

Pengaplikasian Alternator Sebagai Motor Penggerak

Inayah Syarifah Ishak^{*1}, Jufriyson Lay Wohe², Yuri Gagarin Prani³, Jani F. Mandala⁴

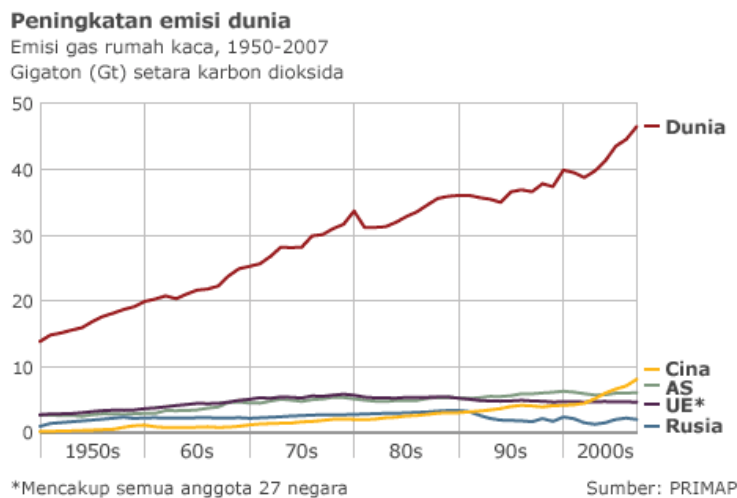
¹²³⁴ Prodi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana

*¹Corresponding author, email: inayah.syarifah.ishak@gmail.com

Abstrak	INFO.
<p>Motor DC tiga fasa menawarkan keunggulan signifikan dibandingkan motor bakar, di tengah perkembangan teknologi industri alternator mobil kini dimodifikasi menjadi motor penggerak Brushless Direct Current (BLDC) karena memiliki durabilitas tinggi dan kemampuan menghasilkan torsi besar pada kondisi ekstrem. Tetapi permasalahannya utama inovasi ini adalah perlunya sistem kontrol yang optimal untuk mengatasi kendala sinkronisasi dan stabilitas putaran pada rentang frekuensi yang luas.</p> <p>Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji rangkaian driver tiga fasa berbasis sequencer IC CD4017 dengan konfigurasi counter clock mod-3. Sistem ini menggunakan transistor BJT TIP31C sebagai gate driver dan MOSFET IRF250 sebagai penguat daya akhir. Integrasi modul XY-LPWM digunakan untuk memanipulasi duty cycle serta mengatur arus eksitasi pada rotor secara simultan guna mengoptimalkan torsi dan kecepatan.</p> <p>Hasil pengujian menunjukkan bahwa rangkaian berhasil menggerakkan stator alternator dengan arus eksitasi rata-rata 670 mA pada frekuensi operasional hingga 350 Hz. Analisis teknis mengungkap adanya rasio pembagi frekuensi sebesar empat pada IC CD4017, di mana input 25 Hz dari XY-LPWM terbaca sebagai 6,23 Hz pada osiloskop. Meskipun sistem mampu melakukan pengendalian tetapi kendala pada frekuensi rendah (10–25 Hz) berupa getaran rotor akibat inersia yang besar. Pada frekuensi tinggi, kecepatan motor mengalami stagnasi pada 1.762 RPM dan tidak meningkat meskipun frekuensi input dipacu hingga 1 kHz.</p>	<p>Info. Artikel: No. 033 Received. January, 29, 2026 Revised. January, 30, 2026 Accepted. January, 30, 2026 Page. 163 – 172</p> <hr/> <p>Kata kunci:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ PWM ✓ Gate Driver ✓ Final Stage ✓ Alternator
Abstract	
<p><i>Three-phase DC motors offer significant advantages over internal combustion engines, particularly in terms of efficiency, durability, and high torque performance. In line with the development of industrial technology, automotive alternators can be modified to function as Brushless Direct Current (BLDC) motors due to their robust construction and capability to produce large torque under extreme operating conditions. However, the main challenge in this innovation lies in the requirement for an optimal control system to address synchronization issues and rotational stability over a wide frequency range.</i></p> <p><i>This study aims to design and test a three-phase driver circuit for an alternator-based motor using a CD4017 IC sequencer configured as a mod-3 counter. The system employs a TIP31C BJT transistor as a gate driver and an IRF250 MOSFET as the final power amplifier. An XY-LPWM module is integrated to regulate the duty cycle and simultaneously control rotor excitation current in order to optimize torque and rotational speed.</i></p> <p><i>Experimental results show that the designed circuit successfully drives the alternator stator with an average excitation current of 670 mA at operational frequencies up to 350 Hz. Technical analysis indicates a frequency division ratio of four in the CD4017 IC, where a 25 Hz input from the XY-LPWM module is observed as 6.23 Hz on the oscilloscope. Although the system is capable of speed control, instability occurs at low frequencies (10–25 Hz) in the form of rotor vibrations due to high inertia. At higher frequencies, the motor speed reaches stagnation at 1,762 RPM and does not increase further even when the input frequency is raised up to 1 kHz.</i></p>	

PENDAHULUAN

Gambar grafik 1 adalah data kenaikan emisi di tiap decade yang mana dapat dilihat setiap tahunnya tingkat emisi di dunia mengalami kenaikan yang signifikan. Oleh karena itu, penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dan efisien menjadi sangat penting saat ini. Inovasi di era ini menekankan transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan dengan penggerak motor listrik, khususnya motor DC (*Direct Current*) tiga fasa sebagai solusi penggerak serbaguna.



Gambar 1. Grafik Peningkatan Emisi Dunia

Motor DC (*Direct Current*) tiga fasa menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan motor berbahan bakar dengan prinsip kerja berupa mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik yang efisien untuk menggerakkan berbagai aplikasi, mulai dari kendaraan listrik, peralatan industri, hingga sistem peralatan rumah tangga [7]. Seiring dengan perkembangan teknologi otomotif dan industri, alternator yang sebelumnya dikenal sebagai pembangkit listrik kini dapat dimodifikasi menjadi motor penggerak *Brushless Direct Current (BLDC)* dengan karakteristik yang serupa dengan motor sinkron magnet permanen [4;7]. Meskipun motor *BLDC (Brushless DirectCurrent Motor)* menawarkan efisiensi dan perawatan rendah, alternator memiliki kelebihan tersendiri. Dengan prinsip kerja yang serupa, alternator modern dapat diubah menjadi motor penggerak yang efisien dengan mengkonversi energi listrik menjadi gaya putar akibat interaksi medan magnet. Hal ini menjadikan alternator tetap relevan dalam desain sistem penggerak, terutama karena ketahanan dan durabilitasnya di berbagai aplikasi industri.

Selain itu, alternator mampu menghasilkan torsi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan aplikasi, serta unggul dalam ketahanan terhadap kondisi *ekstrem* dan beban tinggi, sehingga alternator menjadi pilihan yang handal untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan daya dan durabilitas dalam jangka Panjang [5]. Untuk mengoptimalkan potensi inovasi ini, maka sangat diperlukan rangkaian tambahan yang efisien dan pengontrolan yang optimal berupa *gate driver* transistor *BJT (Bipolar Junction Transistor)* TIP31C dan penguat daya berbasis MOSFET IRF250. *Gate driver* dilengkapi dengan pembangkit pulsa(modul XY-LPWM) yang diberikan kepada IC CD4017 untuk melakukan *counter clock* mod-3. Keluaran IC CD4017 selanjutnya menggerakkan TIP31C sebagai saklar 3 fasa dengan daya rendah, kemudian di kuatkan degan IRF250 untuk menggerakkan alternator.

METODOLOGI

Untuk perolehan capaian di atas, maka diperlukan metode pembuatan sistem penggerak yang efisien dengan penggunaan *gate driver* 3 fasa berbasis BJT dan penguat daya MOSFET(*Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor*)serta sistem kontrol yang dapat mengatur lebarpulsa untuk mendapatkan kecepatan dan torsi yang optimal. Tahapan ini tergambar 2 dimulai dengan Star, Study Literatur, Perencanaan dan Desain, Rancangan Driver, Perencanaan Penguat Rangkaian Pengontrol, dan Pengujian. Integrasi Alternator, Uji coba dan analisa, Kesimpulan.

Dalam pengembangan sistem ini dimulai dengan Study Literatur untuk menggali informasi yang relevan. Kemudian, dilakukan Perencanaan dan Desain untuk merancang setiap komponen. Rancangan Driver dibuat untuk menggerakkan sistem, diikuti dengan Perencanaan Penguat untuk meningkatkan kinerja sistem. Setelah itu, Rangkaian Pengontrol disusun untuk menjaga kestabilan operasional. Pengujian dilakukan untuk memastikan semua sistem berfungsi dengan baik. Selanjutnya, dilakukan Integrasi Alternator dengan komponen lainnya, diikuti oleh uji coba dan analisa untuk mengevaluasi hasil untuk pengambilan kesimpulan akhir.

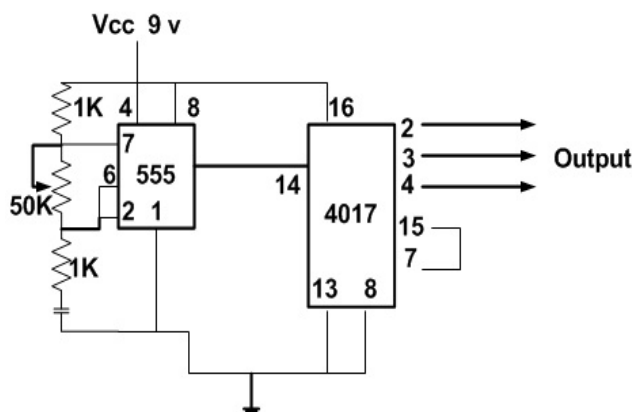


Gambar 2 Diagram Alir Proses Penelitian

1. Rangkaian Counter (XY-LPWM dan CD4017)

Rangkaian dengan menggunakan IC CD4017 sebagai counter dekade tipe Johnson yang mampu mengubah pulsa clock menjadi sekuensial dengan mengaktifkan satu output pada satu waktu [1;3]. Setiap pulsa dari XY-LPWM yang di tempatkan pada pin 14 CD4017 akan menggeser logika HIGH ke output dari Q0 hingga Q9. Implementasi praktis IC ini, selalu bersamaan dengan modul XY-LPWM atau IC clock lainnya dengan frekuensi yang dapat diatur melalui kombinasi resistor dan kapasitor.

Pin 13 sebagai Clock Enable harus berada pada kondisi LOW agar counter berjalan kontinu, sementara pin 15 sebagai RESET dapat dihubungkan ke salah satu output untuk membatasi jumlah langkah, misalnya [1]medesain rangkaian running LED dengan IC 555 sebagai pembangkit pulsa (clock) dan IC 4017 sebagai counter sekuensial untuk mengendalikan LED yang menyala bergantian. Sistem ini dirancang sebagai alternatif yang lebih sederhana, hemat daya, dan mudah dirakit dibanding rangkaian berbasis mikrokontroler yang membutuhkan pemrograman, sehingga cocok dipahami oleh pemula. Hasil desain ini, bahwa tegangan keluaran berada pada kisaran 0,301 V sampai 0,585 V dengan stabilitas timing yang baik.



Gambar 3 Rangkaian Counter

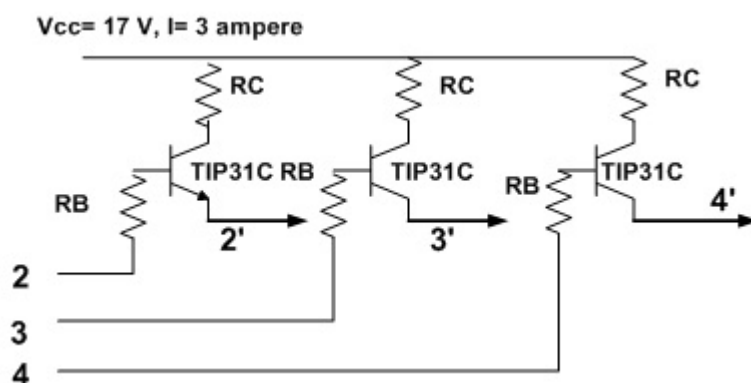
Sistem ini menawarkan keunggulan berupa kesederhanaan, konsumsi daya rendah, dan tidak memerlukan pemrograman, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi terapan berbasis clock. Tetapi ada juga kekurangan dari IC ini, kestabilan operasi CD4017 yang dipengaruhi oleh kualitas sinyal clock dan penanganan reset serta penggunaan decoupling capacitor dan pembentuk pulsa reset diperlukan untuk meminimalkan glitch dan jeda waktu .

2. Gate Driver BJT

Alternator yang diubah menjadi motor penggerak memerlukan driver motor tiga fasa untuk mengendalikan distribusi arus pada tiga fasa di stator. Pada kasus ini driver (gate driver/pre-amp) motor tiga fasa berbasis transistor BD 139 BJT yang mampu memberikan kontrol presisi terhadap arus tiga fasa. BJT memiliki kemampuan untuk menangani arus besar yang dibutuhkan oleh alternator yang dimodifikasi menjadi motor penggerak dan memiliki kemampuan mengisi (*charge*) *gate MOSFET* dengan cepat untuk mengosongkan (*discharge*) *gate MOSFET* [2;10].

Model dari driver ini berupa rangkaian counter clock CD4017 dan fixed biasing [2] yang dikembangkan sebagai penguat sinyal rendah yang telah ditelaah oleh [3] sebagai tools yang dapat digunakan pada berbagai proses digital, oleh karena periodik ring oscillator yang dihasilkan.

Rangkaian ini dibangun dari *fixed biasing* dengan keunggulan [2;3] performa sirkuit yang optimal dalam berbagai kondisi; kestabilan terhadap variasi suhu saat perubahan parameter penguatan arus (h_{FE}) sehingga *fixed biasing* dengan titik kerja (*Q-point*) menjadi lebih stabil. Disisi lain dapat mereduksi variasi tegangan (V_{CC}) dengan menyesuaikan arus kolektor secara otomatis, sehingga titik kerja tetap stabil walaupun terjadi fluktuasi sumber v_{cc} . *Fixed biasing* memiliki keunggulan dalam desain rangkaian transistor, terutama dalam meningkatkan stabilitas, mengurangi distorsi, dan memberikan penguatan yang konsisten. Ini juga membuat rangkaian lebih tahan terhadap fluktuasi suhu dan variasi komponen, yang sangat penting dalam aplikasi elektronik modern.



Gambar 4 Gate Driver dengan Push-pull

Pada rancangan ini tegangan 7 volt dan arus ± 25 mA pada masing-masing R_B transistor serta frekuensi kerja dan waktu siklus (t) menjadi landasan dan parameter untuk transistor TIP31C, perhitungan ini diantaranya h_{FE} (penguatan arus DC) dengan kisaran 100-800, Tegangan kolektor-emitor (V_{CE}) pada kondisi aktif adalah sekitar 0.7V. Untuk menentukan resistor kolektor (R_C) dan resistor basis (R_B), perlu menggunakan penekatan hukum Ohm dan persamaan transistor. Untuk $I_B = I_C / h_{FE}$ dengan pendekatan $h_{FE} = 200$ dan $I_B = \pm 25$ mA dan tegangannya V_B saat saturasi 0,2 V, maka;

Penentuan nilai R_C dan I_C dengan asumsi V_{Cout} menggerakkan mosfet sebesar 6 Volt (penurunan tegangan).

$$V_{RC} = V_{CC} - V_{Cout} \dots\dots\dots [1]$$

$$V_{RC} = 17 - 6 = 11$$

Maka I_C

$$I_C = V_{RC} / R_C = 11/5 = 2,2 \text{ A}$$

Penentuan nilai R_B dengan pendekatan material silikon (0,7) dan I_B (ideal h_{FE}) = 100, maka arus pada basis ;

$$I_C = \beta \cdot I_B \dots\dots\dots [2]$$

$$I_B = I_C / \beta = 2,2/100 \approx 22 \text{ mA}$$

Untuk menjamin bahwa kondisi statis dari transistor di mana arus dan tegangan berada pada level tanpa gangguan sinyal input, maka R basis dihitung dengan pendekatan ;

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} \dots\dots\dots [3]$$

$$22\text{mA} = \frac{7 - 0,7}{R_B}$$

$$R_B = 286 \Omega$$

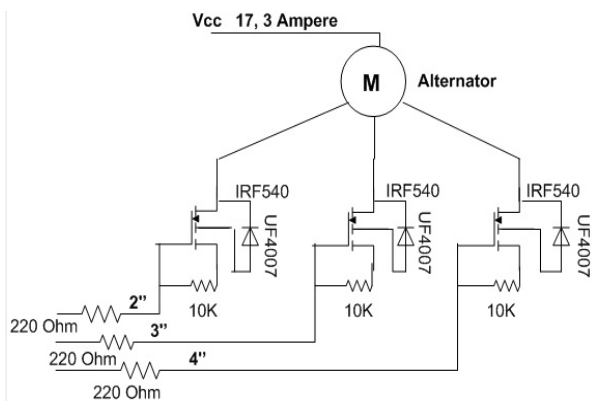
Pada bagian akhir dan terpenting adalah menentukan arus(penurunan) sebesar = 2 A dan tegangan 6 v, maka pendekatannya pada R_C .

$$V_{RC} = I_C R_C \dots\dots\dots [4]$$

$$I_C = V_{RC} / R_C$$

$$R_C = 11/2 = 5,5 \Omega$$

Final Stage IRF250



Gambar 5 Final Amplifier

Sebagai penguat akhir atau juga power switch dengan IRF250 berupa MOSFET N-channel yang banyak digunakan dalam aplikasi daya tinggi. Pada *final stage* IRF250 dapat berfungsi mengatur arus besar dengan efisiensi tinggi. Ketika diberi sinyal *gate positif*, IRF250 akan On dan memungkinkan arus mengalir dari drain ke source.

Keunggulannya terletak pada rendahnya resistansi $R_{ds(on)}$ [10] yang mengurangi rugi daya, serta kemampuan untuk menangani tegangan hingga 100V dan arus hingga 33A, menjadikannya IRF250 sebagai pilihan ideal untuk aplikasi penguat motor drive.

Jika target rangkaian ini dengan sumber dari gate driver sebesar 10 volt (V_{driver}) dan arus $I_G(max)$ 50mA, maka nilai R_G [2] dapat diperoleh dengan pendekatan ;

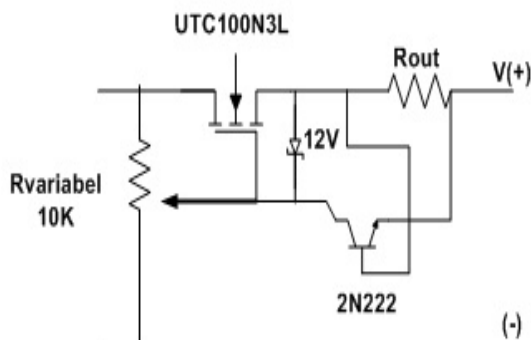
$$R_G = \frac{V_{DRIVER}}{I_G} \dots\dots\dots [5]$$

$$R_G = 10 / 50 \text{ mA} = 1K \Omega$$

Tetapi dalam aplikasi , nilai praktis yang di pakai R untuk R_G dengan range 100Ω sampai 1KΩ, idealnya pada kasus ini digunakan nilai R_G 220 Ω.

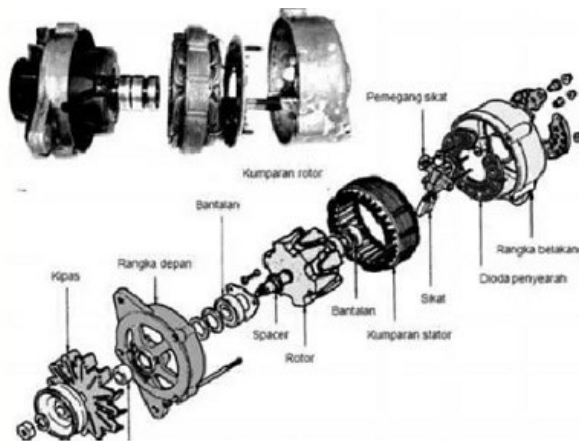
3. Pengatur Daya Untuk Rotor(Eksitasi)

Rangkaian ini berfungsi sebagai pengatur daya untuk beban DC dengan tegangan kerja $\pm 2 - \pm 12$ volt dan arus maksimum 1 ampere. Fungsi pengatur daya ini digunakan pada suplai rotor motor DC agar kecepatan dan torsi motor dapat dikendalikan. MOSFET UTC100N3L berfungsi sebagai saklar daya utama yang mengatur besar kecilnya arus menuju rotor motor. Sedangkan transistor 2N2222 digunakan sebagai penguat arus dan driver untuk mengendalikan gate MOSFET, sehingga pengaturan dapat dilakukan dengan sinyal berdaya kecil. Pada bagian potensiometer 10 kΩ memungkinkan untuk mengatur tingkat konduksi MOSFET secara bertahap. Sedangkan Resistor R_{out} berperan membatasi arus dan menurunkan tegangan agar arus ke rotor tetap aman. Dengan rangkaian ini, daya motor DC yang dibuat dari alternator dapat diatur secara sederhana dan stabil sesuai kebutuhan operasi.



Gambar 6. Pengatur Daya(Eksitasi)

4. Alternator



Sumber : <https://id.scribd.com/document/496427410/Komponen-Alternator>

Gambar 7 Konfigurasi Alternator

Alternator berfungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Namun, pada aplikasi tertentu, penggunaan motor DC sebagai pengganti alternator dapat digunakan. Motor DC, seperti halnya alternator, mampu mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik, meskipun menggunakan prinsip kerja yang berbeda. Penelitian sebelumnya[4;5] menunjukkan bahwa alternator dapat dioperasikan sebagai motor Brushless DC (BLDC), di mana terdapat hubungan antara beban dan kecepatan putar. Peningkatan beban menyebabkan penurunan kecepatan putar, sedangkan torsi meningkat seiring bertambahnya beban.

Untuk mendapatkan kecepatan putaran alternator, dipengaruhi oleh jumlah kutup(pole) dan rerata alternator memiliki 12 kutup/pole. Pendekatan teorinya[6] kecepatan motor ;

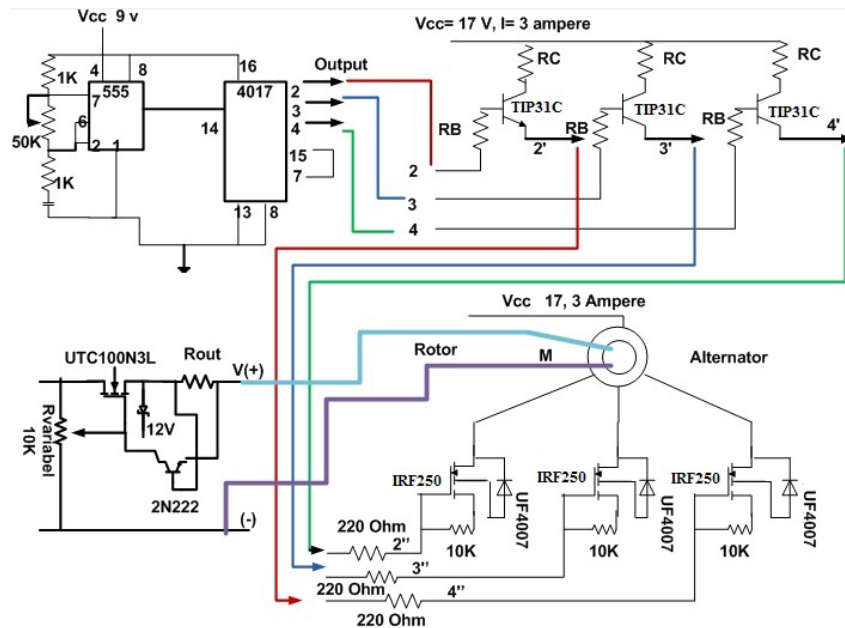
$$RMP = \frac{F_{XY-LPWM} \times 60}{Rasio_{CD4017}} \times Kutup \dots \dots \dots [6]$$

$$RPM = \text{Frekwensi}(pwm) \times 60 / 4 \times 6$$

$$= F(pwm) \times 60 / 24.$$

Sedangkan perubahan karakteristik, dipengaruhi oleh tegangan magnetik, di mana peningkatan tegangan sebesar dua volt menghasilkan kenaikan torsi. Penelitian lain menunjukkan bahwa pemilihan alternator yang tepat dapat meningkatkan kecepatan kendaraan listrik pada variasi beban tertentu. Demikian juga [5] dengan pengujian daya terhadap alternator pada mobil listrik TMUG01, dimana saat pengujian tanpa alternator dan dengan alternator, menunjukan pemilihan alternator dapat meningkatkan kecepatan dengan beban 55 kg dan 110 kg.

5. Integrasi Sistem



Gambar 8. Rangkaian Lengkap Sistem Driver

Rangkaian ini merupakan sistem pengendali daya berbasis modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur kerja alternator melalui tahapan penguat dan saklar daya. Tahap awal menggunakan modul XY-LPWM(555) yang dikonfigurasi sebagai pembangkit sinyal PWM. Frekuensi dan *duty cycle* PWM diatur melalui potensiometer, sehingga menghasilkan sinyal pulsa dengan lebar yang dapat disesuaikan. Sinyal PWM ini berfungsi sebagai sinyal kendali utama pada rangkaian.

Keluaran modul XY-LPWM kemudian diberikan ke IC CD4017 yang berperan sebagai pencacah pulsa. IC ini mendistribusikan pulsa secara berurutan ke beberapa kanal keluaran berupa 3 fasa, sehingga memungkinkan pengendalian beban secara bergantian dan terstruktur. Setiap keluaran CD4017 selanjutnya menggerakkan transistor TIP31C yang berfungsi sebagai penguat arus. Penggunaan TIP31C memastikan sinyal kendali memiliki arus yang cukup untuk mengendalikan tahap daya berikutnya.

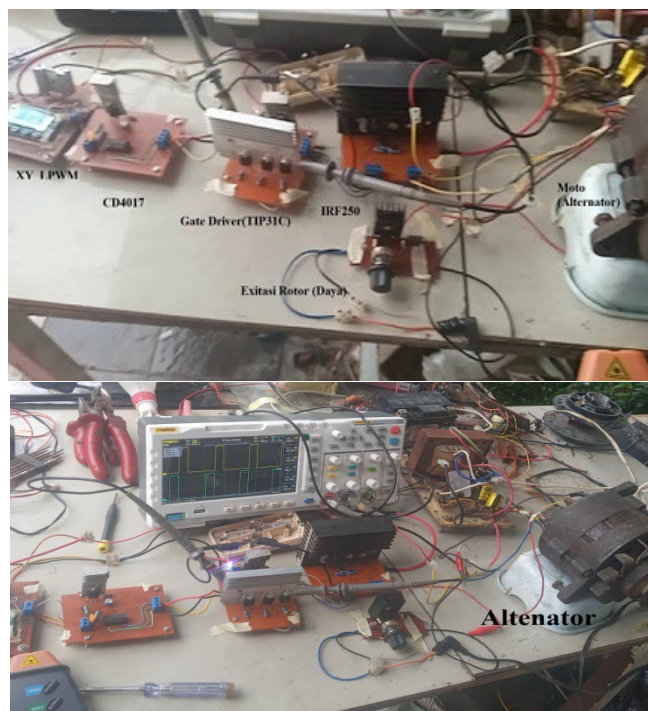
Tahap akhir menggunakan MOSFET IRF250 sebagai saklar daya utama. MOSFET ini menerima sinyal dari TIP31C dan mengatur arus besar menuju alternator. Dengan karakteristik *switching* yang cepat dan kemampuan arus tinggi, IRF250 memungkinkan pengaturan daya alternator secara efisien. Kombinasi keseluruhan rangkaian ini menghasilkan sistem pengendalian alternator yang terkontrol, stabil, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan operasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Rangkaian Driver

Pengujian rangkaian menunjukkan bahwa *driver* mampu menghasilkan sinyal tiga fasa untuk menggerakkan stator alternator. Arus kolektor TIP31C rata-rata ± 50 mA tercapai tanpa fluktuasi signifikan pada suplai VCC 17 V dan arus 3 ampere. Sedangkan rangkaian daya *excitation* dengan tegangan 2,6 volt – 6,7 volt dengan arus rerata 670 mA.

Rangkaian *gate driver* stator tiga fasa berbasis transistor BJT (TIP31C) dengan konfigurasi *fixed biasing*, menghasilkan sinyal tiga fasa pada frekuensi ± 350 Hz. Penguat daya rotor menggunakan MOSFET IRF250 yang dikendalikan melalui modul PWM XY-LPWM yang memungkinkan variasi *duty cycle* untuk pengendalian kecepatan dan torsi melalui pengaturan arus *excitation* rotor.



Gambar 9. Rancangan Aplikasi Penggerak Motor Alternator

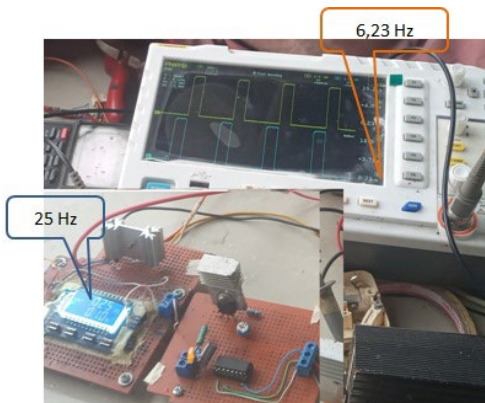
Analisa

Hasil percobaan dan pengamatan saat awal aplikasi dengan tegangan 17 volt arus 3 ampere dan *duty cycle* 10 % serta frekwensi 10Hz sampai 25 Hz dari XY-LPWM, rotor pada motor hanya bergetar tanpa ada putaran. Saat di naikan *duty cycle* ke 20% dan frekwensi 25Hz rotor mulai berputar perlahan tetapi tidak stabil. Saat frekwensi di berikan 100 Hz dan CD4017 50Hz, alternator degan rotor mulai melaju secara perlahan dengan rpm 170 sampai 210 rpm . Dari pengamatan ini, hasil rancangan rangkaian aplikasi dapat bekerja pada *duty cycle* 25% - 30% dengan frekwensi 50 Hz.

Tabel Pengukuran kecepatan

Duty Cycle PWM (%)	XY-LPWM (Hz)	DC4017 (Hz)	Kecepatantan (RPM)
25	25	6,23	0
25	100	25,7	140
35	200	52,12	372
35	300	75,4	470
40	400	100,3	613
50	500	124,5	800
50	600	150,4	1763

Secara teori frekwensi yang diberikan oleh XY-LPWM ke CD4017 tidak sama, hal ini disebabkan oleh CD4107 yang membagi frekwensi XY-LPWM(Gambar 3). Mengingat CD4017 pada pin 15 di kopel pada pin 7 untuk merest setiap cacahan tidak melebihi 3 clock(mod-3). Sehingga perhitungannya terdapat 4 clock, 3 clock sebagai waktu cacahan dan 1 clock sebagai spasi clock, jadi 25 Hz yang diberikan oleh XY-LPWM ke CD4017 menjadi $25 / 4 = 6,25$. Tetapi angka di *oscilloscope* menunjukkan 6,23 Hz.



Gambar 10. Hasil Pengamatan Rangkaian Driver

Integrasi rangkaian lengkap (Gambar 8) berhasil mengubah alternator mobil menjadi motor penggerak portable BLDC. Tetapi sistem rangkaian ini secara keseluruhan tidak menghasilkan putaran dengan frekwensi yang diharapkan, walaupun sistem pengendaliannya dapat mengontrol alternator.

Berdasarkan pendekatan rumusan 6 dan tabel hasil pengukuran kecepatan, terdapat kekurangan pada rangkaian penggerak dengan gate driver TIP31C. dikarenakan transistor ini memiliki tegangan jatuh sekitar 0,7V - 1,2V dan pada IRF250 terdapat hambatan internal (Rds-on). Sehingga sinyanya tidak menghasilkan kota secara sempurna pada frekwensi tinggi sehingga sumber 17V akan tersampaikan ke kumparan alternator hanya (diduga) kurang dari 10V. Dengan tegangan yang rendah, maka kekuatan tarik magnet berkurang sehingga motor tidak bisa mencapai kecepatan (RPM) maksimal sesuai hitungan frekuensi dan kecepatan. Hal ini menyebabkan frekwensi dan kectapan motor melompat secara tiba-tiba pada 600 Hz dengan RPM 1762 dan stakan walaupun frekwensi XY-LPWM di naikan sampai 1 KHz.

Selain rangkaian aplikasi di atas, diduga alternator ini, didesain untuk menghasilkan energi listrik pada RPM tinggi (di atas 2000 RPM), sehingga saat dialih fungsikan sebagai motor, maka alternator membutuhkan arus star untuk mensinkronkan dengan frekuensi tinggi.

Hal lainnya saat perubahan polaritas yang dilakukan secara manual pada rotor altenator, tidak terjadi pengereman, sehingga rumah elektromagnet melalui sikat arang (brush) menjadi magnet dengan kutub Utara (N) dan Selatan (S) tidak berdampak saat pulsa dari CD4017 secara kontinyu mengirimkan pulsa 3-fasa ke stator yang terus menghasilkan medan magnet.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, rangkaian driver berbasis CD4017, TIP31C dan mosfe berhasil mengubah alternator mobil menjadi motor BLDC fungsional. Rangkaian ini mampu menghasilkan sinyal tiga fasa pada frekuensi operasional hingga 350 Hz. Integrasi XY-LPWM sebagai pengendali *duty cycle* pada penguat daya rotor IRF250 terbukti efektif dalam mengatur arus eksitasi sebesar 670 mA untuk pengendalian torsi.

Namun, analisis performa menunjukkan adanya diskrepansi antara teori dan realita mekanis. Pada frekuensi rendah (10–25 Hz), motor hanya bergetar akibat inersia rotor dan lemahnya sinkronisasi. Secara teknis, frekuensi keluaran CD4017 merupakan hasil pembagian empat dari input XY-LPWM (konfigurasi *mod-3 plus spasi clock*), di mana input 25 Hz menghasilkan output riil 6,23 Hz.

Hambatan utama muncul pada frekuensi tinggi. Penggunaan TIP31C sebagai *gate driver* menyebabkan degradasi sinyal karena tegangan jatuh (0,7V–1,2V) dan hambatan internal IRF250. Hal ini mereduksi tegangan efektif yang sampai ke stator (diduga di bawah 10V), sehingga gaya tarik magnet melemah. Akibatnya, kecepatan motor stagnan pada 1.762 RPM meskipun frekuensi dipacu hingga 1 kHz. Selain itu, membalik polaritas rotor secara manual terbukti tidak mampu melakukan pengereman karena medan elektromagnetik rotor tetap tersinkronisasi dengan pulsa tiga fasa stator yang kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Ahdi, Aisyah Azzahro, Aji Hildan Ferdiansyah, Laily Muntasiroh, Aris Kiswanto., "Perancangan Rangkaian Running Led Menggunakan IC Timer 555 dan IC Counter 4017"., Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)., DOI: <https://doi.org/10.54082/jupin.1254>, ., Vol. 5, No. 3, Agustus 2025, Hal. 2607-2620
- [2] ROBERT BOYLESTAD LOUIS NASHESKY., "SEVENTH EDITION, ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUIT THEORY"., PRENTICE HALL Upper Saddle River, New Jersey Columbus, Ohio , Agustus 1998.
- [3] Behzad Razavi., "A CIRCUIT FOR ALL SEASONS, The Ring Oscillator"., http://www.seas.ucla.edu/brweb/papers/Journals/BR_SSCM_4_2019.pdf.
- [4] Muhamad Fahmy., Siswoyo., Toto Tohir., "Modifikasi dan Pengujian Alternator Mobil 400 watt menjadi iMotor BLDC"., Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar., Bandung, 13-14 Juli 2022.
- [5] Sri Poernomo Sari., Ferdi Fermana., Amy Arta Dalimo., Ahmad Firmansyah., "Pengaruh Alternator Terhadap Daya Pada Rancang Bangun Mobil Listrik TMUG01 (Effect of Alternator to Power in Design of Electric Car TMUG01)"., Jurnal Mechanical, Volume 3, Nomor 2, September 2012.
- [6] U.S. Department of Energy FSC-6910 Washington, D.C., "Doe Fundamental Handbook Electrical Science"., Tahun 1992
- [7] Krishnan, R., *Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives*, CRC Press, 2017.
- [8] Pillay, P., & Krishnan, R., "Modeling, Simulation, and Analysis of Permanent-Magnet Motor Drives," *IEEE Transactions on Industry Applications*, 1989.
- [9] Hughes, A., & Drury, B., *Electric Motors and Drives*, 4th Ed., Elsevier, 2019.
- [10] Bimal N. Bose, *Power Electronics and Motor Drives*, Academic Press, 2021.