan yaitu dengan jumlah lilitan standar sebesar 104 lilitan, lilitan kurang dari standar sebesar 99 lilitan serta lilitan diatas standar sebesar 109, 114, 119, 124 dan 129 lilitan dengan variasi kecepatan yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan besar arus serta tegangan listrik yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan melalui pengumpulan data secara langsung dengan 3 kali percobaan pada masing-masing perlakuan. Untuk objek penelitian ini sendiri menggunakan sepeda motor 4 langkah dengan generator dinamo sepeda yang outputnya sebesar 12 volt dan 5,5 watt dengan tambahan baling-baling dengan 8 sudu dan bodi tambahan pada sisi generator untuk memaksimalkan gas buang yang dihasilkan sepeda motor. Gambar 1 menunjukkan kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil data penelitian pada tegangan dan arus pada pelilitan yang akan dilakukan yaitu dengan jumlah lilitan standar sebesar 104 lilitan, lilitan kurang dari standar sebesar 99 lilitan serta lilitan diatas standar sebesar 109, 114, 119, 124 dan 129 lilitan dengan masing-masing varian kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam. Tabel 1 hingga Tabel 6 menunjukkan hasil penelitian yang dilakukan.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 104 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,5	2,5	2,5	2,5	2,01	2,09	2,62	2,24	0,01	0,02	0,03	0,02
2	40	3,5	2,9	2,5	2,9	3,01	2,89	3,06	2,98	0,11	0,07	0,17	0,11
3	50	3,5	3,7	3,7	3,6	3,10	3,26	3,42	3,26	0,15	0,13	0,12	0,13
4	60	3,7	3,9	3,9	3,8	3,57	3,65	3,68	3,94	0,17	0,18	0,18	0,17
Rata-rata Keseluruhan					3,2				3,0275				0,107

Tabel 2. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 99 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,5	2,5	2,5	2,5	1,98	1,57	2,04	1,86	0,01	0,02	0,01	0,013
2	40	2,5	2,5	2,9	2,6	2,68	2,75	2,94	2,79	0,02	0,01	0,02	0,016
3	50	2,5	3,5	2,9	2,9	2,76	3,01	2,93	2,90	0,04	0,03	0,02	0,03
4	60	3,5	3,5	3,5	3,5	3,21	3,06	3,02	3,09	0,15	0,12	0,09	0,12
Rata-rata Keseluruhan					2,875				2,66				0,04475

Tabel 3. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 109 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,5	2,5	2,5	2,5	2,19	2,22	2,20	2,20	0,02	0,01	0,01	0,013
2	40	3,5	3,5	3,5	3,5	3,00	3,02	3,01	3,01	0,09	0,11	0,15	0,116
3	50	3,9	4,0	4,0	3,9	2,96	3,38	3,35	3,23	0,13	0,15	0,14	0,14
4	60	4,1	4,1	4,2	4,1	3,68	3,56	3,62	3,62	0,15	0,16	0,17	0,16
Rata-rata Keseluruhan					2,875				3,015				0,10725

Tabel 4. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 114 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,5	2,5	2,5	2,5	2,23	2,22	2,25	2,23	0,03	0,02	0,03	0,026
2	40	3,5	3,5	3,5	3,5	3,06	3,05	3,10	3,07	0,07	0,10	0,13	0,1
3	50	4,0	4,0	4,0	4	3,49	3,35	3,45	3,43	0,13	0,16	0,14	0,143
4	60	4,5	4,5	4,7	4,5	3,78	3,57	3,45	3,6	0,18	0,16	0,17	0,17
Rata-rata Keseluruhan					3,625				3,0825				0,10975

Tabel 5. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 119 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,5	2,5	2,5	2,5	2,28	2,24	2,26	2,26	0,04	0,03	0,03	0,033
2	40	3,5	3,7	3,7	3,6	3,07	3,12	3,17	3,12	0,08	0,09	0,13	0,1
3	50	4,0	4,0	4,0	4	3,48	3,50	3,58	3,52	0,16	0,14	0,13	0,143
4	60	4,3	4,5	4,5	4,4	4,24	3,92	4,08	4,08	0,19	0,18	0,17	0,18
Rata-rata Keseluruhan					3,635				3,245				0,114

Tabel 6. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 124 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,5	2,5	2,5	2,5	2,35	2,20	2,30	2,28	0,06	0,03	0,04	0,043
2	40	3,7	3,7	3,9	3,7	3,06	3,20	3,27	3,17	0,06	0,08	0,09	0,076
3	50	4,0	4,0	4,0	4	3,49	3,57	3,65	3,57	0,13	0,16	0,15	0,146
4	60	4,0	4,0	4,0	4	4,21	4,22	4,24	4,22	0,20	0,21	0,22	0,21
Rata-rata Keseluruhan					3,55				3,31				0,11875

Tabel 7. Hasil pengujian tegangan dan arus pada lilitan standar sebesar 129 lilitan.

No	Kec	Kecepatan Angin			Rata-Rata	Tegangan			Rata-Rata	Arus			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	30	2,7	2,5	2,9	2,7	2,90	2,82	3,15	2,95	0,09	0,08	0,10	0,09
2	40	3,9	4,0	4,0	3,9	3,23	3,34	3,42	3,33	0,14	0,16	0,17	0,156
3	50	4,1	4,1	4,2	4,1	3,77	3,76	3,81	3,78	0,13	0,15	0,17	0,25
4	60	4,9	5,0	6,0	5,3	4,01	4,16	5,88	4,68	0,22	0,23	0,22	0,22
Rata-rata Keseluruhan					4,0				3,685				0,179

Dari data pengujian pada Tabel 1 didapatkan tegangan rata-rata sebesar 3,0725 V dan arus rata-rata sebesar 0,107 A yang dihasilkan pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam.

Setelah dilakukannya pengujian dengan pengurangan jumlag lilitan, diperoleh data pada tabel 2 dengan tegangan rata-rata sebesar 2,66 V dan arus rata-rata sebesar 0,044 A yang dihasilkan pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam.

Pengujian dilanjutkan dengan penambahan jumlah lilitan dari lilitan standar dengan jumlah lilitan 109 lilitan dengan data pengujian pada tabel 3 dengan tegangan rata-rata sebesar 3,015 V dan arus rata-rata sebesar 0,10725 A.

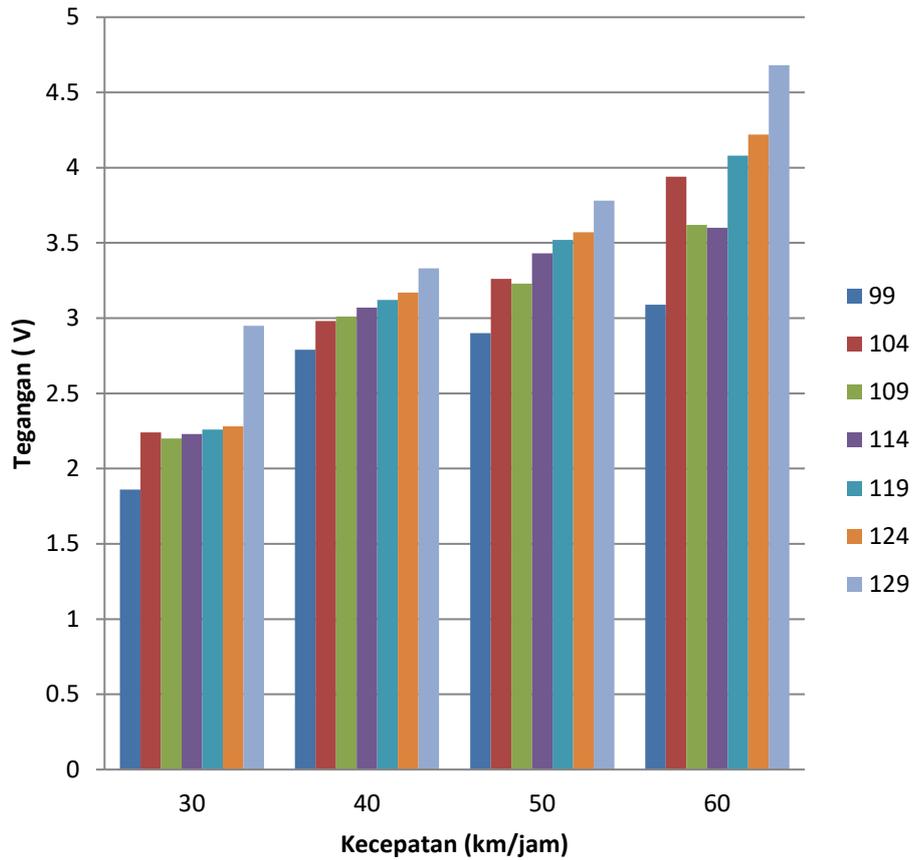
Lilitan 114 dengan data pengujian pada tabel 4 dengan tegangan rata-rata sebesar 3,0825 V dan arus rata-rata sebesar 0,109 A. Lilitan 119 dengan data pengujian pada tabel 5 dengan tegangan rata-rata sebesar 3,245 V dan arus rata-rata sebesar 0,114 A. Lilitan 124 dengan data pengujian pada tabel 6 dengan tegangan rata-rata sebesar 3,55 V dan arus rata-rata sebesar 0,118. Lilitan 129 dengan data pengujian pada tabel 7 dengan tegangan rata-rata sebesar 3,68 V dan arus rata-rata sebesar 0,179 A pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam.

Dari data diatas, perbandingan hasil pengujian pada lilitan standar dengan lilitan yang dikurangi terdapat penurunan besar tegangan serta arus dari keadaan standar. Sedangkan hasil pengujian pada lilitan standar dengan lilitan yang ditambah terjadi peningkatan atau pertambahan besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

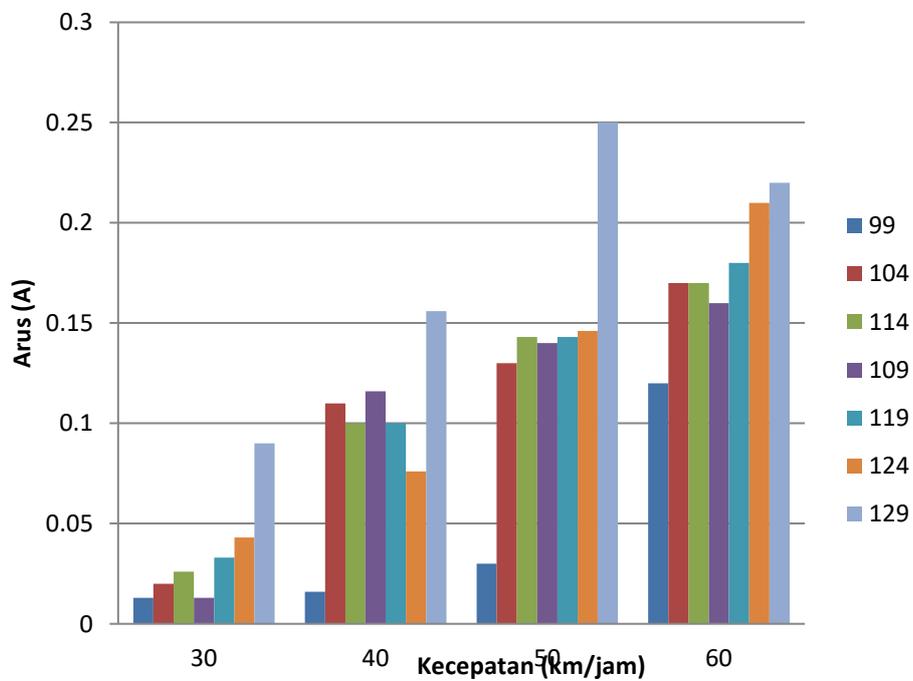
Pembahasan

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan besar tegangan dan arus yang dihasilkan pada pengujian dengan lilitan standar sebesar 104 lilitan, lilitan kurang dari standar sebesar 99 lilitan serta lilitan diatas standar sebesar 109, 114, 119, 124 dan 129 lilitan dengan masing-masing varian kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam.

Pada Gambar 2 dapat dilihat terjadinya peningkatan tegangan yang dihasilkan pada pengujian dengan lilitan yang ditambah dan terjadi penurunan pada pengujian yang lilitannya dikurangi dari lilitan standar. Pada Gambar 3, arus tertinggi dihasilkan pada jumlah lilitan 129 dengan kecepatan 60 km/jam sebesar 0,22 ampere dan terkecil pada jumlah lilitan 99 dengan kecepatan 60 km/jam sebesar 0,013 Ampere.



Gambar 2. Selisih Tegangan



Gambar 3. Selisih Arus

Untuk data yang telah didapatkan agar mendapat kesimpulan, dilakukannya proses perhitungan persentase dari masing-masing perlakuan terhadap perlakuan standar dalam menghasilkan besar tegangan dan arus. Setelah dilakukan perhitungan, dapat disimpulkan pada perlakuan kurang dari standar atau jumlah lilitan 99 lilitan mengalami penurunan sebesar 1,21% terhadap perlakuan standar atau jumlah lilitan 104 lilitan. Pada jumlah lilitan 109 dibandingkan dengan standar juga mengalami penurunan sebesar 0,4%. Namun pada jumlah lilitan 114, 119, 124 dan 129 lilitan dibandingkan dengan keadaan standar atau jumlah lilitan 104 lilitan, mengalami peningkatan yakni masing-masing sebesar 1,8%, 6,7%, 8,5%, dan 17%.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari data pengujian didapatkan pada pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut: Dari data pengujian pada lilitan 104 didapatkan tegangan rata-rata sebesar 3,0725 V dan arus rata-rata sebesar 0,107 A yang dihasilkan pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam.

Setelah dilakukannya pengujian dengan pengurangan jumlah lilitan, diperoleh data pada lilitan 99 dengan tegangan rata-rata sebesar 2,66 V dan arus rata-rata sebesar 0,044 A yang dihasilkan pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam. Pengujian dilanjutkan dengan penambahan jumlah lilitan dari lilitan standar dengan jumlah lilitan 109 lilitan dengan data pengujian tegangan rata-rata sebesar 3,015 V dan arus rata-rata sebesar 0,10725 A. Lilitan 114 dengan data pengujian tegangan rata-rata sebesar 3,0825 V dan arus rata-rata sebesar 0,109 A.

Lilitan 119 dengan data pengujian tegangan rata-rata sebesar 3,245 V dan arus rata-rata sebesar 0,114 A. Lilitan 124 dengan data pengujian tegangan rata-rata sebesar 3,55 V dan arus rata-rata sebesar 0,118. Lilitan 129 dengan data pengujian tegangan rata-rata sebesar 3,68 V dan arus rata-rata sebesar 0,179 A pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam dan 60 km/jam.

Dari data diatas, perbandingan hasil pengujian pada lilitan standar dengan lilitan yang dikurangi terdapat penurunan besar tegangan serta arus dari keadaan standar. Sedangkan hasil pengujian pada lilitan standar dengan lilitan yang ditambah terjadi peningkatan atau pertambahan besar tegangan dan arus yang dihasilkan.

Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti dapat memberikn saran sebagai berikut : untuk melihat peningkatan besar tegangan dan arus yang akan dilakukan agar bisa lebih bervariasi ataupun bisa mengubah ukuran diameter kawat lilitan agar diperoleh besarengangan dan arus yang lebih besar dan juga selalu berhati-hati dengan kecelakaan kerja dengan cara memenuhi standar K3 serta dalam melakukan pembacaan hasil data dilakukan dengan beberapa kali pegujian agar menghindari kesalahan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Yuliani. D, Saryono. S , Apriani. D, Magfiroh , dan Ro.M, "Dampak Kenaikan Harga Bahan Bakar Minyak (BBM) Terhadap Sembilan Bahan Pokok (Sembako) Di Kecamatan Tambun Selatan Dalam Masa Pandemi," *Jurnal Citizenship Virtues*, pp. 320-326, Agustus 2022.
- [2] Martawati, "Sistem Elektrolisa Air Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Kendaraan," *Jurnal Eltek*, vol. 1, no. 12, pp. 93-104, 2017.

- [3] Setya. D, (2022) Detikcom. [Online]. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6243882/pakar-brin-beri-penjelasan-terkait-temuan-bahan-bakar-air>
- [4] Salam. Y, Setiawan. F, "Gas Hidrogen pada Proses Elektrolisis terhadap Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar," *Jurnal Teknik Mesin Unirta*, vol. 1, pp. 10-13, 2018.
- [5] Melda. L, Nuri. H, and Uyung. G, "Potensi Energi Listrik pada Gas Buang Sepeda Motor," *Jurnal Rekayasa Elektrikal*, vol. 11, pp. 163-168, 2015.
- [6] Putra. Y. S, Purwanto. W, Setiawan. M. Y, dan Arif. A, "Pengaruh Bodi Tambahan pada Sisi Alternator Turbin Angin terhadap Tegangan dan Arus Listrik yang Dihasilkan," *MSI Transaction on Education*, vol. 4, pp. 36-43, 2023.
- [7] Heriyotejo, "Pengembangan Generator Mini dengan Menggunakan Magnet Permanen," *Teknik Mesin Pasca Sarjana*, 2009.
- [8] Maksun. H, Purwanto. W, dan Raffles, *Teknologi Motor Bakar*. Padang, Indonesia: UNPPRESS, 2012.
- [9] Wahyudi. R, Purwanto. W, Maksun. H, Setiawan. M. Y, dan Sampurno. Y. G, "Pengaruh Penambahan Elektroliser pada Sepeda Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Gas Buang," *Motivecton*, vol. 5, 2023.
- [10] Fachurrozi P., Pratiwi. A, "Perbandingan Performa Generator HHO Sel Basah dengan Elektroda Baja Galvis dan Stainless Steel," *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*, vol. 9, pp. 172-178, 2021.
- [11] Derawan. A dan Winjaya. F, "Bangun Turbin Angin Aksis Vertikal Sebagai Alternatif Catu Daya Pada Perintasan Sebidang Perkeretaapian," *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, vol. III, November 2019.
- [12] Supriyanto. A, Maksun. H, and Putra. D. S, "Perbandingan Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor 4 Langkah," *Automotive Engineering Education Journals*, vol. 7, 2018.
- [13] Iskandar. H. I, *Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya.*: Deepublish, 2020.
- [14] Andrew. D. (2017, September) ugm.ac.id. [Online]. <https://listrik.sv.ugm.ac.id/2017/09/18/arus-listrik/>
- [15] Lubis. S, "Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, Juli 2018.
- [16] Fahmy. M, "Modifikasi dan Pengujian Alternator Mobil 400 Watt menjadi Motor BLDC," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 13, 2022.
- [17] Al farisi. A. S, Liliana. L, dan Wenda. A, "Analisa Pengaruh Jumlah Lilitan Stator Terhadap Generator Magnet Permanen Fluks Radial Tiga Fasa," *Jurnal Orang Elektro*, vol. 10, 2021.
- [18] Rakhman. A. (2023, Mei) rakhman.net. [Online]. <https://rakhman.net/electrical-id/prinsip-kerja-generator-ac/>
- [19] Nugraha, dkk, *Inovasi Turbin Pembangkit Listrik Portable Air dan Angin Untuk Kebutuhan Rumah Tangga Pada Penduduk Daerah Altran Sungai*. Sleman: Deepublish, 2022.

[20] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.