

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

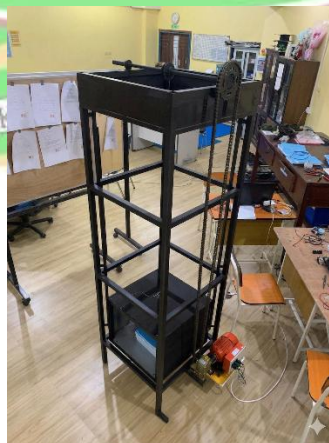
Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan sebagai penggerak utama pada berbagai sistem industri, seperti pompa, kompresor, konveyor, blower, hingga sistem pengangkatan material. Penggunaan motor ini terus meningkat karena mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik secara efisien serta memiliki karakteristik operasi yang sesuai untuk aplikasi yang memerlukan kontinuitas kerja dan keandalan yang tinggi [1]. Dibandingkan dengan jenis motor listrik lainnya, motor induksi tiga fasa memiliki keuntungan yaitu harga yang relatif murah dengan konstruksi yang sederhana dan kuat. Selain itu, motor induksi juga dikenal memiliki efisiensi yang tinggi, kemampuan beroperasi secara kontinu, serta keandalan yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan industri. Namun pada praktiknya, performa motor induksi sangat dipengaruhi oleh kondisi pembebanan mekanik. Ketika beban meningkat, motor membutuhkan arus yang lebih besar untuk menghasilkan torsi yang sebanding [2].

Pada *prototype* lift barang ini, motor dioperasikan menggunakan metode *Direct On Line* (DOL), yaitu metode pengasutan dengan menghubungkan motor secara langsung ke sumber tegangan tiga fasa. Metode ini dipilih karena memiliki rangkaian yang sederhana, biaya implementasi yang relatif rendah, serta mampu menghasilkan torsi awal yang tinggi sehingga sesuai untuk aplikasi pengangkatan beban. Namun demikian, penyalaan motor secara langsung mengakibatkan timbulnya arus *starting* yang jauh lebih besar dibandingkan arus operasi normal, umumnya berkisar 5–7 kali arus nominal dalam waktu yang sangat singkat [3]. Besarnya arus tersebut dapat menghasilkan panas yang tinggi pada motor dan berpotensi menyebabkan kerusakan, terutama apabila motor dioperasikan secara berulang dengan arus pengasutan yang besar. Selain berdampak pada motor, arus *starting* yang tinggi juga dapat menyebabkan penurunan tegangan (*voltage dip*) pada bus dan beban lain yang terhubung pada sistem kelistrikan [4]. Oleh karena itu, karakteristik arus pada saat *starting* maupun saat motor beroperasi pada berbagai kondisi pembebanan perlu dianalisis sebagai dasar dalam mengevaluasi kinerja sistem proteksi motor induksi.

Karakteristik arus pada motor induksi dipengaruhi proses pengasutan (*starting*) dan perubahan beban. Pada kondisi tersebut, bentuk gelombang arus dapat mengalami penyimpangan dari gelombang sinusoidal ideal sehingga diperlukan metode pengukuran yang mampu merepresentasikan nilai arus efektif secara akurat. Pengukuran menggunakan metode *True Root Mean Square* (*True RMS*) menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan karena dihitung

berdasarkan hasil pengambilan sampel digital (*digital sampling*) terhadap sinyal arus, sehingga mampu memberikan nilai efektif yang sesuai meskipun bentuk gelombang mengalami distorsi. Berbeda dengan metode *rectify and average* yang hanya memberikan hasil akurat pada gelombang sinusoidal, metode *True RMS* tetap mempertahankan tingkat ketelitian pengukuran pada berbagai bentuk gelombang arus, sehingga lebih sesuai diterapkan pada penggerak motor induksi [5].

Prototype lift barang tiga tingkat yang menjadi objek pada penelitian ini merupakan hasil implementasi Desain Teknik Elektro yang telah dilengkapi dengan sistem kendali berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Siemens S7-200 SMART. Motor induksi tiga fasa berdaya 0,27 kW dioperasikan menggunakan metode *Direct On Line* (DOL) dengan sistem putaran maju (*forward*) dan mundur (*reverse*), sedangkan sistem proteksi utama masih mengandalkan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) sebagai pengaman hubung singkat dan *Thermal Overload Relay* (TOR) sebagai pengaman beban lebih. Konfigurasi tersebut telah mampu menjalankan fungsi kendali dan proteksi dasar sesuai kebutuhan operasional *prototype*. Namun demikian, sistem yang telah diterapkan belum dilengkapi dengan fasilitas pemantauan arus motor secara *real time* maupun perekaman data karakteristik arus selama proses operasi. Akibatnya, informasi mengenai arus *starting*, arus operasi (*steady state*), serta perubahan arus akibat variasi pembebanan belum dapat diperoleh secara kuantitatif. Kondisi ini menyebabkan evaluasi terhadap kinerja sistem proteksi masih terbatas pada fungsi kerja perangkat proteksi konvensional, tanpa didukung oleh data pengukuran arus yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik operasi motor. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengukuran yang mampu mengukur dan merekam karakteristik arus secara akurat sehingga dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi kinerja sistem proteksi pada *prototype* lift barang.



Gambar 1. 1 Lift Barang Desain Teknik Elektro

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring arus berbasis mikrokontroler ESP32 yang dipadukan dengan sensor arus ACS712 untuk melakukan pengukuran arus motor induksi secara *real time*. Sensor ACS712 berfungsi mendeteksi arus yang mengalir pada fasa motor, sedangkan

ESP32 mengolah data hasil pembacaan sensor menggunakan metode *True Root Mean Square (True RMS)* untuk memperoleh nilai arus efektif pada berbagai kondisi operasi motor. Data hasil pengukuran selanjutnya digunakan untuk menganalisis karakteristik arus *starting* maupun arus operasi (*steady state*) pada berbagai variasi pembebanan dan arah pergerakan kabin. Selain sebagai system pengukuran, ESP32 juga dirancang untuk memberikan sinyal keluaran kepada PLC apabila nilai arus melebihi batas yang telah ditentukan, sehingga sistem dapat melakukan tindakan proteksi sesuai logika kendali yang telah diprogram. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengukuran karakteristik arus motor, tetapi juga memanfaatkan data hasil pengukuran sebagai dasar dalam mengevaluasi kinerja sistem proteksi pada *prototype* lift barang.

Berdasarkan keperluan diatas, maka penelitian yang berjudul "Analisis Karakteristik Arus dan Evaluasi Sistem Proteksi Motor Induksi pada Lift Barang" ini dilakukan. Data empiris dari kurva arus yang terekam yang di ujikan nantinya diharapkan mampu memvalidasi keakuratan instrumen proteksi konvensional yang telah ada di sistem sebelumnya, sekaligus membuktikan efisiensi sistem proteksi cerdas dalam mengamankan motor induksi dari anomali beban kelistrikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik arus *starting* pada motor induksi tiga fasa saat dioperasikan metode *Direct On Line (DOL)* ?
2. Bagaimana akurasi sistem pengukuran arus dengan metode *True Root Mean Square (True RMS)* ?
3. Bagaimana respon pemutusan arus pada sistem proteksi digital dan proteksi mekanis konvensional *Thermal Overload Relay (TOR)* saat mendeteksi beban lebih?
4. Bagaimana pemilihan spesifikasi *Miniature Circuit Breaker (MCB)* berdasarkan karakteristik arus *starting* pada motor?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik arus *starting* pada motor induksi tiga fasa yang diasut menggunakan metode *Direct On Line (DOL)*.
2. Memvalidasi akurasi pengukuran arus motor berbasis ESP32 dan sensor ACS712 dengan metode *True RMS*.
3. Mengevaluasi respon pemutusan arus antara sistem proteksi digital dibandingkan dengan sistem proteksi konvensional (*Thermal Overload Relay*) saat terjadi gangguan beban lebih.

4. Menentukan spesifikasi *Miniature Circuit Breaker* (MCB) berdasarkan karakteristik arus pada motor

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperkaya literatur teknik elektro mengenai penerapan metode *True RMS* berbasis mikrokontroler untuk analisis karakteristik arus *starting* motor asut *Direct On Line* (DOL).
2. Memberikan acuan empiris dalam mengevaluasi sistem proteksi *Miniature Circuit Breaker* (MCB).

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengujian ini diimplementasikan secara khusus pada *prototype* lift barang 3 tingkat yang digerakkan oleh motor induksi 3 fasa rotor sangkar 0,27 kW (koneksi delta) yang telah ada dengan metode *Direct On Line* (DOL).
2. Akuisisi data dan analisis murni difokuskan pada karakteristik arus motor menggunakan sensor ACS712 dan ESP32.
3. Evaluasi sistem proteksi dibatasi pada koordinasi antara pemutusan arus secara mekanis oleh *Thermal Overload Relay* (TOR) dan interupsi sinyal digital oleh ESP32 ke sistem kendali utama (PLC Siemens S7-200 SMART).
4. Sistem perekaman data arus dilakukan secara lokal dan diekspor ke dalam format CSV melalui komunikasi serial, tanpa melibatkan arsitektur jaringan *Internet of Things* (IoT).
5. Variasi pembebanan yang dilakukan Ketika pengujian dari rentang 0-10 kg.