

Magneto: Desain dan Simulasi

Choirul Huda¹, Adi Mulyadi^{2*}

¹Department of Electrical Engineering, Muhammadiyah University of Jember, Indonesia

²Department of Electrical Engineering, PGRI Banyuwangi University, Indonesia

Article Info

Article history:

Received: October 26, 2023

Accepted :November 1, 2023

Published : May 31, 2024

Keywords:

Magneto

Sensor tegangan

Sensor suhu

Sensor rpm

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan *monitoring* tegangan *output magneto*. Tegangan *output magneto* memiliki 2.500 Vac serta tidak dapat diukur secara kontinyu. Sehingga, desain dan *monitoring* diusulkan dengan teknologi mikrokontroler Arduino. Metode penelitian menggunakan eksperimen dengan desain *prototipe* dan *monitoring* menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, sensor suhu LM35, sensor IR (rpm), dan LCD. Hasil penerapan teknologi mikrokontroler menunjukkan bahwa variasi putaran motor 82 rpm, 123 rpm, 164 rpm, 205 rpm, 246 rpm, dan 287 rpm mempengaruhi tegangan *output magento* sebesar 56.8 v, 173 v, 193 v, 214 v, 228 v, dan 246 v. Sedangkan suhu *delco* mengalami peningkatan pada setiap variasi putaran motor dan waktu 1 menit yaitu 27.7°C, waktu 2-3 menit 27.7°C, waktu 4 menit yaitu 27.1°C, waktu 5 menit sebesar 27.4°C dan waktu 6 menit sebesar 27.4°C. Variasi putaran motor (rpm) berbanding lurus terhadap tegangan *output* dan suhu *delco*. Penerapan desain dan simulasi *magneto* dapat memudahkan dalam *monitoring* tegangan *output* pada setiap perubahan rpm, waktu dan suhu secara *real time*.



Corresponding Author:

Adi Mulyadi

Department of Electrical Engineering,

PGRI Banyuwangi University,

Jl. Tongkol Fish No.22, Kertosari, Kec. Banyuwangi, Banyuwangi Regency, East Java 68416

Email: *adimulyadi@unibabwi.ac.id

1. PENGANTAR

Magneto (*ignition coil*) merupakan teknologi penting dalam pembakaran pesawat udara [1]. *Magneto* (*ignition coil*) pesawat dibutuhkan dalam menjaga mesin tetap beroperasi [2]. Pengoperasian mesin dibagi ke dalam beberapa fase seperti *intake*, *compression*, *power*, dan *exhaust* [3]. Fase yang penting yaitu *ignition coil* dengan pencampuran bahan bakar dan pengapian pada *spark plug* [4]. *Spark plug* dipicu oleh energi listrik. Semakin tinggi energi akan meningkatkan bunga api, sedangkan elektroda akan cepat rusak dan masa *spark plug* menurun. Penurunan dipengaruhi oleh sifat magnetik *spark plug* [5]. Tegangan listrik digunakan untuk menggerakkan magnet permanen dan induksi arus pada kumparan koil [6]. Tegangan listrik terjadi dalam kondisi *discharge* antara elektroda yang menghasilkan tegangan tinggi di dalam insulator [7], dan tegangan yang didistribusikan pada *spark plug* tidak melebihi 30.000 kV [8]. Tegangan *magneto* diklasifikasikan menjadi dua yaitu tegangan tinggi dan rendah [9]. Tegangan rendah didistribusikan oleh penghantar ke beberapa *spark plug* [10], sedangkan distribusi tegangan tinggi untuk pembakaran di dalam silinder [11].

Magneto dimodifikasi untuk mengukur tegangan *output* seperti meningkatkan efisiensi celah udara dalam menentukan sudut putaran pada *contact point* 90°. Modifikasi efisiensi celah udara yaitu 0.009 dan 0.011 *inches* berdasarkan acuan standar 0.012 *inches*. Hasil modifikasi menunjukkan semakin besar modifikasi efisiensi celah udara, maka tegangan yang dihasilkan kecil. Namun, semakin besar efisiensi celah udara dan putaran generator, maka bunga api semakin besar [12]. Variasi efisiensi celah udara dilakukan 0.010 dan 0.008 *inches* pada *breaker point*. Hasil modifikasi menunjukkan tegangan *output magneto* pada *breaker point* kecil dan tidak maksimal [13]. Celah udara pada platina menggunakan variasi 0.4-0.5 mm. Tegangan pengapian diperoleh pada variasi 0.4 mm sebesar (13.000 volt), 0.45 mm (12.333 volt) dan 0.5 mm (11.700 volt) [14].

Pengujian *magnet* dilakukan dengan membandingkan *coil* standar dan *coil racing* untuk mengetahui perbedaan daya, emisi gas buang korbondiodoksida (CO) dan (HC). Pengujian dua *coil* menggunakan *capacitor* dan tanpa *capacitor*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa memiliki perbedaan daya 7.999 watt pada *coil* standar dan daya pada *coil racing* dengan penambahan *capacitor* 7.078 watt. Sedangkan masing-masing emisi CO 1.78% dan HC 108.5 ppm [15]. Penambahan *capacitor discharge ignition* (CDI-AC) *alternating current* (AC) dan CDI *direct current* (CDI-DC) diterapkan pada *magnet* untuk efisiensi bahan bakar dan emisi CO serta HC. Metode menggunakan eksperimen berdasarkan studi literatur. Hasil penambahan CDI-AC diperoleh 1000-200 rpm dengan CO sebesar 3.41%-3.38% dan CDI-DC pada 1000-2000 rpm diperoleh CO 3.2%-3.18%. Sedangkan CDI-AC menghasilkan kadar HC 289-210 ppm dan CDI-DC sebesar 280-210 ppm [16].

Peralatan kontrol *ignition coil* diusulkan dengan modifikasi dua lilitan, celah udara *spark plug* dan kontrol *keyboard*. Penerapan kontrol pada pengisian *ignition coil* menghasilkan tegangan 5-6.3 ms. Energi yang terpakai pada celah udara *spark plug* 6.3-8.5 ms dan osilasi tidak teredam 8.5-10 ms [17]. Penambahan kumparan pada *ignition coil* untuk meningkatkan tegangan dan fluks magnetik diusulkan. Penambahan kumparan menggunakan prinsip Nikola Tesla. Hasil penerapan kumparan Nikola Tesla menghasilkan tegangan *output* sebesar 9.31 kV, efisiensi 50.33% dan fluks magnetik 27.96 μ T [18]. Sistem pengapian *ignition coil* dikendalikan dengan sistem penyearah gelombang penuh (*full-wave rectifier*) MOSFET untuk menghasilkan tegangan *output*. Metode analisis menggunakan software matlab untuk menghitung karakteristik jumlah lilitan, induksi magnet, arus maksimum, rugi-rugi daya, fluks magnetik pada sisi primer dan sekunder. Hasil sistem kontrol menggunakan MOSFET menunjukkan tegangan *output* sebesar 10 kV [19].

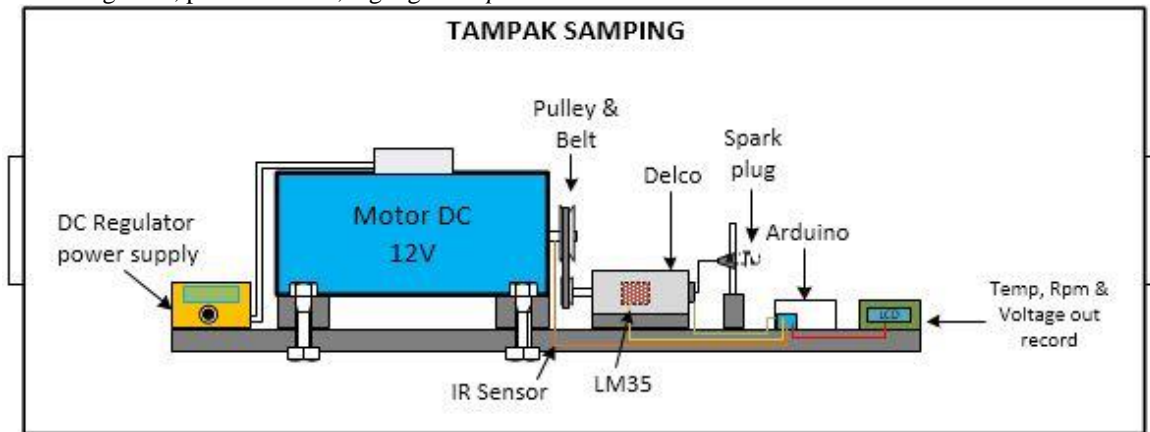
Ignition coil dikembangkan berdasarkan prinsip energi *spark plug*, *discharge ignition*, radio frekuensi (RF) *ignition plasma*. *Spark plug* dalam kondisi *discharge* mengalami penurunan tegangan *output*, arus *output* dan daya di bawah 100 watt. Hasil pengembangan *ignition coil* menunjukkan efisiensi meningkat sebesar 50-70% [20]. Teknologi *ignition coil* diusulkan untuk sistem pembakaran rendah energi. Teknologi menggunakan modifikasi RF untuk menghasilkan tegangan *output* 30 kV. Hasil penerapan desain diperoleh tegangan *output* sebesar 30 kV dan mempunyai batasan arus sebesar 200 mA [21]. Sistem pengapian dikontrol dengan *advanced ignition*. Sistem kontrol terdiri dari tiga koil, penghubung tegangan tinggi, dan tiga elektrode. Hasil pengujian sistem kontrol pertama diperoleh tegangan *output ignition coil* sebesar 120 kV dan arus 120 A. Pengujian sistem kontrol kedua menghasilkan tegangan *output ignition coil* 120 kV dan arus 320 A. Sedangkan pengujian sistem kontrol ketiga menunjukkan tegangan 700 kV dan arus 800 A [22].

Berbagai modifikasi untuk mengukur tegangan *output magnet* sudah dilakukan dengan variasi celah udara dan sudut kontak [12], efisiensi celah udara menghasilkan tegangan *output magnet* tidak maksimal [13], variasi celah udara dengan modifikasi platina menghasilkan 11.700 volt [14], pengujian *magnet* dengan dua *coil* standar dan *coil racing* hanya mampu mendapatkan masing-masing daya 7.999 watt dan 7.809 watt dengan penambahan *capacitor* [15], pengaplikasian CDI-AC dan CDI-DC untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi CO serta HC pada *ignition system* [16]. kontrol *magnet* dengan modifikasi dua lilitan menghasilkan tegangan 5-6.3 ms, celah udara *spark plug* 6.3-8.5 ms dan osilasi tidak teredam 8.5-10 ms [17], penambahan kumparan *ignition coil* digunakan untuk meningkatkan tegangan *output* sebesar 9.31 kV dengan prinsip Nikola Tesla [18]. Sistem pengapian *ignition coil* dikendalikan dengan rangkaian *full-wave rectifier* MOSFET. Sistem kontrol menggunakan MOSFET menunjukkan tegangan *output* sebesar 10 kV [19], *ignition coil* dikembangkan berdasarkan prinsip energi *spark plug*, *discharge ignition*, RF *ignition plasma*. Namun, *spark plug* pada saat *discharge* mengalami penurunan tegangan *output*, arus *output* dan daya di bawah 100 watt [20], teknologi menggunakan modifikasi RF untuk menghasilkan tegangan *output* 30 kV dan batasan arus 200 mA [21], dan sistem pengapian dikontrol dengan *advanced ignition* menghasilkan variasi tegangan *output* sebesar 120 kV dan arus 120 A, tegangan *output ignition coil* 120 kV dan arus 320 A, serta tegangan 700 kV dan arus 800 A [22].

Dari paparan di atas tampak bahwa sistem pengukuran dan *monitoring* tegangan *output magnet* dengan aplikasi teknologi mikrokontroler belum diterapkan. Oleh sebab itu, desain dan simulasi *magnet* untuk mengukur dan memantau tegangan *output*, suhu dan rpm diusulkan. Kebaruan dari desain prototipe *magnet* yaitu dilengkapi dengan teknologi mikrokontroler Arduino, sensor tegangan, sensor suhu, sensor IR, dan *liquid crystal display* (LCD). Mikrokontroler diaplikasikan untuk mengukur dan *monitoring output magnet secara real time*. Metode penelitian menggunakan perancangan dan eksperimen di Laboratorium Teknik Elektro Universitas PGRI Banyuwangi. Selanjutnya simulasi menggunakan variasi putaran motor induksi 1 fasa sebagai penggerak *magnet* dan *power supply* sebagai *input* tegangan yang diatur konstan 12 volt. Spesifikasi mikrokontroler menggunakan Atmega 328, sensor tegangan ZMPT101B, sensor suhu LM35, sensor IR (Rpm) dan akurasi masing-masing pengukuran *output magnet* menggunakan sensor tegangan ± 100 -228 volt, sensor suhu $\pm 25^\circ\text{C}$, sensor IR ± 300 rpm. Keunggulan desain peralatan pada pengukuran tegangan *output magnet* lebih terjangkau dibandingkan peralatan di pasaran. Walaupun peralatan memiliki batasan pengukuran tegangan *output* hingga 350 volt.

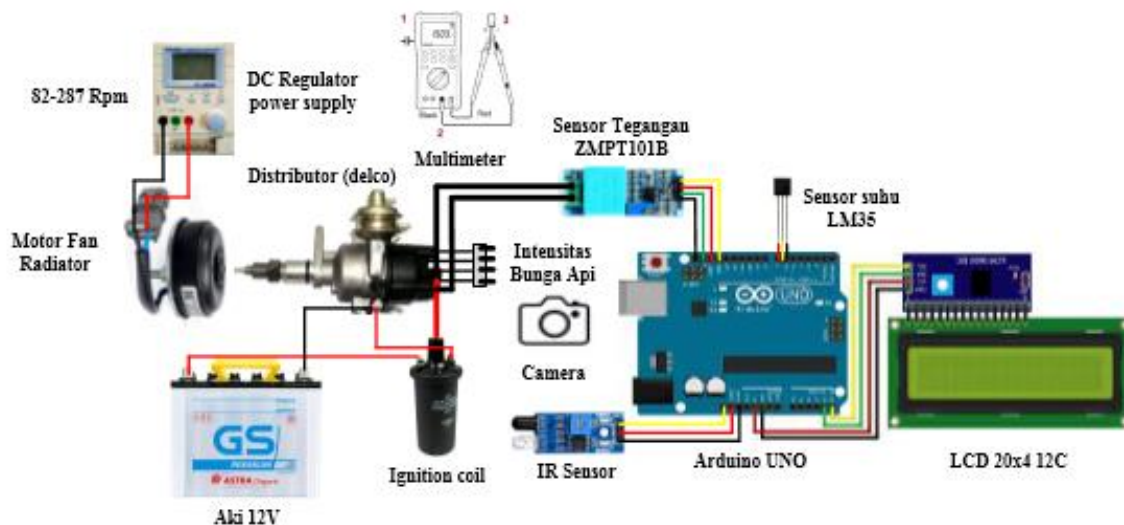
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan mendesain keseluruhan prototipe *magneto* menggunakan *delco* mobil jenis Kijang 5K [23]. Pemilihan jenis *delco* dipertimbangkan pada tegangan *output* yang mendekati pada *magneto* pesawat Cessna 172 di Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi (APIB) [24]. Pengujian simulasi menggunakan variasi 82, 123, 164, 205 246, dan 287 rpm motor induksi 1 fasa [25], sensor tegangan ZMPT101B [26], sensor suhu LM35 [27], sensor IR (Rpm) [28], mikrokontroler Arduino Uno [29], dan LCD [30]. Desain prototipe *magneto* ditunjukkan pada gambar 1. Desain prototipe *magneto* terdiri dari komponen *power supply*, motor DC, *pulley belt*, *gearbox*, *delco*, *spark plug*, Arduino Uno, dan LCD digunakan untuk monitoring suhu, putaran motor, tegangan *output*.



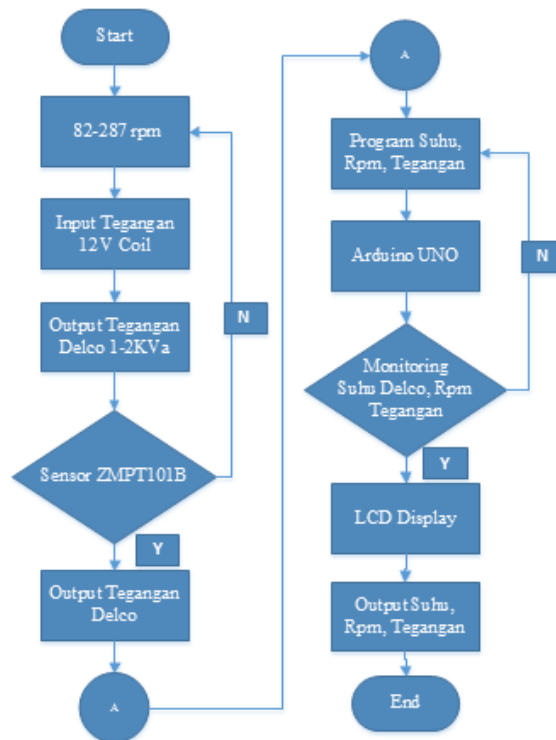
Gambar 1. Desain prototipe *magneto*

Gambar 2 menjelaskan tentang desain perancangan komponen pengujian *magneto*. *Power supply* digunakan sebagai variasi tegangan *input* pada motor fan radiator. Motor fan radiator dihubungkan dengan *pulley*, *belt* dan *gearbox* untuk menggerakkan *delco*. Kemudian aki menyuplai arus dan tegangan pada *ignition coil* untuk menghasilkan *output* tegangan *delco*. Tegangan *output delco* didistribusikan pada empat *spark plug* yang mengakibatkan penyalan intensitas bunga api secara bergantian [31]. Hasil *output* tegangan *delco* dihubungkan pada mikrokontroler Arduino untuk memantau tegangan, suhu, putaran motor fan pada LCD [32].



Gambar 2. Desain perancangan komponen pengujian *magneto*

Penelitian ini terdapat 6 variasi perbedaan pengujian berdasarkan putaran fan radiator 82, 123, 164, 205, 246 dan 287 rpm. Suplai tegangan *input* aki 12V koil dirubah menjadi tegangan *output delco* dari 1-2 kVa. Tegangan *output* 1-2 kVa yang dihasilkan *delco* dihubungkan dengan sensor tegangan ZMPT101B, jika tegangan *output* yang dihasilkan tidak sesuai yang diinginkan, maka diumpun balikkan pada proses pengujian rpm. Jika hasil tegangan *output* sesuai dengan tegangan *output* yang diinginkan atau mendekati, maka mikrokontroler Arduino Uno menampilkan tegangan, suhu, dan rpm. Jika suhu, rpm dan tegangan tidak sesuai diinginkan, maka akan diumpun balikkan pada Arduino Uno untuk memproses tegangan *output delco*, dan ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*). Gambar 3 berikut menjelaskan *flowchart* pengujian *magneto*.



Gambar 3. Flowchart pengujian magneto

3. HASIL DAN ANALISIS

Pengujian simulasi *magneto* ditunjukkan pada gambar 4. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas PGRI Banyuwangi dengan dua tahap yaitu (4A) simulasi *magneto* dan (4B) trial program simulasi. Selanjutnya pengujian diukur berdasarkan tegangan *output* terhadap rpm (gambar 5), tegangan *output* terhadap waktu (gambar 6), tegangan *input* dan *output* terhadap suhu (gambar 7), dan suhu terhadap waktu (gambar 8)

Gambar 4. (A) Pengujian simulasi *magneto* dan (B) Trial program simulasi

3.1. Tegangan *Output* Terhadap Rpm

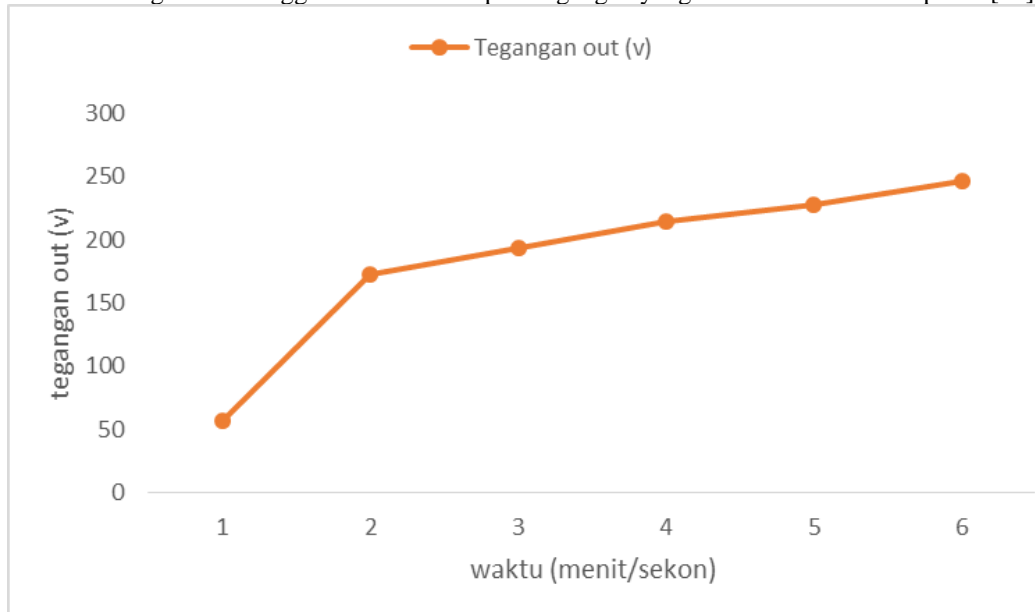
Gambar 5 menjelaskan perbandingan tegangan *output* terhadap putaran motor (rpm). Putaran motor divariasi dengan 82 rpm untuk menghasilkan tegangan *output* sebesar 56.8 v. Variasi 123 rpm menghasilkan tegangan *output* sebesar 173 v, 164 rpm diperoleh tegangan *output* 193 v, 205 rpm mendapatkan tegangan *output* 214 v, 246 rpm menghasilkan tegangan *output* 228 v, dan variasi putaran motor dengan 287 rpm diperoleh tegangan *output* sebesar 246 v.

Putaran motor yang mempengaruhi tegangan *output* disebabkan oleh pergerakan magnet mendekati dan menjauhi kumparan semakin singkat, sehingga induksi pada gerak arus listrik lebih besar. Dengan demikian, pergerakan kumparan kawat memotong garis-garis fluks pada medan magnet akan mempengaruhi besar dan polaritas tegangan arus listrik yang diinduksikan. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran motor untuk menggerakkan *delco*, maka garis fluks yang dihimpun oleh inti stator semakin tinggi dan amplitudo gelombang ggl juga semakin tinggi [33].

Gambar 5. Perbandingan tegangan *output* terhadap rpm

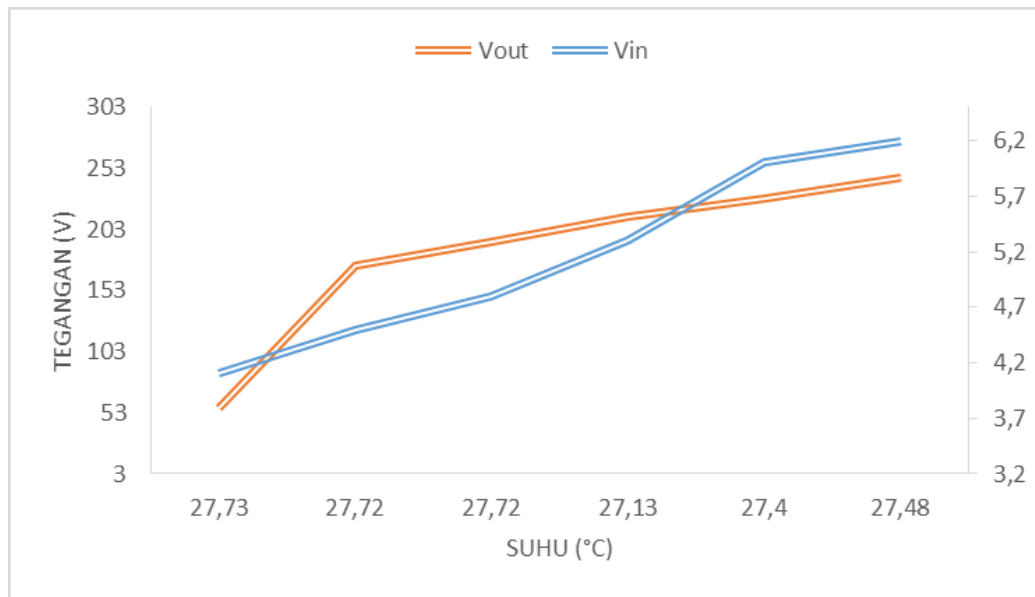
3.2. Perbandingan Tegangan *Output* Terhadap Waktu

Perbandingan tegangan *output* terhadap waktu dijelaskan pada gambar 6. Percobaan pertama diperoleh tegangan *output* 56,8 v dengan waktu 1 menit, percobaan kedua tegangan naik 173 v dengan waktu 2 menit, percobaan ketiga tegangan *output* 193 v dengan waktu 3 menit, percobaan keempat tegangan *output* 214 v dengan waktu 4 menit, percobaan kelima tegangan *output* 228 v dengan waktu 5 menit, percobaan terakhir tegangan *output* 246 dengan waktu 6 menit. Percobaan pada waktu 1-6 menit memberikan perbedaan tegangan *output* dengan nilai yang meningkat. Peningkatan tegangan *output* pada setiap variasi waktu disebabkan oleh perubahan fluks magnetik sehingga semakin besar pula tegangan yang diinduksi dalam kumparan [34].

Gambar 6. Perbandingan tegangan *output* terhadap waktu

3.3. Perubahan Tegangan *Input* dan *Output* Terhadap Suhu

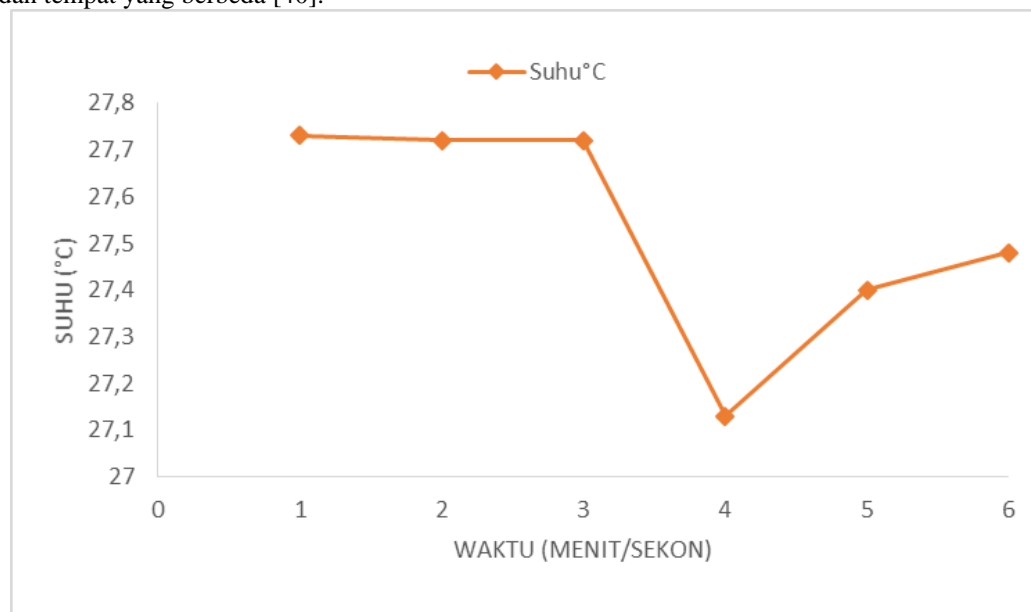
Percobaan variasi tegangan *output* dan *input* terhadap suhu yang ditunjukkan gambar 7. Perubahan tegangan *input* dan *output* memiliki suhu 27.73°C hingga 27.48°C dengan masing-masing tegangan *output* minimum sebesar 56.8v, 173v, 193v, 214v, 228v, dan 246v. Sedangkan tegangan *input* maksimum diperoleh nilai sebesar 4.1v, 4.5v, 4.8v, 5.3v, 6v, dan 6.2 v [35]. Perubahan tegangan *input* berbanding lurus dengan kenaikan suhu dan tegangan *output* [36]. Gambar 7 menjelaskan bahwa suhu koil *delco* mempengaruhi nilai tegangan *output* yang dihasilkan berdasarkan variasi tegangan *input* [37].



Gambar 7. Perubahan tegangan *input* dan *output* terhadap suhu

3.4. Perbandingan Suhu Terhadap Waktu

Gambar 8 menjelaskan suhu yang dihasilkan oleh koil *delco* pada waktu 1 menit yaitu 27.7°C, sedangkan pada waktu 2-3 menit, suhu koil *delco* konstan di 27.7°C. kemudian terjadi penurunan suhu pada waktu 4 menit yaitu 27.1°C. Sedangkan pada waktu 5 menit nilai suhu meningkat sebesar 27.4°C dan waktu 6 menit nilai suhu sebesar 27.4°C. Perubahan suhu disebabkan oleh arus yang melewati koil dan perubahan energi listrik menjadi energi panas dilakukan oleh tahanan yang ada pada lilitan koil [38]. Penurunan suhu *delco* pada waktu 4 menit dipengaruhi oleh perpindahan energi dari perbedaan suhu lingkungan yang lebih tinggi ke tempat yang rendah [39], dan tempat yang berbeda [40].



Gambar 8. Perbandingan suhu terhadap waktu

4. KESIMPULAN

Penerapan desain teknologi *monitoring* digunakan untuk memantau tegangan *output*, suhu dan putaran *magneto* secara signifikan. Desain teknologi dan simulasi menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, sensor suhu, dan sensor IR dengan variasi tegangan *input*. Hasil penerapan simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran *delco*, maka *output* tegangan dan suhu juga meningkat. Selain itu, kecepatan putaran motor berbanding lurus dengan input daya listrik. Sehingga, semakin besar daya listrik pada motor DC, maka putaran motor yang dihasilkan juga semakin besar. Penurunan suhu *magneto* pada waktu 4 menit dipengaruhi perpindahan suhu lingkungan dan tempat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Zhu, "Spark Energy and Transfer Efficiency Analyses on Various Transistor Coil Ignition Systems," University of Windsor, 2018.
- [2] Y. A. Permata Sari, "Pengaruh Perubahan Efficiency Gap Magneto Dengan Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan Output Ignition System," Politeknik Penerbangan Surabaya, 2021.
- [3] T. W. Wild, *Aircraft Powerplants*, 9th ed. Mc Graw Hill Education, 2018.
- [4] A. M. A. Annur, A. Finani, and F. Sabur, "Simulator Magneto Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Electrical System," *J. Aircr. Maint. Eng. Aviat. Technol.*, vol. 01, no. 01, pp. 1–6, 2022.
- [5] A. A. Azrin, I. M. Yusri, K. Sudhakar, C. W. Mohd Nor, A. Zainal, and A. P. P. A. Majeed, "An Overview of The Spark Plug Engine Profile in a Spark Ignition Engine," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, pp. 1–10. doi: 10.1088/1757-899x/1092/1/012030.
- [6] R. Ismail, F. Aldiyaz, M. Abu Bakar, and S. Nugroho, "Pengaruh Frekuensi Arus Induksi Terhadap Distribusi Kekerasan Pada Teknik Pengerasan Quenching Permukaan Menggunakan Teknik Induksi Statis Padacamshaft Mesin Diesel 2 Silinder," *Simp. Nas. RAPI XVII*, vol. 1, no. 2, pp. 141–147, 2018.
- [7] N. Ardian, Sihono, and A. Fatkhulloh, "Rancang Bangun Magneto Tester Berkecepatan 30-3000 RPM Di Hangar 01 Teknik Pesawat Udara Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia," *J. Ilm. Aviasi Langit Biru*, vol. 13, no. 1, pp. 171–180, 2020.
- [8] K. Tucki *et al.*, "Analysis of the Influence of the Spark Plug on Exhaust Gas Composition," *Energies*, vol. 16, no. 11, pp. 1–25, 2023, doi: 10.3390/en16114381.
- [9] Federal Aviation Administration, "Aviation Maintenance Technician Handbook–Powerplant Volume 2," in *Aviation Maintenance Handbook–Powerplant (FAA-H-8083-32)*, vol. 2, 2012, p. 280.
- [10] R. M. Conroy, *Fundamentals of Magneto Ignition*, 1st ed. United State of America: Mc Graw Hill Education, 2021. doi: 10.2139/ssrn.1278844.
- [11] L. Satrya, A. Riza, and S. Darmawan, "Efek Besarnya Pengapian Busi Terhadap Unjuk Kerja Mesin Otto Satu Silinder," *J. Cahaya Mandalika*, vol. 1, no. 3, pp. 148–158, 2023.
- [12] F. N. Fairuz, "Pengaruh Perubahan E-GAP Terhadap Output Tegangan Magneto," in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya, 2021, pp. 73–81.
- [13] F. Irawan, S. H. S. Putro, and Suyatmo, "Analisa Pengaruh Perubahan Variasi E-Gap Breakepoint Terhadap Output Tegangan Magneto Untuk Pembelajaran di Politeknik Penerbangan Surabaya," in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, 2021, pp. 1–11.
- [14] R. J. Dimu, "Analisa Pengaruh Penyetelan Celah Platina Terhadap Tegangan Pengapian Pada Mobil Toyota Kijang 5K," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 127–131, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.pnk.ac.id/index.php/JTM/article/view/257>
- [15] I. E. Krissensen, M. Harly, and Paryono, "Perbedaan Penggunaan Ignition Coil Standar Dan Racing Dilengkapi Dengan Capasitor Terhadap Daya Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 110 Cc Esp," *J. Tek. Otomotif Kaji. Keilmuan dan Pengajaran*, vol. 5, no. 1, p. 27, 2021, doi: 10.17977/um074v5i12021p27-34.
- [16] I. Munthe, "Pengaruh Sistem Pengapian CDI dan DC terhadap Kadar Gas Buang CO,HC Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin 110 CC," *J. Tek. Inform. Kaputama*, vol. 3, no. 2, pp. 1–12, 2019.
- [17] A. V. Myatezh and E. G. Langeman, "Ignition Coils Quality Control Device of Internal Combustion Engine," in *2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018 - Proceedings, IEEE*, 2018, pp. 302–305. doi: 10.1109/APEIE.2018.8545908.
- [18] A. Farizi, A. Karlin, and A. Rahma, "Analisis Pemanfaatan Tesla Coil Dalam Menghasilkan Transmisi Daya Tanpa Kabel," *Cross-border*, vol. 6, no. 1, pp. 207–225, 2023, [Online]. Available: <https://journal.iaisambas.ac.id/index.php/Cross-Border/article/view/1778%0Ahttps://journal.iaisambas.ac.id/index.php/Cross-Border/article/download/1778/1352>
- [19] A. I. J. Alzubaydy, Z. S. Al-Sagar, L. Y. Zedan, R. A. Gaib, and S. O. Haddad, "Improvement of Effect Ignition Coil on Ignition System of Internal Combustion Engine Performance," *Am. J. Eng. Res.*, vol. 8, no. 4, pp. 274–284, 2019, doi: 10.3923/jeasci.2019.898.904.
- [20] S. Yu and M. Zheng, "Future gasoline engine ignition: A review on advanced concepts," *Int. J. Engine Res.*, vol. 22, no. 6, pp. 1743–1775, 2021, doi: 10.1177/1468087420953085.
- [21] Z. Li, "Research on Working Characteristics of Pre-Combustion Plasma Igniter," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 687, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/687/1/012151.
- [22] M. Zheng *et al.*, "New Ignition Systems Spark-based Advanced Ignition Control for Future Diluted Gasoline Engines," in *4th International Conference Ignition Systems for Gasoline Engines*, Berlin, Germany: Michael Günther, 2018, pp. 1–25.
- [23] W. W. Arso and F. Gunawan, "Identifikasi Kerusakan Tutup Radiator Terhadap Suhu Engine Toyota

- Kijang 5K,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 24–30, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3535.
- [24] S. P. D. P. Darmawan and S. S. Wibowo, “Rancang Bangun Miniatur Alat Peraga Control Surface Pesawat Fixed Wing Cessna 172 Skyhawk,” in *Prosiding The 14th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung: IRWNS, 2023, pp. 419–424.
- [25] M. M. Ibrahim, M. R. D. Abdilla, F. C. Arsandi, and E. Purwanto, “Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Multilevel Inverter Dengan Metode Fuzzy Logic Controller,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 11, no. 1, pp. 25–32, 2023, doi: 10.32487/jtt.v11i1.1511.
- [26] G. Santoso, W. Handajadi, S. Hani, and G. H. Baskara, “Rancang Bangun Alat Ukur Dan Pengendali Pemakaian Daya Listrik Berbasis Sms Gateway,” *Simposium Nasional RAPI XVIII – 2019 FT UMS*. pp. 28–33, 2019. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11617/11733>
- [27] R. V. Feriyanti, A. Y. Pratama, and D. Novianto, “Analisis Sistem Monitoring Suhu dengan Sensor LM35 Menggunakan OHP (Over Head Projector) Berbasis Raspberry Pi,” *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 43–47, 2022, doi: 10.30871/jaee.v6i2.3996.
- [28] M. U. Hidayat and U. A. Hakim, “Purwarupa Alat Untuk Memantau Kecepatan Putaran Pada Mesin Berputar Berbasis IoT,” *J. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 92–113, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umt.ac.id/index.php/jte/article/view/6997>
- [29] Arduino, “Arduino UNO R3 Features,” 2023. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [30] B. Layout, G. Started, U. Guide, and C. Diagram, “Matrix Multimedia LCD Display LCD Display datasheet e,” 2004.
- [31] S. Różowicz, A. Zawadzki, M. Włodarczyk, and A. Różowicz, “Modeling of Internal Combustion Engine Ignition Systems with a Circuit Containing Fractional-Order Elements,” *Energies*, vol. 15, no. 1, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3390/en15010337.
- [32] D. Sasmoko, *Arduino dan Sensor pada Project Arduino DIY*. 2021.
- [33] Y. Liklikwatil, T. Elektro, S. Tinggi, and T. Mandala Bandung, “Analisa Pengaruh Pergerakan Fluks Magnet Eksitasi Di Dalam Generator Listrik Terhadap Tegangan Keluaran,” *Tek. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 51–55, 2020.
- [34] M. Alifudin, A. Rijanto, and D. N. Zulfika, “Analisis Variasi Hambatan Dan Tegangan Listrik Terhadap Uji Koil Cara Kerja Motor Bensin,” *Majamecha*, vol. 2, no. 1, pp. 32–44, 2020.
- [35] M. Kucera, M. Sebok, M. Kubis, D. Korenciak, and M. Gutten, “Analysis of The Automotive Ignition System for Various Conditions,” *Communications*, vol. 22, no. 4, pp. 144–152, 2020, doi: 10.26552/com.C.2020.4.144-152.
- [36] I. E. Lukyanova, V. A. Mikhailova, I. F. Kantemiov, and I. N. Yakshibaev, “Study of Ignition of Binding Substances Used in Foundations of Tanks,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 378, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/378/1/012019.
- [37] D. Kumar and A. K. Agarwal, *Fundamentals, Evolution, and Modeling of Ignition Systems for Spark Ignition Engines*, no. 1. 2022. doi: 10.1007/978-981-16-8618-4_9.
- [38] K. Karim, I. S. Erari, and A. M. Muslimin, “Variasi Kuat Medan Magnet Dan Daya Listrik Input Terhadap Karakteristik Motor Listrik Dc Dua Kutub,” *J. Nat.*, vol. 17, no. 1, pp. 37–49, 2021, doi: 10.30862/jn.v17i1.144.
- [39] J. J. Jamilah, F. R. Oktavia, and S. W. Nafita, “Pengaruh Material yang Berbeda Terhadap Laju Perpindahan Panas,” *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.31851/jupiter.v3i1.5979.
- [40] D. Gading Primadhika, Parjiman, D. Mochammad, and H. Firdaus, “Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Waktu Trip Pada Mini Circuit Breaker 6a Tipe C,” *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 6–13, 2020, doi: 10.21009/jevet.0051.02.