

Evaluasi Implementasi Motor Listrik Berkecepatan Variabel pada Industri Manufaktur

Anggun Angkasa Bela Persada¹, Fatmawati Sabur², Jeffrey Payung Langi³, Sulastri Kakaly⁴, Joni Wilson Sitopu⁵, Rudy Max Damara Gugat⁶

¹Politeknik Negeri Banyuwangi

²Politeknik Penerbangan Makassar

^{3,4}Politeknik Negeri Ambon

⁵Universitas Simalungun

⁶Institut Transportasi dan Logistik Trisakti

E-mail: anggun@poliwangi.ac.id

* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.5790>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 16 Maret 2026

Revised: 20 Maret 2026

Accepted: 30 Maret 2026

Kata Kunci:

motor listrik, variable speed drive, efisiensi energi

Keywords:

electric motor, variable speed drive, energy efficiency



ABSTRACT

Perkembangan kendaraan listrik dalam beberapa dekade terakhir menjadi salah satu solusi penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta menekan emisi gas rumah kaca yang berdampak pada perubahan iklim global. Salah satu komponen utama yang menentukan kinerja kendaraan listrik adalah teknologi baterai yang digunakan sebagai sumber energi utama. Oleh karena itu, perkembangan teknologi baterai menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi, keamanan, serta daya saing kendaraan listrik di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perkembangan teknologi baterai pada kendaraan listrik modern melalui pendekatan studi literatur. Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi literatur dengan mengkaji berbagai publikasi ilmiah yang relevan mengenai teknologi baterai kendaraan listrik, khususnya yang membahas perkembangan baterai lithium-ion dan teknologi baterai generasi baru. Proses penelitian dilakukan melalui tahapan penelusuran literatur, seleksi sumber yang relevan, analisis isi, serta sintesis hasil penelitian yang berkaitan dengan perkembangan teknologi baterai kendaraan listrik. Hasil kajian menunjukkan bahwa baterai lithium-ion saat ini masih menjadi teknologi baterai yang paling dominan digunakan pada kendaraan listrik karena memiliki densitas energi tinggi, efisiensi yang baik, serta bobot yang relatif ringan dibandingkan teknologi baterai sebelumnya seperti lead-acid dan nickel-metal hydride. Namun demikian, teknologi baterai lithium-ion masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan kapasitas energi, waktu pengisian daya yang relatif lama, degradasi baterai, serta potensi risiko keamanan seperti thermal runaway. Selain itu, berbagai penelitian juga menunjukkan adanya perkembangan teknologi baterai generasi berikutnya, seperti baterai solid-state yang memiliki potensi untuk meningkatkan kapasitas energi, keamanan, serta umur pakai baterai kendaraan listrik. Dengan demikian, perkembangan teknologi baterai diharapkan dapat mendukung peningkatan kinerja kendaraan listrik sekaligus mempercepat transisi menuju sistem transportasi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Motor listrik merupakan salah satu komponen utama yang banyak digunakan dalam berbagai proses produksi di sektor industri manufaktur dan berkontribusi besar terhadap konsumsi energi listrik. Tingginya kebutuhan energi pada sistem motor listrik mendorong perlunya penerapan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan adalah motor listrik berkecepatan variabel atau Variable Speed Drive (VSD) yang memungkinkan pengaturan kecepatan motor sesuai dengan kebutuhan beban kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi motor listrik berkecepatan variabel pada industri manufaktur berdasarkan berbagai hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur, yaitu dengan mengkaji dan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang relevan seperti artikel jurnal dan prosiding konferensi yang membahas tentang efisiensi energi, kinerja motor listrik, serta penerapan teknologi VSD dalam sistem industri. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu identifikasi topik penelitian, pengumpulan literatur, seleksi sumber yang relevan, analisis dan sintesis temuan penelitian, serta penarikan kesimpulan. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa implementasi motor listrik berkecepatan variabel mampu meningkatkan efisiensi energi secara signifikan dibandingkan dengan sistem motor berkecepatan tetap, terutama pada aplikasi industri yang memiliki variasi beban seperti pompa, kipas, dan kompresor. Selain itu, penggunaan VSD juga memberikan manfaat lain seperti peningkatan stabilitas operasi sistem, pengurangan keausan mekanis pada peralatan, serta kontribusi dalam menurunkan emisi gas rumah kaca akibat penurunan konsumsi energi. Dengan demikian, penerapan motor listrik berkecepatan variabel dapat menjadi salah satu solusi strategis dalam mendukung efisiensi energi, peningkatan produktivitas, serta keberlanjutan operasional pada sektor industri manufaktur.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Anggun Angkasa Bela Persada¹ et al (2026). Evaluasi Implementasi Motor Listrik Berkecepatan Variabel pada Industri Manufaktur <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.5790>

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri manufaktur pada era modern menuntut adanya efisiensi energi, peningkatan produktivitas, serta pengurangan dampak lingkungan dari aktivitas produksi. Salah satu komponen utama yang berperan penting dalam proses industri adalah motor listrik (Nur et al., 2024). Motor listrik digunakan secara luas untuk menggerakkan berbagai peralatan industri seperti pompa, kompresor, conveyor, dan sistem ventilasi. Dalam banyak kasus, motor listrik menyumbang porsi konsumsi energi yang sangat besar dalam sektor industri. Oleh karena itu, upaya peningkatan efisiensi sistem motor listrik menjadi perhatian penting dalam pengelolaan energi di sektor manufaktur. Menurut De Almeida, Fonseca, dan Bertoldi (2003), sistem motor listrik dapat menyumbang lebih dari 60% konsumsi listrik di sektor industri, sehingga peningkatan efisiensi pada sistem ini berpotensi memberikan penghematan energi yang signifikan serta menurunkan biaya operasional perusahaan (Wahyunto, 2025).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan efisiensi energi, teknologi penggerak motor listrik mengalami perkembangan yang cukup pesat. Salah satu inovasi yang banyak diterapkan adalah penggunaan motor listrik berkecepatan variabel atau Variable Speed Drive (VSD). Teknologi ini memungkinkan pengaturan kecepatan motor sesuai dengan kebutuhan beban kerja, sehingga energi yang digunakan dapat lebih optimal dibandingkan dengan sistem motor berkecepatan tetap. Saidur et al. (2012) menjelaskan bahwa penggunaan VSD pada sistem motor listrik mampu menghemat konsumsi energi secara signifikan, khususnya pada aplikasi yang memiliki variasi beban seperti sistem pompa dan kipas. Dengan kemampuan pengaturan kecepatan tersebut, motor tidak perlu selalu beroperasi pada kapasitas maksimum, sehingga konsumsi energi dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses produksi (Fathoni et al., 2025).

Selain memberikan efisiensi energi, penerapan motor listrik berkecepatan variabel juga memiliki implikasi positif terhadap performa operasional sistem industri. Mecrow dan Jack (2008) menyatakan bahwa perkembangan teknologi motor listrik dan sistem penggerakannya telah meningkatkan efisiensi konversi energi serta meningkatkan keandalan sistem operasi industri. Dengan adanya kontrol kecepatan yang lebih fleksibel, proses produksi dapat dijalankan secara lebih stabil dan presisi (Widiarto et al., 2025). Hal ini penting terutama dalam industri manufaktur yang membutuhkan kontrol proses yang akurat untuk menjaga kualitas produk (Sabur et al., 2025). Selain itu, penggunaan VSD juga dapat mengurangi keausan mekanis pada peralatan karena motor tidak selalu beroperasi pada kondisi beban maksimum secara terus-menerus (Nur, Sabur, & Hasrul, 2025).

Dalam konteks implementasi di dunia industri, penerapan teknologi motor listrik berkecepatan variabel juga mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis (Marchenko & Putranto, 2025). De

Almeida, Ferreira, dan Fong (2005) menjelaskan bahwa keputusan penerapan sistem VSD tidak hanya didasarkan pada potensi penghematan energi, tetapi juga mempertimbangkan biaya investasi awal, biaya pemeliharaan, serta integrasi dengan sistem produksi yang telah ada. Meskipun investasi awal untuk teknologi ini relatif lebih tinggi dibandingkan sistem motor konvensional, manfaat jangka panjang berupa penghematan energi dan peningkatan efisiensi operasional seringkali mampu menutupi biaya investasi tersebut. Oleh karena itu, banyak industri mulai mempertimbangkan implementasi VSD sebagai bagian dari strategi manajemen energi yang berkelanjutan (Harliantara & Wahyuanto, 2025).

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan motor listrik berkecepatan variabel dapat memberikan dampak positif terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca (Nur & Sabur, 2025). Sadek, El-Maghraby, dan Fathy (2023) menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi energi melalui penggunaan VSD dapat berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi fosil serta menurunkan emisi gas buang pada sektor industri. Hal ini sejalan dengan tuntutan global terhadap penerapan teknologi ramah lingkungan dalam aktivitas industri. Selain itu, penelitian oleh Yan, Ge, dan Quan (2022) juga menunjukkan bahwa sistem tenaga elektro-hidrolik yang menggunakan motor berkecepatan variabel mampu meningkatkan efisiensi sistem energi secara keseluruhan. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomi tetapi juga mendukung upaya keberlanjutan lingkungan (Wahyuanto et al., 2025).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas manfaat penggunaan motor listrik berkecepatan variabel dalam meningkatkan efisiensi energi, sebagian besar studi masih berfokus pada analisis teknis atau studi kasus pada sistem tertentu. Penelitian oleh Burt et al. (2008) misalnya menekankan pada efisiensi motor pada variasi frekuensi dan beban, sedangkan Goman et al. (2019) lebih banyak membahas analisis efisiensi pada sistem pompa dengan berbagai jenis motor. Penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Zakharov, Kobelev, dan Makarov (2018) lebih menitikberatkan pada pengembangan teknologi motor listrik yang lebih efisien dari sisi desain dan manufaktur (Utoyo et al., 2025). Dengan demikian, kajian yang secara komprehensif mengevaluasi implementasi motor listrik berkecepatan variabel pada sektor industri manufaktur dari berbagai perspektif masih relatif terbatas (Nur, Sabur, Suprpto, et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat research gap berupa keterbatasan kajian yang mengintegrasikan berbagai temuan penelitian mengenai implementasi motor listrik berkecepatan variabel secara komprehensif dalam konteks industri manufaktur. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada analisis teknis, efisiensi energi pada aplikasi tertentu, atau pengembangan teknologi motor, namun belum banyak yang melakukan evaluasi secara menyeluruh mengenai implementasi teknologi tersebut berdasarkan berbagai hasil penelitian yang ada (Widaningsih & Putranto, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini memiliki novelty berupa penyajian analisis literatur yang komprehensif mengenai implementasi motor listrik berkecepatan variabel dalam industri manufaktur, dengan mengintegrasikan berbagai temuan penelitian terkait efisiensi energi, aspek teknis, dampak ekonomi, serta implikasi terhadap keberlanjutan lingkungan. Melalui pendekatan studi literatur ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai efektivitas penerapan teknologi motor listrik berkecepatan variabel dalam meningkatkan efisiensi sistem industri manufaktur (Putranto et al., 2025).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (literature review) yang bertujuan untuk mengkaji secara sistematis berbagai hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan implementasi motor listrik berkecepatan variabel dalam industri manufaktur. Metode ini dilakukan dengan menelaah berbagai sumber ilmiah seperti artikel jurnal, prosiding konferensi, serta publikasi ilmiah lainnya yang relevan dengan topik penelitian. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Topik dan Perumusan Masalah

Tahap pertama dilakukan dengan mengidentifikasi topik penelitian yang berkaitan dengan penerapan motor listrik berkecepatan variabel (Variable Speed Drive/VSD) dalam industri manufaktur. Pada tahap ini peneliti merumuskan fokus kajian yang menitikberatkan pada evaluasi implementasi teknologi tersebut dalam meningkatkan efisiensi energi, kinerja sistem, serta dampaknya terhadap proses industri.

2. **Penelusuran dan Pengumpulan Sumber Literatur**
Pada tahap ini peneliti melakukan pencarian dan pengumpulan berbagai sumber literatur ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, IEEE Xplore, MDPI, dan ResearchGate. Literatur yang dipilih merupakan artikel ilmiah yang membahas mengenai efisiensi motor listrik, penggunaan Variable Speed Drive (VSD), serta implementasinya dalam sistem industri.
3. **Seleksi dan Kriteria Literatur**
Setelah literatur terkumpul, peneliti melakukan proses seleksi untuk memastikan bahwa sumber yang digunakan memiliki relevansi yang tinggi dengan topik penelitian. Kriteria literatur yang digunakan meliputi kesesuaian topik dengan penelitian, publikasi dalam jurnal ilmiah bereputasi, serta memiliki pembahasan mengenai efisiensi energi, kinerja motor listrik, atau penerapan teknologi motor berkecepatan variabel pada sistem industri.
4. **Analisis dan Sintesis Literatur**
Literatur yang telah dipilih kemudian dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi konsep, temuan penelitian, serta pendekatan yang digunakan oleh penelitian sebelumnya. Pada tahap ini peneliti melakukan sintesis terhadap berbagai hasil penelitian untuk menemukan pola, persamaan, serta perbedaan temuan yang berkaitan dengan implementasi motor listrik berkecepatan variabel dalam industri manufaktur.
5. **Interpretasi dan Penyusunan Hasil Kajian**
Tahap selanjutnya adalah menginterpretasikan hasil analisis literatur yang telah dilakukan. Peneliti menyusun hasil kajian secara sistematis untuk menjelaskan perkembangan penelitian, manfaat implementasi teknologi motor berkecepatan variabel, serta tantangan yang dihadapi dalam penerapannya pada sektor industri manufaktur.
6. **Penarikan Kesimpulan**
Tahap terakhir adalah merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan. Kesimpulan disusun untuk memberikan gambaran mengenai efektivitas implementasi motor listrik berkecepatan variabel dalam meningkatkan efisiensi energi dan kinerja sistem industri manufaktur, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil kajian literatur terhadap berbagai penelitian yang relevan dengan implementasi motor listrik berkecepatan variabel pada sistem industri, diperoleh beberapa temuan utama yang menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi, kinerja sistem, serta mendukung keberlanjutan industri. Hasil penelitian dari berbagai sumber literatur dapat diuraikan sebagai berikut.

1. **Penelitian Saidur et al. (2012)**
Penelitian yang dilakukan oleh Saidur et al. (2012) mengkaji penerapan Variable Speed Drive (VSD) pada motor listrik dalam berbagai aplikasi industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan VSD mampu meningkatkan efisiensi energi secara signifikan terutama pada sistem yang memiliki variasi beban seperti pompa, kipas, dan kompresor. Pengaturan kecepatan motor sesuai kebutuhan proses produksi memungkinkan pengurangan konsumsi energi hingga tingkat yang cukup besar dibandingkan dengan motor berkecepatan tetap. Selain itu, penelitian ini juga menegaskan bahwa teknologi VSD dapat meningkatkan fleksibilitas operasi sistem industri serta mengurangi kehilangan energi yang biasanya terjadi pada sistem konvensional.
2. **Penelitian De Almeida, Ferreira, dan Fong (2005)**
Penelitian ini membahas pertimbangan teknis dan ekonomis dalam penerapan motor listrik dengan sistem variable-speed drive pada sistem motor industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi VSD dapat memberikan penghematan energi yang signifikan, terutama pada aplikasi industri dengan kebutuhan kontrol kecepatan yang dinamis. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti bahwa meskipun biaya investasi awal untuk penerapan VSD relatif tinggi, penghematan energi yang diperoleh dalam jangka panjang dapat mengimbangi biaya tersebut. Oleh karena itu, teknologi ini dinilai memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam industri manufaktur.

3. Penelitian Mecrow dan Jack (2008)
Mecrow dan Jack (2008) meneliti tren perkembangan efisiensi pada mesin listrik dan sistem penggerakannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan teknologi motor listrik dan sistem penggerak modern telah menghasilkan peningkatan efisiensi yang signifikan dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Penggunaan sistem kontrol kecepatan variabel memungkinkan pengoperasian motor listrik yang lebih optimal sesuai dengan kebutuhan beban kerja. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa inovasi dalam desain motor listrik dan teknologi penggerak berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi energi pada sektor industri.
4. Penelitian De Almeida, Fonseca, dan Bertoldi (2003)
Penelitian ini menganalisis karakteristik sistem motor listrik yang hemat energi dalam sektor industri dan jasa di Uni Eropa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem motor listrik merupakan salah satu konsumen energi terbesar dalam sektor industri. Oleh karena itu, penerapan teknologi efisiensi energi seperti motor listrik berkecepatan variabel dapat memberikan potensi penghematan energi yang sangat besar. Penelitian ini juga mengidentifikasi berbagai hambatan dalam implementasi teknologi efisiensi energi, seperti kurangnya kesadaran industri terhadap potensi penghematan energi serta keterbatasan investasi awal.
5. Penelitian Al-Bahadly (2007)
Penelitian yang dilakukan oleh Al-Bahadly (2007) meneliti potensi penghematan energi melalui penerapan variable speed drives dalam aplikasi industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan VSD mampu mengurangi konsumsi energi secara signifikan terutama pada sistem yang membutuhkan pengaturan aliran atau tekanan secara dinamis. Selain meningkatkan efisiensi energi, penerapan VSD juga mampu meningkatkan umur pakai peralatan karena sistem dapat beroperasi secara lebih stabil dan tidak selalu bekerja pada kapasitas maksimum.
6. Penelitian Sadek, El-Maghraby, dan Fathy (2023)
Penelitian ini mengevaluasi penggunaan variable speed drive dalam meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi emisi gas pada sektor industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan VSD mampu meningkatkan efisiensi energi sistem secara signifikan serta berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca. Studi kasus yang dilakukan dalam penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan VSD dapat menurunkan konsumsi energi sekaligus mendukung penerapan teknologi industri yang lebih ramah lingkungan.
7. Penelitian Burt et al. (2008)
Burt et al. (2008) meneliti efisiensi motor listrik pada kondisi frekuensi dan beban yang bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi motor listrik sangat dipengaruhi oleh variasi frekuensi operasi dan kondisi beban kerja. Penggunaan sistem penggerak berkecepatan variabel memungkinkan motor untuk beroperasi pada kondisi yang lebih efisien dibandingkan dengan sistem berkecepatan tetap. Penelitian ini juga menegaskan pentingnya pemilihan sistem kontrol motor yang tepat untuk meningkatkan efisiensi energi pada sistem industri.
8. Penelitian Goman et al. (2019)
Penelitian ini menganalisis efisiensi energi pada sistem pompa dengan motor berkecepatan tetap menggunakan berbagai jenis motor listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pompa dengan kecepatan tetap memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem yang menggunakan pengaturan kecepatan motor. Oleh karena itu, penggunaan motor listrik berkecepatan variabel dinilai sebagai salah satu solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi energi pada sistem pompa industri.
9. Penelitian Yan, Ge, dan Quan (2022)
Penelitian ini mengkaji sistem sumber daya elektro-hidrolik yang menggunakan motor berkecepatan variabel sebagai penggerak utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan motor berkecepatan variabel mampu meningkatkan efisiensi sistem energi secara keseluruhan serta meningkatkan kinerja sistem hidrolik. Selain itu, sistem ini juga mampu mengurangi kehilangan energi yang biasanya terjadi pada sistem hidrolik konvensional.
10. Penelitian Zakharov, Kobelev, dan Makarov (2018)
Penelitian ini membahas pengembangan, produksi, serta penerapan motor listrik hemat energi dalam berbagai aplikasi industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan teknologi motor listrik modern telah menghasilkan sistem motor dengan efisiensi yang lebih tinggi serta

kemampuan integrasi dengan sistem kontrol kecepatan variabel. Implementasi motor listrik hemat energi yang dipadukan dengan teknologi penggerak modern dapat meningkatkan efisiensi sistem industri sekaligus mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.

Pembahasan

Motor listrik merupakan komponen utama dalam berbagai proses produksi di sektor industri manufaktur. Penggunaan motor listrik yang sangat luas menyebabkan kontribusinya terhadap konsumsi energi industri menjadi sangat besar. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi pada sistem motor listrik menjadi salah satu strategi penting dalam upaya pengelolaan energi industri yang lebih efektif (Fenetiruma & Kamakaula, 2023). De Almeida, Fonseca, dan Bertoldi (2003) menjelaskan bahwa sistem motor listrik menyumbang sebagian besar konsumsi energi listrik dalam sektor industri, sehingga peningkatan efisiensi pada sistem ini dapat memberikan dampak signifikan terhadap penghematan energi secara keseluruhan (Simbolon et al., 2025). Dalam konteks tersebut, penggunaan teknologi motor listrik berkecepatan variabel atau Variable Speed Drive (VSD) menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi sistem motor listrik (Kamakaula & Pattiasina, 2025).

Penerapan teknologi Variable Speed Drive memungkinkan pengaturan kecepatan motor listrik secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan beban kerja (Radiansyah et al., 2023). Berbeda dengan sistem motor berkecepatan tetap yang selalu beroperasi pada kapasitas maksimum, sistem motor berkecepatan variabel mampu menyesuaikan kecepatan operasinya berdasarkan kebutuhan proses produksi. Saidur et al. (2012) menjelaskan bahwa penggunaan VSD pada berbagai aplikasi industri seperti pompa, kipas, dan kompresor dapat memberikan penghematan energi yang signifikan. Hal ini disebabkan karena konsumsi energi pada sistem tersebut sangat dipengaruhi oleh kecepatan operasi motor (Amalia & Sitompul, 2024). Dengan menyesuaikan kecepatan motor terhadap kebutuhan sistem, energi yang digunakan dapat dikurangi tanpa mengurangi kinerja proses produksi (Sagrim et al., 2025).

Selain memberikan efisiensi energi, penerapan motor listrik berkecepatan variabel juga memberikan manfaat dalam meningkatkan kinerja operasional sistem industri (Iqbal et al., 2025). Mecrow dan Jack (2008) menjelaskan bahwa perkembangan teknologi mesin listrik dan sistem penggeraknya telah menghasilkan peningkatan efisiensi yang signifikan dalam sistem motor modern (Palpialy et al., 2025). Sistem penggerak yang dilengkapi dengan kontrol kecepatan variabel memungkinkan proses operasi menjadi lebih stabil dan responsif terhadap perubahan beban (Idia Gultom et al., 2024). Hal ini sangat penting dalam industri manufaktur yang memerlukan kontrol proses yang presisi untuk menjaga kualitas produk dan efisiensi produksi. Dengan demikian, penerapan teknologi ini tidak hanya memberikan manfaat dari sisi penghematan energi tetapi juga meningkatkan keandalan dan performa sistem produksi (Kamakaula & Uria, 2025).

Dari sisi teknis dan ekonomis, penerapan sistem motor listrik berkecepatan variabel juga menunjukkan potensi yang sangat besar dalam meningkatkan efisiensi operasional industri. De Almeida, Ferreira, dan Fong (2005) menjelaskan bahwa meskipun penerapan VSD memerlukan investasi awal yang relatif tinggi, manfaat jangka panjang yang diperoleh dari penghematan energi dapat memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan bagi perusahaan. Pengurangan konsumsi energi secara langsung akan menurunkan biaya operasional industri, terutama pada sistem yang beroperasi dalam waktu yang panjang. Selain itu, penggunaan VSD juga dapat mengurangi beban mekanis pada peralatan sehingga dapat memperpanjang umur pakai mesin serta menurunkan biaya pemeliharaan (Tambunan et al., 2025).

Efisiensi energi yang dihasilkan dari penggunaan motor listrik berkecepatan variabel juga berkaitan dengan karakteristik operasi motor pada berbagai kondisi beban. Burt et al. (2008) menjelaskan bahwa efisiensi motor listrik sangat dipengaruhi oleh variasi frekuensi operasi dan kondisi beban kerja (Idelia & Putranto, 2025). Motor listrik yang beroperasi pada beban parsial seringkali mengalami penurunan efisiensi apabila menggunakan sistem kecepatan tetap. Namun dengan menggunakan sistem penggerak berkecepatan variabel, motor dapat dioperasikan pada kondisi yang lebih optimal sehingga efisiensi energi dapat ditingkatkan (Gyarani et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi VSD memberikan keuntungan yang signifikan pada sistem industri yang memiliki variasi beban operasi (Septiadi et al., 2025).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Goman et al. (2019) menunjukkan bahwa sistem pompa yang menggunakan motor berkecepatan tetap memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem yang menggunakan pengaturan kecepatan motor. Dalam sistem pompa konvensional, pengaturan aliran sering dilakukan dengan metode throttling atau penggunaan katup pengatur, yang justru

menyebabkan terjadinya kehilangan energi dalam sistem (Afnissa et al., 2025). Dengan menggunakan motor berkecepatan variabel, pengaturan aliran dapat dilakukan secara langsung melalui pengaturan kecepatan motor sehingga kehilangan energi dapat diminimalkan. Hal ini menjadikan teknologi motor berkecepatan variabel sebagai solusi yang lebih efisien dalam pengelolaan energi industri (Fitriyanti et al., 2025).

Dari perspektif pengembangan teknologi, kemajuan dalam desain dan manufaktur motor listrik juga turut berperan dalam meningkatkan efisiensi sistem motor modern. Zakharov, Kobelev, dan Makarov (2018) menjelaskan bahwa pengembangan motor listrik hemat energi terus dilakukan melalui inovasi dalam desain elektromagnetik, material, serta sistem kontrol penggerak (Wahyuningtyas et al., 2025). Integrasi antara motor listrik efisiensi tinggi dengan teknologi penggerak berkecepatan variabel memungkinkan terciptanya sistem motor yang memiliki performa lebih baik serta konsumsi energi yang lebih rendah. Perkembangan teknologi ini menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung transformasi industri menuju sistem produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan (Kamakaula, 2026).

Selain manfaat teknis dan ekonomis, penerapan motor listrik berkecepatan variabel juga memiliki dampak positif terhadap aspek lingkungan. Sadek, El-Maghraby, dan Fathy (2023) menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi energi melalui penggunaan VSD dapat berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dalam sektor industri (Lestari et al., 2025). Dengan menurunkan konsumsi energi listrik, penggunaan bahan bakar fosil pada pembangkit listrik juga dapat dikurangi sehingga emisi karbon yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Penelitian lain oleh Yan, Ge, dan Quan (2022) juga menunjukkan bahwa penggunaan motor berkecepatan variabel pada sistem elektro-hidrolik mampu meningkatkan efisiensi sistem energi secara keseluruhan serta mengurangi kehilangan energi yang terjadi pada sistem konvensional.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa implementasi motor listrik berkecepatan variabel memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi, meningkatkan kinerja sistem industri, serta mendukung upaya keberlanjutan lingkungan. Teknologi ini memberikan solusi yang efektif dalam mengoptimalkan penggunaan energi pada sistem motor listrik yang banyak digunakan dalam sektor manufaktur. Oleh karena itu, penerapan teknologi motor listrik berkecepatan variabel menjadi salah satu strategi penting dalam pengembangan industri yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan di masa depan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi motor listrik berkecepatan variabel (Variable Speed Drive/VSD) dalam industri manufaktur memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi serta kinerja sistem produksi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi ini mampu menyesuaikan kecepatan motor dengan kebutuhan beban kerja sehingga konsumsi energi dapat ditekan secara signifikan dibandingkan dengan sistem motor berkecepatan tetap. Selain memberikan manfaat dalam penghematan energi, penerapan motor listrik berkecepatan variabel juga mampu meningkatkan stabilitas operasi sistem, memperpanjang umur pakai peralatan, serta berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, teknologi motor listrik berkecepatan variabel dapat menjadi salah satu solusi strategis dalam mendukung efisiensi energi dan keberlanjutan pada sektor industri manufaktur.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar industri manufaktur mulai mempertimbangkan penerapan motor listrik berkecepatan variabel sebagai bagian dari strategi manajemen energi untuk meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan kajian yang lebih mendalam melalui pendekatan empiris atau studi kasus pada sektor industri tertentu sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai efektivitas implementasi teknologi tersebut dalam kondisi operasional yang nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, baik berupa dukungan akademik, sumber referensi, maupun berbagai masukan yang konstruktif sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta penerapan teknologi efisiensi energi di sektor industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnissa, D. D., Amarilis, P. K., Renova, V. D., & Putranto, A. (2025). Analisis kegagalan strategi kampanye Ridwan Kamil-Suswono dalam Pilkada 2024. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 632–642.
- Amalia, Y. R., & Sitompul, P. (2024). PENERAPAN MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA PADA KANWIL DJKN SULAWESI SELATAN, TENGGARA DAN BARAT TAHUN 2023. *Seminar Nasional Manajemen Dan Akuntansi*, 206–213.
- Fathoni, M., Hutauruk, T. L., Widiastuti, S., Rahardian, R. L., Syahputra, M., & Sabur, F. (2025). Pengembangan Aplikasi Mobile Berbasis Android untuk Monitoring Kesehatan Menggunakan Sensor IoT. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(2), 12070–12075.
- Fenetiruma, O. A., & Kamakaula, Y. (2023). Ecological and Cultural Balance in Traditional Agriculture: An Environmental Anthropological Approach. *Global International Journal of Innovative Research*, 1(2), 68–77.
- Fitriyanti, N., Puspitasari, R., Jasmine, T., & Putranto, A. (2025). Strategi Komunikasi Politik Digital Tri Andhianto dan Abdul Haris Bobihoe dalam Pilkada Bekasi 2024. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 652–662.
- Gyarani, A., Rifqi, J., & Putranto, A. (2025). Peranan Komunikasi Publik pada Partai Pengusung Pilkada 2024 Kabupaten Bogor (Studi Terhadap Pasangan No 1 Rudy Susmanto dan Ade Ruhandi). *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 706–718.
- Harliantara, H., & Wahyunto, E. (2025). How Radio Republik Indonesia Innovates and Stays Sustainable in the Digital Age: A Look at Management and Strategy. *Jurnal Komunikasi*, 17(1), 116–139.
- Idelia, R. T., & Putranto, A. (2025). Dramaturgi Personal Branding Andika-Hendrar dalam Membangun Citra Politik Melalui Instagram (Studi Kasus Kontestasi Calon Pilgub Jateng 2024). *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 750–759.
- Iqbal, I. A., Putriesli, L., Salsabila, N., & Putranto, A. (2025). Analisis Kemenangan Pasangan Calon Andra Soni Dan Dimiyati Natakusumah Dalam Pilgub Banten 2024. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi (JIMIK)*, 6(1), 819–829.
- Kamakaula, Y. (2026). Ethnoecology-Based Traditional Agricultural Systems as a Strategy for Sustainable Agricultural Development. *MSJ: Majority Science Journal*, 4(1), 107–115.
- Kamakaula, Y., & Pattiasina, T. A. (2025). The Role of Shifting Cultivation Farming Systems in Meeting Family Food Security. *Interdisciplinary Explorations in Research Journal*, 3(2), 384–389.
- Kamakaula, Y., & Uria, D. (2025). Sistem Pertanian Ladang Berpindah Dalam Perspektif Etnoekologi. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 294–308.
- Lestari, A. S. B., Heriani, N., Munawar, T. K. M., & Putranto, A. (2025). Analisis Peran Generasi Z Dalam Kemenangan Pasangan Calon Dedi Mulyadi Dan Erwana Setiawan Pada Pilgub Jawa Barat 2024. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 643–651.
- lidia Gultom, L., Siagian, M. V. S. E., Sitompul, P., Tarigan, I., & Sianturi, R. F. (2024). LITERATURE REVIEW: PERENCANAAN SUMBER DAYA MANUSIA PADA ERA GLOBALISASI INDUSTRI 4.0. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 7.
- Marchenko, V., & Putranto, A. (2025). The Opportunities and Challenges of Influencers Collaboration in Modern Public Relations Communication. *Communicology: Jurnal Ilmu Komunikasi*, 13(2), 268–282.
- Nur, M., & Sabur, F. (2025). Development of Teaching Materials and Harmonized Semester Learning Plan for the Aircraft Basic Workshop Theory Course through Learner-Centered Instructional Design in Indonesian Aviation Polytechnics. *Journal La Edusci*, 6(2), 284–307.
- Nur, M., Sabur, F., & Anam, K. (2024). DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AIRCRAFT PARKING DETECTOR (BLOCK ON/OFF) TO DETERMINE THE USAGE TIME OF PARKING STANDS AT PT. ANGKASA PURA I JUANDA SURABAYA. *Proceeding of International Conference of Advanced Transportation, Engineering, and Applied Social Science*, 3(1), 681–684.

- Nur, M., Sabur, F., & Hasrul, M. R. (2025). Development of Teaching Model for Testing Service Quality and Airport Passenger Satisfaction at Aviation Polytechnic. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 6(4), 976–986.
- Nur, M., Sabur, F., Suprpto, Y., Djunaedi, D., & Sukarman, S. (2025). Interactive Learning Module Development Design for Electronic and Digital Engineering at Aviation Polytechnic. *Letters in Information Technology Education (LITE)*, 8(1), 19–24.
- Palpialy, J. V., Sabur, F., & Kona, M. (2025). The Impact of Training and Teaching Experience on Instructor Professionalism at Jayapura Aviation Polytechnic. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 6(3), 627–634.
- Putranto, A., Gandariani, T., Siregar, Y. A., & Khaerudin, R. B. (2025). Keterkaitan Tingkat Literasi Digital dan Kemampuan Berpikir Kritis di Kalangan Mahasiswa Era Society 5.0: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 2532–2539.
- Radiansyah, A., Kardini, N. L., Rachmawati, A. W., Nandini, W., Endrasprihatin, R., Purwatmini, N., Sugiyanto, E., Sitompul, P., & Wulandari, D. (2023). *MSDM Perusahaan Pada Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Era Society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sabur, F., Wiguna, A. G. S., & Multazam, M. A. (2025). KAJIAN FAKTOR PENYEBAB KETIDAKSESUAIAN DATA PUBLIKASI DI PIA WILAYAH JAKARTA: STUDI KASUS TAHUN 2024. *Jurnal Inovasi Akuntansi Dan Manajemen Bisnis*, 9(3).
- Sagrim, M., Iyai, D. A., Runtuboi, Y., Kamakaula, Y., Koibur, J., Sawen, D., Salosa, Y., Pakage, S., Senis, Y., & Runtuboi, F. (2025). Indigenous Agricultural Practices: Sweet Potato Cultivation Among the Arfak Tribe in Gueintuy, West Papua. *International Journal of Advanced Technology and Social Sciences*, 3(5), 617–630.
- Septiadi, F. R., Mahmudi, I. D., Rachdical, M. S., & Putranto, A. (2025). Analisis Kegagalan Pasangan Calon Husain Alting Sjah dan Asrul Rasyid pada Pilgub Malut 2024. *JURNAL INDONESIA: MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMUNIKASI Ученые: Lembaga KITA*, 6(1), 677–687.
- Simbolon, O. J., Sitompul, P., Tarigan, M. I. B., Sitanggang, L., & Sirait, R. (2025). Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Metode Simple Additive Weighting untuk Rekrutmen Sumber Daya Manusia. *Jurnal Akuntansi, Manajemen Dan Ilmu Ekonomi (Jasmien)*, 5(04), 688–699.
- Tambunan, P. H., Silalahi, D., Tarigan, M. I., Tarigan, I., & Sitompul, P. (2025). PENGARUH KUALITAS PELAYANAN, HARGA DAN FASILITAS TERHADAP KEPUASAN PASIEN RAWAT JALAN PADA RUMAH SAKIT IMELDA. *Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, 13–19.
- Utoyo, A. W., Setiawan, K., Razali, G., & Putranto, A. (2025). The Digital Kampung: The Role of Mediated Communication in Indonesia’s Online Community Dynamics. *Open Society Conference*, 3, 498–503.
- Wahyuanto, E. (2025). EFFECTIVE STRATEGIES IN PRODUCTION MANAGEMENT TO IMPROVE OPERATIONAL EFFICIENCY. *MSJ: Majority Science Journal*, 3(2), 211–219.
- Wahyuanto, E., Taufiqi, M. A., Azizah, N., & Maryam, N. S. (2025). Pemanfaatan Teknologi Digital Dalam Meningkatkan Administrasi Desa: Pengabdian Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(3), 359–363.
- Wahyuningtyas, A., Ramadhan, M. W., Suprihono, M. B., & Putranto, A. (2025). Efektivitas strategi kampanye pasangan Sherly Laos-Sarbin Sehe di Pilgub Maluku Utara: Kajian media, taktik, dan mobilisasi massa. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 6(1), 610–621.
- Widaningsih, T. T., & Putranto, A. (2025). Digital tourism communication: effects of influencer credibility, content quality, and e-WoM on emotions, FoMO, self-identification, and visit intentions of Gen Z travelers. *Frontiers in Communication*, 10, 1717937.
- Widiarto, D. S., Prasetyo, I. J., Wahyuanto, E., & Sjucho, D. W. (2025). Transitioning from Analogue to Digital Radio Broadcasting: A Simulcast System Approach in Indonesia. *Journal of Ecohumanism*, 4(1), 1034–1048.
- Saidur, R., Mekhilef, S., Ali, M. B., Safari, A., & Mohammed, H. A. (2012). Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 543–550.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004308>

- De Almeida, A. T., Ferreira, F. J. T. E., & Fong, J. (2005). Technical and economical considerations in the application of variable-speed drives with electric motor systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1388677/>
- Mecrow, B. C., & Jack, A. G. (2008). Efficiency trends in electric machines and drives. *Energy Policy*, 36(12), 4336–4341.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508004461>
- De Almeida, A. T., Fonseca, P., & Bertoldi, P. (2003). Energy-efficient motor systems in the industrial and in the services sectors in the European Union: Characterisation, potentials, barriers and policies. *Energy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544202001603>
- Al-Bahadly, I. (2007). Energy saving with variable speed drives in industry applications. *WSEAS Transactions on Systems*.
https://www.researchgate.net/publication/242356388_Energy_Saving_with_Variable_Speed_Drives_in_Industry_Applications
- Sadek, M., El-Maghraby, R. M., & Fathy, M. (2023). Evaluation of variable speed drives to improve energy efficiency and reduce gas emissions: Case study. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*.
<https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?id=1451-93722200018S>
- Burt, C. M., Piao, X., Gaudi, F., & Busch, B. (2008). Electric motor efficiency under variable frequencies and loads. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*.
[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2008\)134:2\(129\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9437(2008)134:2(129))
- Goman, V., Oshurbekov, S., Kazakbaev, V., & Prakht, V. (2019). Energy efficiency analysis of fixed-speed pump drives with various types of motors. *Applied Sciences*, 9(24).
<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/24/5295>
- Yan, Z., Ge, L., & Quan, L. (2022). Energy-efficient electro-hydraulic power source driven by variable-speed motor. *Energies*, 15(13).
<https://www.mdpi.com/1996-1073/15/13/4804>
- Zakharov, A., Kobelev, A., & Makarov, L. (2018). Research, development, manufacturing and application of energy efficient electric motors. *International Conference on Electrical Power Drive Systems*.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8571692/>