

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi merupakan salah satu peralatan listrik yang paling banyak digunakan dalam berbagai sektor, seperti industri kecil, rumah tangga, dan laboratorium pendidikan. Hal ini disebabkan oleh konstruksinya yang sederhana, biaya perawatan yang relatif rendah, serta keandalannya dalam pengoperasian. Namun demikian, motor induksi juga menjadi salah satu penyumbang konsumsi energi listrik terbesar, sehingga upaya peningkatan efisiensi motor induksi menjadi isu penting dalam pengembangan teknologi ketenagalistrikan saat ini (Marzouk, 2025). Motor induksi satu fasa masih banyak digunakan pada skala kecil dan menengah karena ketersediaan sumber listrik satu fasa yang lebih luas. Akan tetapi, motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelemahan, di antaranya efisiensi yang relatif rendah, torsi awal yang kecil, serta kestabilan putaran yang kurang optimal. Hal ini disebabkan oleh medan magnet yang tidak berputar secara alami, sehingga memerlukan rangkaian bantu untuk memulai putaran motor. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya rugi-rugi daya dan konsumsi energi listrik.

Sebaliknya, motor induksi tiga fasa memiliki keunggulan berupa medan magnet putar yang lebih seimbang, efisiensi yang lebih tinggi, serta performa yang lebih stabil pada berbagai kondisi beban. Penelitian yang dilakukan oleh Yawei Li (2023) menunjukkan bahwa motor induksi tiga fasa mampu memberikan efisiensi dan keandalan operasi yang lebih baik dibandingkan motor induksi satu fasa. Selain

itu, I Wayan Sutaya (2024) menyatakan bahwa motor induksi tiga fasa banyak digunakan dalam aplikasi praktis dan industri karena kestabilan operasinya serta kemudahan pengendalian. Meskipun memiliki keunggulan tersebut, penerapan motor induksi tiga fasa secara luas masih menghadapi kendala utama berupa keterbatasan infrastruktur jaringan listrik tiga fasa, terutama pada lingkungan dengan sumber listrik satu fasa. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan solusi teknis yang mampu meningkatkan kinerja motor induksi tanpa bergantung sepenuhnya pada ketersediaan sumber listrik tiga fasa.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan modifikasi fisik motor induksi satu fasa melalui proses penggulangan ulang (rewinding) stator sehingga motor dapat dioperasikan sebagai motor induksi tiga fasa. Melalui perubahan konfigurasi lilitan stator, motor induksi diharapkan mampu menghasilkan medan magnet putar yang lebih seimbang, meningkatkan efisiensi daya, serta memperbaiki karakteristik torsi dan kestabilan putaran. Sistem konversi suplai dari satu fasa ke tiga fasa digunakan sebagai pendukung untuk memberikan sumber tegangan yang sesuai dengan hasil modifikasi lilitan motor.

Berdasarkan kondisi tersebut, pendekatan Research and Development (R&D) dipandang sesuai karena penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menganalisis fenomena, tetapi juga mengembangkan dan menguji suatu produk berupa motor induksi hasil modifikasi rewinding (Okpatrioka, 2023). Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi kinerja motor sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi, berdasarkan parameter tegangan, arus, daya input dan output, kecepatan putaran, serta efisiensi motor. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan bukti empiris mengenai peningkatan

efisiensi daya motor induksi serta menghasilkan solusi teknis yang aplikatif pada lingkungan dengan keterbatasan sumber listrik tiga fasa.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan diantaranya:

1. Motor induksi satu fasa umumnya memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan motor induksi tiga fasa. Hal ini juga diungkapkan pada jurnal berjudul *Simulation and Prototyping of a Two-Phase Inverter to Drive an Asymmetrical Single-Phase Induction Motor* oleh Sutaya et al., (2022) yang mengungkapkan bahwa motor induksi satu fasa umumnya hanya memiliki satu kecepatan saja, kemudian pengaturan kecepatan sering dilakukan secara mekanis atau *grouping* lilitan, sehingga tidak menghasilkan kecepatan yang benar-benar variabel dan boros energi.
2. Keterbatasan sumber listrik tiga fasa menghambat penggunaan motor induksi tiga fasa secara langsung. Motor induksi tiga fasa umumnya digunakan pada industri atau aplikasi dengan kebutuhan daya tinggi karena memiliki efisiensi dan torsi lebih baik.
3. Diperlukan sistem konversi yang mampu menghasilkan suplai tiga fasa dari sumber satu fasa. Motor tiga fasa memiliki efisiensi yang baik, efisien, serta bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dengan medan magnet berputar yang dihasilkan oleh stator, mampu menginduksi arus listrik yang ada pada rotor, sehingga mampu menghasilkan torsi untuk memutar beban dengan lebih efisien dan seimbang (Saleh Al Amin et al., 2025).

4. Efektivitas sistem konversi terhadap peningkatan efisiensi daya motor induksi perlu dibuktikan melalui pengujian laboratorium.
5. Belum banyak pengembangan sistem konversi satu fasa ke tiga fasa yang aplikatif untuk skala kecil dan menengah.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas, maka pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada modifikasi motor induksi satu fasa melalui proses penggulangan ulang (*rewinding*) stator.
2. Motor yang digunakan adalah motor induksi dengan spesifikasi daya tertentu yang sesuai untuk pengujian laboratorium.
3. Sistem konversi suplai satu fasa ke tiga fasa digunakan sebagai pendukung pengoperasian motor hasil modifikasi.
4. Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium dengan kondisi beban tertentu.
5. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, daya, kecepatan putaran, dan efisiensi motor.
6. Penelitian tidak membahas aspek ekonomi dan implementasi industri secara mendalam.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengembangan sistem konversi motor induksi satu fasa menjadi tiga fasa?
2. Bagaimana kinerja motor induksi tiga fasa setelah dilakukan penggulangan ulang?
3. Seberapa besar peningkatan efisiensi daya motor induksi setelah diterapkan sistem konversi?

1.5 Tujuan Penelitian Pengembangan

Tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah:

1. Mengembangkan motor induksi satu fasa menjadi motor induksi tiga fasa melalui proses *rewinding* yang layak secara teknis.
2. Menguji kinerja motor induksi hasil modifikasi melalui eksperimen laboratorium.
3. Menganalisis peningkatan efisiensi daya motor induksi setelah dilakukan modifikasi *rewinding*.
4. Menyediakan solusi alternatif untuk meningkatkan efisiensi motor induksi pada lingkungan dengan sumber listrik satu fasa

1.6 Spesifikasi Produk yang Diharapkan

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Motor induksi hasil modifikasi mampu dioperasikan sebagai motor induksi tiga fasa.
2. Motor dapat bekerja pada daya tertentu sesuai spesifikasi pengujian laboratorium.

3. Menghasilkan efisiensi daya yang lebih tinggi dibandingkan motor induksi satu fasa sebelum dimodifikasi.
4. Memiliki kinerja yang stabil dan aman untuk pengujian laboratorium.
5. Mudah dioperasikan dan diaplikasikan pada skala kecil hingga menengah.

1.7 Pentingnya Pengembangan

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Motor induksi hasil modifikasi mampu dioperasikan sebagai motor induksi tiga fasa.
2. Motor dapat bekerja pada daya tertentu sesuai spesifikasi pengujian laboratorium.
3. Menghasilkan efisiensi daya yang lebih tinggi dibandingkan motor induksi satu fasa sebelum dimodifikasi.
4. Memiliki kinerja yang stabil dan aman untuk pengujian laboratorium.
5. Mudah dioperasikan dan diaplikasikan pada skala kecil hingga menengah.

1.8 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1.8.1 Asumsi Pengembangan

Pada bagian ini dijelaskan beberapa asumsi yang digunakan dalam proses pengembangan sistem/penelitian. Asumsi-asumsi tersebut diperlukan untuk menetapkan batasan logis yang mendukung kelancaran proses perancangan dan memastikan bahwa hasil pengembangan dapat dijustifikasi secara ilmiah.

1. Sumber listrik satu fasa berada dalam kondisi normal dan stabil.

2. Motor induksi yang digunakan berada dalam kondisi baik dan sesuai spesifikasi.
3. Proses *rewinding* dan sistem konversi bekerja sesuai dengan rancangan dan prinsip teori yang digunakan..

1.8.2 Keterbatasan Pengembangan

Subbab ini menjelaskan berbagai keterbatasan yang muncul dalam proses pengembangan, baik yang berasal dari faktor internal maupun eksternal. Penyebutan keterbatasan ini bertujuan agar hasil penelitian dapat dipahami secara proporsional sesuai dengan ruang lingkup pengembangan yang dilakukan.

1. Pengujian dilakukan dalam kondisi laboratorium, sehingga hasilnya belum tentu sama dengan kondisi lapangan.
2. Motor hasil modifikasi belum diuji untuk aplikasi industri berskala besar.
3. Pengembangan difokuskan pada aspek teknis, bukan pada analisis biaya dan efisiensi ekonomi.

1.9 Definisi Istilah

Untuk menghindari perbedaan penafsiran, berikut beberapa definisi istilah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Motor Induksi: Motor listrik arus bolak-balik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.
2. Motor Induksi Satu Fasa: Motor induksi yang dioperasikan menggunakan sumber listrik satu fasa.
3. Motor Induksi Tiga Fasa: Motor induksi yang dioperasikan menggunakan sumber listrik tiga fasa.

4. *Rewinding*: Proses penggulungan ulang lilitan stator motor listrik dengan konfigurasi tertentu untuk mengubah atau meningkatkan karakteristik kerja motor
5. Sistem Konversi Fasa: Sistem yang digunakan untuk mengubah suplai listrik dari satu fasa menjadi tiga fasa.
6. Efisiensi Daya: Perbandingan antara daya output terhadap daya input motor listrik.
7. Research and Development (R&D): Metode penelitian yang bertujuan menghasilkan dan menguji suatu produk.

