

Three Phase Motor As The Prime Mover Of A Hydraulic-Driven Punch Press Machine

Motor 3 Fasa Sebagai Penggerak Utama Pada Mesin Punch Press Dengan Penggerak Hidrolik

Indah Sulistiyowati, ST., MT. Ramadhani Novarianto

indah_sulistiyowati@umsida.ac.id, novariantoramadhani@gmail.com

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo,
Jl. Raya Gelam No.250, Pagerwaja, Gelam, Kec. Candi, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271

Abstract. This article discusses the role of a three-phase induction motor as the prime mover of the hydraulic pump on a hydraulic-driven punch press machine, a type of machine widely used in the sheet-metal manufacturing industry. The problem addressed is how the working principle of the three-phase motor and the hydraulic system, which operates on Pascal's law, can be integrated to produce a controllable pressing force on the punch tool. A descriptive qualitative method was applied through a literature study combined with direct documentation of an operating hydraulic punch unit. The findings show that the three-phase induction motor drives the hydraulic pump, which converts mechanical energy into pressurized fluid flow that is regulated by control valves before actuating the hydraulic cylinder that moves the ram. Compared with a mechanical drive, the hydraulic drive offers adjustable pressing force, stroke length, and speed with higher precision, although it requires more intensive maintenance and carries a higher risk of oil leakage. In conclusion, the synergy between the three-phase motor and the hydraulic system enables the punch press machine to operate with flexible and precise pressing force.

Keywords - three-phase induction motor; hydraulic system; punch press machine; prime mover; industrial machinery.

Abstrak. Artikel ini membahas peran motor induksi 3 fasa sebagai penggerak utama pompa hidrolik pada mesin punch press dengan penggerak hidrolik, salah satu jenis mesin yang banyak digunakan pada industri manufaktur pelat logam. Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana prinsip kerja motor 3 fasa dan sistem hidrolik yang bekerja berdasarkan Hukum Pascal dapat diintegrasikan untuk menghasilkan gaya tekan yang terkontrol pada punch tool. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif melalui studi literatur yang dipadukan dengan dokumentasi langsung terhadap unit mesin punch hidrolik yang beroperasi. Hasil artikel ini menunjukkan bahwa motor induksi 3 fasa menggerakkan pompa hidrolik yang mengubah energi mekanik menjadi aliran fluida bertekanan, yang selanjutnya diatur oleh katup kontrol sebelum menggerakkan silinder hidrolik yang menggerakkan ram. Dibandingkan dengan penggerak mekanik, penggerak hidrolik menawarkan gaya tekan, panjang langkah, dan kecepatan yang dapat diatur dengan presisi lebih tinggi, meski membutuhkan perawatan yang lebih intensif serta berisiko mengalami kebocoran oli. Integrasi motor 3 fasa dan sistem hidrolik memungkinkan mesin punch press beroperasi dengan gaya tekan yang fleksibel dan presisi.

Kata Kunci - motor induksi 3 fasa; sistem hidrolik; mesin punch press; penggerak utama; permesinan industri.

I. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, khususnya pekerjaan yang berkaitan dengan pelat logam, mesin punch atau mesin press banyak dipakai untuk memotong, melubangi, dan membentuk material. Supaya proses tersebut dapat berjalan dengan baik, mesin ini membutuhkan sistem penggerak yang mampu menghasilkan gaya tekan sesuai kebutuhan produksi. Salah satu pilihan yang umum digunakan adalah sistem hidrolik, yang memanfaatkan oli bertekanan untuk menghasilkan gerakan sekaligus gaya tekan pada bagian punch.

Tenaga awal untuk menjalankan mesin punch hidrolik ini umumnya berasal dari motor listrik. Motor induksi 3 fasa dipilih untuk memutar pompa hidrolik karena konstruksinya sederhana, kokoh, dan

sesuai untuk pemakaian di lingkungan industri⁵. Putaran dari motor diteruskan ke pompa, yang kemudian mengalirkan oli menuju katup dan silinder hidrolik. Dari sinilah gerakan silinder dihasilkan untuk menggerakkan punch tool pada saat proses pelubangan atau pembentukan benda kerja berlangsung.

Berangkat dari uraian tersebut, artikel ini bertujuan untuk mengkaji prinsip kerja motor induksi 3 fasa dan sistem hidrolik, menguraikan konfigurasi serta cara kerja keduanya ketika diintegrasikan pada mesin punch, dan membandingkan kelebihan serta kekurangan penggerak hidrolik terhadap penggerak mekanik konvensional pada mesin punch.

II. METODE

Penulisan artikel ini menggunakan metode deskriptif kualitatif melalui pendekatan studi literatur yang dipadukan dengan dokumentasi terhadap unit mesin punch hidrolik yang beroperasi. Metode ini dipilih karena dapat menggambarkan secara sistematis prinsip kerja motor 3 fasa dan sistem hidrolik berdasarkan teori yang berlaku, sekaligus mengaitkannya dengan kondisi komponen nyata pada mesin punch hidrolik. Adapun tahapan penyusunan artikel ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur. Dilakukan dengan meninjau berbagai sumber referensi seperti buku teks kelistrikan, mesin listrik, serta sistem hidrolik dan pneumatik, guna memperoleh landasan teori mengenai prinsip kerja motor induksi 3 fasa dan sistem hidrolik.
2. Dokumentasi komponen. Dilakukan terhadap komponen-komponen utama unit mesin punch hidrolik, meliputi motor listrik 3 fasa, katup kontrol, aktuator silinder hidrolik, hingga bagian punch tool dan dies, untuk memperjelas gambaran fisik komponen yang dibahas.
3. Pengumpulan data. Data yang digunakan berasal dari dua sumber, yaitu data sekunder dari studi literatur dan data pendukung berupa dokumentasi foto komponen mesin punch hidrolik.
4. Analisis data. Data yang telah dikumpulkan disusun secara sistematis dan dianalisis dengan cara membandingkan prinsip kerja teoritis dengan konfigurasi komponen pada mesin punch hidrolik, serta membandingkan karakteristik penggerak hidrolik dengan penggerak mekanik konvensional.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa merupakan jenis motor listrik arus bolak-balik (AC) yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik antara stator dan rotor. Motor ini tersusun atas dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam, terdiri atas inti besi berlapis (laminated core) dan kumparan (winding) yang dihubungkan ke sumber tegangan 3 fasa. Begitu kumparan stator dialiri arus 3 fasa, timbul medan magnet putar (rotating magnetic field) dengan kecepatan sinkron yang dirumuskan sebagai berikut.¹

$$n_s = 120 \times f / p$$

dengan n_s = kecepatan sinkron (RPM), f = frekuensi (Hz), dan p = jumlah kutub.

Sebagai contoh, motor yang digunakan pada mesin punch yang menjadi objek pembahasan memiliki frekuensi 50 Hz dengan 4 kutub, sehingga kecepatan sinkronnya adalah $n_s = 120 \times 50 / 4 = 1500$ RPM. Nilai ini sesuai dengan RPM nominal motor yang terpasang pada unit, sehingga membuktikan bahwa pemilihan spesifikasi motor telah tepat.

Rotor adalah bagian yang berputar, umumnya berbentuk rotor sangkar (squirrel cage) atau rotor belitan (wound rotor). Medan magnet putar yang dihasilkan stator menginduksikan gaya gerak listrik pada

batang konduktor rotor sehingga timbul arus induksi, yang kemudian berinteraksi dengan medan magnet stator hingga menghasilkan torsi untuk memutar rotor. Karena kecepatan putar rotor selalu sedikit tertinggal dari kecepatan medan putar stator, motor jenis ini disebut motor asinkron, dengan selisih kecepatannya dikenal sebagai slip:²

$$s = ((ns - nr) / ns) \times 100\%$$

Motor induksi 3 fasa dipilih sebagai penggerak pompa hidrolik pada mesin punch karena beberapa pertimbangan, yaitu konstruksinya sederhana dan kokoh terutama pada tipe rotor sangkar sehingga kebutuhan perawatannya relatif minim; memiliki torsi awal yang cukup besar untuk mengatasi beban awal pompa; efisiensinya tinggi pada kondisi kerja nominal dan mampu beroperasi kontinu; andal untuk beban berat di lingkungan industri; serta biaya pengadaan maupun perawatannya relatif lebih murah dibandingkan motor DC dengan daya setara.⁵



Gambar 1. Motor listrik 3 fasa sebagai penggerak pompa hidrolik

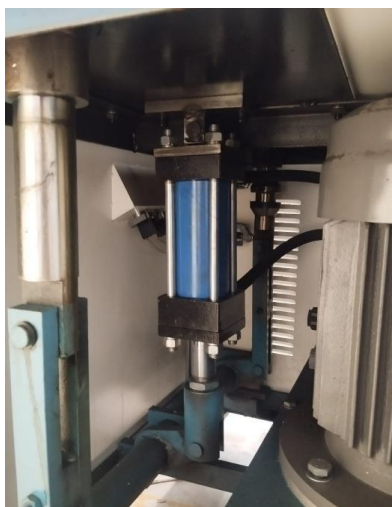
B. Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik memanfaatkan sifat fluida, dalam hal ini oli hidrolik, yang tidak dapat dimampatkan untuk meneruskan gaya dan energi. Dasar kerjanya mengacu pada Hukum Pascal, yang menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah.³ Berkat prinsip inilah sistem hidrolik dapat menghasilkan gaya tekan yang besar hanya dengan mengatur luas penampang piston yang sesuai.

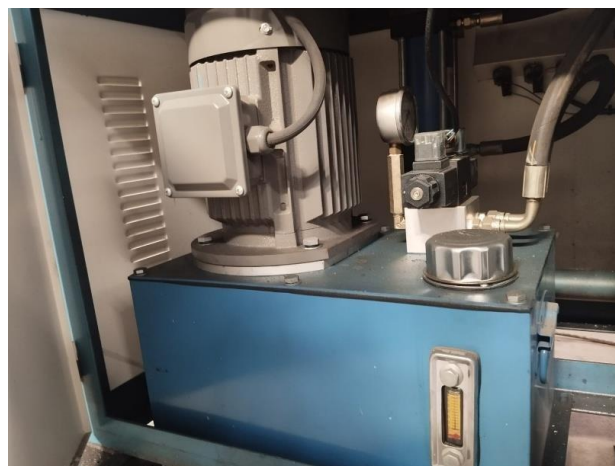
Beberapa komponen utama yang menyusun sistem hidrolik pada mesin punch antara lain motor listrik 3 fasa yang berperan sebagai sumber tenaga mekanik awal untuk memutar poros pompa hidrolik, pompa hidrolik yang mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi fluida berupa tekanan dan aliran oli, dengan jenis yang umum dipakai antara lain pompa roda gigi (gear pump), pompa baling-baling (vane pump), hingga pompa piston (piston pump) untuk aplikasi bertekanan tinggi, katup kontrol (control valve) yang mengatur arah, tekanan, dan laju aliran fluida menuju aktuator, terdiri dari katup arah (directional/solenoid valve), katup pengatur tekanan (relief valve), dan katup pengatur aliran (flow control valve),⁴ aktuator, umumnya berupa silinder hidrolik, yang mengubah energi fluida bertekanan menjadi gerakan linear untuk menggerakkan punch tool naik-turun, serta reservoir atau tangki oli yang menampung oli hidrolik sekaligus berperan sebagai media pendingin dan tempat pengendapan kotoran, dilengkapi filter dan akumulator untuk menjaga kebersihan fluida dan meredam fluktuasi tekanan.



Gambar 2. Katup kontrol (control valve) pada sistem hidrolik



Gambar 3. Lengan hidrolik / aktuator pada mesin punch



Gambar 4. Reservoir / tangki oli sistem hidrolik

C. Mesin Punch (Punch Press)

Mesin punch adalah mesin yang dipakai untuk melubangi, memotong, atau membentuk material, biasanya berupa pelat logam, dengan cara menekan alat punch (punch tool) ke material menggunakan gaya tekan tertentu, dibantu dies yang berfungsi sebagai cetakan atau tumpuan.

Ditinjau dari sistem penggerakannya, mesin punch dapat dikelompokkan menjadi dua jenis utama. Pada mesin punch mekanik, motor listrik memutar flywheel, kemudian energi kinetik dari flywheel disalurkan

melalui crankshaft untuk menggerakkan ram atau slide secara mekanis. Sementara itu, mesin punch hidrolik memanfaatkan motor listrik untuk memutar pompa hidrolik yang menghasilkan tekanan fluida, yang selanjutnya dipakai untuk menggerakkan silinder hidrolik yang terhubung dengan ram atau slide.

Dibandingkan mesin punch mekanik, mesin punch hidrolik umumnya lebih fleksibel dalam mengatur gaya tekan, kecepatan, maupun panjang langkah (stroke), sehingga lebih banyak dipakai untuk proses pembentukan logam yang menuntut kontrol presisi tinggi, meskipun konsekuensinya kecepatan siklusnya relatif lebih lambat.⁴



Gambar 5. Punch tool



Gambar 6. Dies sebagai cetakan/tumpuan material kerja

D. Konfigurasi dan Cara Kerja Sistem Secara Keseluruhan

Sistem penggerak pada mesin punch hidrolik terdiri atas beberapa komponen yang bekerja secara berurutan, dimulai dari sumber tenaga listrik hingga menghasilkan gerakan pada punch tool. Alur kerja tersebut dapat digambarkan melalui diagram blok berikut.



1. Motor induksi 3 fasa dihubungkan ke sumber tegangan 3 fasa, umumnya 380 V, melalui panel kontrol yang dilengkapi pengaman seperti MCB, kontaktor, dan thermal overload relay.⁶

2. Saat dijalankan, biasanya melalui rangkaian star-delta atau soft starter agar arus start tidak terlalu besar, poros motor yang terkopel langsung (direct coupling) maupun melalui pulley dan belt ke poros pompa hidrolik akan memutar pompa tersebut.
3. Pompa hidrolik menghisap oli dari reservoir dan mendorongnya ke sistem perpipaan bertekanan.
4. Katup kontrol arah, misalnya solenoid valve tipe 4/3 way, diatur oleh sistem kontrol berupa PLC atau relai⁷ agar aliran oli terarah menuju sisi silinder yang sesuai, baik untuk gerak maju maupun mundur.
5. Tekanan oli mendorong piston pada silinder hidrolik sehingga timbul gerakan linear pada ram yang membawa punch tool untuk menekan material kerja.
6. Setelah proses punching selesai, katup diarahkan mengalirkan oli ke sisi sebaliknya agar ram kembali ke posisi semula (retract).
7. Katup pengatur tekanan (relief valve) menjaga tekanan sistem tetap dalam batas aman, sedangkan katup pengatur aliran (flow control valve) mengatur kecepatan gerak ram.

E. Peran Motor 3 Fasa dan Perhitungan Daya

Dalam sistem ini, motor 3 fasa berperan sebagai penggerak utama yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran. Daya keluaran motor secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut.²

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

Kapasitas daya motor perlu disesuaikan dengan kebutuhan daya hidrolik sistem, yang antara lain dipengaruhi oleh tekanan kerja maksimum dan debit aliran (flow rate) pompa yang diperlukan. Hubungan ini dapat didekati dengan persamaan berikut.³

$$P_{hidrolik} = (p \times Q) / (600 \times \eta)$$

dengan p = tekanan kerja (bar), Q = debit aliran (liter/menit), dan η = efisiensi pompa.

Pemilihan kapasitas motor yang tepat menjadi penting agar sistem hidrolik bekerja optimal, tidak mengalami overload pada motor, dan tidak pula kekurangan tenaga, karena keduanya sama-sama dapat membuat gaya tekan punch meleset dari spesifikasi yang diinginkan.¹²

F. Perbandingan Penggerak Hidrolik dan Penggerak Mekanik

Untuk melihat perbedaannya secara lebih jelas, karakteristik mesin punch dengan penggerak hidrolik dan penggerak mekanik dirangkum pada tabel berikut.

Aspek	Penggerak Hidrolik	Penggerak Mekanik
Gaya tekan	Dapat diatur besar-kecil sesuai kebutuhan	Cenderung tetap
Kecepatan / stroke	Dapat disesuaikan (adjustable)	Relatif tetap
Ketelitian	Presisi tinggi	Cocok untuk produksi berulang
Kecepatan siklus	Relatif lebih lambat	Cocok untuk produksi massal
Perawatan	Perlu perawatan berkala pada komponen hidrolik	Terfokus pada komponen mekanik
Risiko kebocoran	Berpotensi bocor oli pada sambungan/seal	Minim resiko kebocoran fluida

G. Perawatan dan Permasalahan Umum

Agar motor 3 fasa dan sistem hidrolik pada mesin punch tetap bekerja dengan baik serta memiliki umur pakai yang panjang, terdapat beberapa perawatan rutin yang perlu dilakukan, yaitu memeriksa level dan kualitas oli hidrolik secara berkala untuk mencegah kavitasi pompa maupun keausan komponen, mengecek arus dan suhu motor secara berkala guna mendeteksi gejala overload atau ketidakseimbangan fasa (unbalance), membersihkan atau mengganti filter oli secara berkala, serta memeriksa kemungkinan kebocoran pada sambungan pipa dan seal silinder hidrolik.

Beberapa masalah yang cukup sering muncul pada sistem semacam ini di antaranya motor yang overheat akibat beban berlebih, tekanan yang tidak stabil karena adanya udara terjebak dalam sistem, hingga menurunnya kinerja pompa akibat keausan komponen internal.

Berdasarkan uraian teori dan dokumentasi komponen pada mesin punch hidrolik, dapat diidentifikasi beberapa temuan penting yang mencerminkan integrasi motor 3 fasa dan sistem hidrolik.

1. Sistem penggerak pada mesin punch hidrolik menunjukkan integrasi yang berurutan antara motor induksi 3 fasa, pompa hidrolik, katup kontrol, dan silinder hidrolik, sehingga energi listrik dapat dikonversi secara bertahap menjadi gaya tekan mekanis pada punch tool.
2. Kesesuaian antara kecepatan sinkron hasil perhitungan (1500 RPM pada frekuensi 50 Hz dan 4 kutub) dengan RPM nominal motor yang terpasang pada unit membuktikan bahwa pemilihan spesifikasi motor telah sesuai dengan kebutuhan sistem.
3. Perbandingan karakteristik menunjukkan bahwa penggerak hidrolik unggul dalam fleksibilitas pengaturan gaya tekan, kecepatan, dan panjang langkah dengan presisi tinggi, namun memerlukan perawatan yang lebih intensif serta membawa risiko kebocoran oli dibandingkan penggerak mekanik yang lebih sederhana namun kurang fleksibel.
4. Penerapan program perawatan preventif, seperti pemeriksaan level oli, arus dan suhu motor, serta kondisi filter dan seal, berperan penting dalam menjaga keandalan operasional serta memperpanjang umur pakai sistem penggerak pada mesin punch hidrolik.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Motor induksi 3 fasa berperan sebagai penggerak utama yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk memutar pompa hidrolik pada mesin punch.
2. Sistem hidrolik pada mesin punch bekerja berdasarkan Hukum Pascal dengan mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi fluida bertekanan, yang kemudian dipakai untuk menggerakkan silinder hidrolik.
3. Perpaduan motor 3 fasa dan sistem hidrolik memungkinkan mesin punch menghasilkan gaya tekan besar dengan kontrol kecepatan dan tekanan yang presisi.
4. Meski unggul dalam fleksibilitas pengaturan gaya dan kecepatan, sistem penggerak hidrolik tetap membutuhkan perawatan yang lebih intensif dibandingkan sistem penggerak mekanik, sehingga pemilihan kapasitas motor yang sesuai kebutuhan daya hidrolik serta penerapan perawatan berkala menjadi kunci utama menjaga keandalan dan umur pakai mesin punch hidrolik.

Sebagai pengembangan lebih lanjut, penerapan sistem kontrol otomatis berbasis PLC dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan presisi sekaligus keamanan operasi mesin punch hidrolik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, atas bimbingan yang diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- [1] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
https://archive.org/details/electricmachiner0000chap_f7a1
- [2] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, and S. D. Umans, *Electric Machinery*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2013. https://books.google.com/books/about/Electric_Machinery.html?id=dZkfAAAAQBAJ
- [3] A. Esposito, *Fluid Power with Applications*, 7th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2009.
https://books.google.com/books/about/Fluid_Power_with_Applications.html?id=H2FCPgAACAAJ
- [4] A. Parr, *Hydraulics and Pneumatics: A Technician's and Engineer's Guide*, 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2011.
- [5] M. Zainuri, *Mesin-Mesin Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2017.
<https://www.google.com/search?tbm=bks&q=Zainuri+Mesin-Mesin+Listrik+Graha+Ilmu+2017>
- [6] S. L. Herman, *Industrial Motor Control*. Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning, 2005.
<https://archive.org/details/industrialmotorc00step>
- [7] F. D. Petruzella, *Programmable Logic Controllers*. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2005.
https://archive.org/details/programmablelogi0000petr_e1f3
- [8] Y. Adhimanata, I. Sulistiyowati, A. Wisaksono, S. D. Ayuni, and M. Nasar, "Overload monitoring and warning system for 3-phase electric motorcycle based on IoT," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 30–41, 2025.
- [9] I. Anshory, I. Sulistiyowati, and A. Ahfas, *Buku Ajar Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Umsida Press, pp. 1–220.
https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=Ksdi_wwAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=Ksdi_wwAAAAJ%3ARGFaLdJalmkC
- [10] D. N. K. Hardani, "Analisis torsi dan efisiensi pada motor induksi tiga fasa rotor sangkar," *Techno*, 2018. <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno/article/view/3070>
- [11] Y. Oktariani, "Studi pengaruh torsi beban terhadap kinerja motor induksi tiga fase," *Jurnal Teknik Elektro*, 2016. <https://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/view/645>
- [12] E. Zondra, "Pengaruh tegangan sumber dan beban terhadap tingkat harmonisa pada motor induksi tiga phasa," *SainETIn*. <http://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/167>
- [13] L. Sartika, M. B. A. Saputro, and A. M. Prasetya, "Analisis pengaruh beban lebih terhadap efisiensi dan torsi pada motor induksi 3 fasa," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 23, no. 2, pp. 213–222, 2024, doi: 10.24843/MITE.2024.v23i02.P04.

[14] M. Z. Kurnia, I. M. W. Kastawan, and P. Raharjo, “Pengaruh ketidakseimbangan tegangan pada suplai daya listrik terhadap kecepatan putaran dan efisiensi motor induksi 3-fasa,” *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 3, no. 2, pp. 155–164, 2023, doi: 10.35313/jitel.v3.i2.2023.155-164.

[15] S. Diantoro, D. Nugroho, and A. A. Nugroho, “Analisa pengaruh perubahan frekuensi dan tegangan terhadap efisiensi motor induksi tiga fasa menggunakan MATLAB Simulink,” *Elektrika*, vol. 16, no. 2, pp. 127–137, 2024, doi: 10.26623/elektrika.v16i2.8852.