

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri modern menuntut sistem produksi yang mampu beroperasi secara kontinu, efisien, dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi. Dalam industri proses seperti industri pupuk, kontinuitas operasi merupakan faktor yang sangat penting karena gangguan pada sistem utilitas maupun peralatan utama dapat menyebabkan terhentinya proses produksi secara keseluruhan. Kondisi tersebut tidak hanya mengakibatkan penurunan kapasitas produksi, tetapi juga meningkatkan biaya operasional akibat downtime dan kebutuhan pemeliharaan yang lebih besar. Oleh karena itu, sistem utilitas dalam industri memiliki peranan penting dalam menjaga stabilitas proses produksi, khususnya sistem udara bertekanan yang digunakan dalam berbagai proses industri (Habyarimana et al., 2022).

PT Pupuk Iskandar Muda (PIM) merupakan salah satu industri pupuk berbasis gas alam yang memiliki sistem utilitas yang kompleks dan saling terintegrasi. Dalam proses operasinya, PT PIM menggunakan sistem kompresor udara 63-GB5002 untuk menyediakan udara bertekanan yang digunakan pada sistem instrumentasi, pengendalian proses, serta berbagai peralatan pneumatik. Ketersediaan udara bertekanan yang stabil menjadi faktor penting dalam menjaga kontinuitas operasi pabrik. Gangguan pada sistem kompresor dapat mengakibatkan terganggunya sistem kontrol, menurunnya efisiensi produksi, bahkan penghentian operasi pabrik secara keseluruhan. Oleh karena itu, keandalan sistem kompresor menjadi salah satu aspek yang sangat penting dalam mendukung kelancaran proses produksi di PT Pupuk Iskandar Muda (Osita et al., 2024).

Additional Air Compressor yang digunakan pada PT Pupuk Iskandar Muda digerakkan oleh motor induksi tiga fasa. Motor induksi dipilih karena memiliki konstruksi yang sederhana, keandalan yang tinggi, biaya perawatan yang relatif rendah, serta mampu beroperasi secara kontinu dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, motor induksi juga memiliki karakteristik torsi yang baik dan mampu bekerja pada berbagai kondisi beban industri sehingga banyak digunakan sebagai penggerak kompresor, pompa, dan peralatan industri berdaya besar.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, motor induksi mempunyai karakteristik khusus pada saat proses pengasutan (*starting*). Ketika motor pertama kali dioperasikan, rotor masih berada dalam keadaan diam sehingga belum menghasilkan gaya gerak listrik balik (*back electromotive force*). Kondisi tersebut menyebabkan impedansi motor menjadi sangat kecil sehingga arus yang mengalir meningkat secara signifikan atau dikenal sebagai arus starting (*inrush current*). Pada metode *Direct On Line* (DOL), arus starting motor induksi umumnya dapat mencapai lima hingga tujuh kali arus nominal motor (Adam et al., 2025).

Arus starting yang tinggi dapat menimbulkan beberapa dampak terhadap sistem tenaga listrik industri. Salah satu dampak utama adalah terjadinya penurunan tegangan sesaat (*voltage dip*) pada sistem distribusi akibat lonjakan arus yang besar dalam waktu singkat. Penurunan tegangan tersebut dapat memengaruhi kinerja motor lain, sistem kontrol, peralatan instrumentasi, dan perangkat proteksi yang terhubung pada sistem tenaga listrik. Dalam kondisi tertentu, fenomena tersebut dapat menyebabkan gangguan operasi maupun penghentian proses produksi sehingga analisis karakteristik starting motor menjadi salah satu aspek penting dalam sistem tenaga industri (BudiHermawan et al., 2023).

Selain memengaruhi sistem kelistrikan, arus starting yang tinggi juga dapat meningkatkan rugi-rugi tembaga pada belitan stator yang berakibat pada kenaikan temperatur motor. Apabila kondisi tersebut terjadi secara berulang, maka dapat mempercepat degradasi isolasi, menurunkan umur pakai motor, serta meningkatkan risiko kerusakan peralatan. Dari sisi mekanis, torsi awal yang tinggi juga dapat memberikan beban tambahan pada poros, kopling, dan komponen kompresor sehingga mempercepat keausan sistem mekanik.

Karakteristik beban kompresor yang membutuhkan torsi awal relatif besar menyebabkan proses starting motor menjadi lebih kompleks. Interaksi antara karakteristik motor induksi dan beban kompresor dapat memengaruhi percepatan motor hingga mencapai kondisi *steady state*. Apabila metode starting dan kapasitas motor tidak sesuai dengan karakteristik beban, maka arus starting dapat berlangsung lebih lama sehingga meningkatkan pembebanan sistem kelistrikan.

Selain karakteristik arus starting, konsumsi daya motor induksi juga menjadi perhatian penting dalam industri berskala besar seperti PT Pupuk Iskandar Muda. Motor listrik berdaya besar yang digunakan sebagai penggerak kompresor menyerap energi listrik dalam jumlah yang signifikan sehingga efisiensi penggunaan energi menjadi salah satu faktor yang memengaruhi biaya operasional pabrik. Oleh karena itu, evaluasi konsumsi daya motor diperlukan untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan energi pada sistem kompresor (Hjrin et al., 2023).

Konsumsi daya motor dipengaruhi oleh kondisi pembebanan, faktor daya, efisiensi motor, serta kondisi sistem kelistrikan yang menyuplai motor. Selain itu, parameter operasi seperti arus, tegangan, temperatur, tekanan, dan kondisi operasi kompresor juga memengaruhi kinerja motor induksi. Oleh karena itu, pengamatan terhadap parameter operasional menjadi penting untuk mengetahui kondisi aktual peralatan di lapangan.

Pada PT Pupuk Iskandar Muda, kondisi operasi motor dan kompresor dipantau melalui data operasional harian yang meliputi arus motor, temperatur pelumas, tekanan discharge, dan parameter operasi lainnya. Data tersebut memberikan informasi mengenai kondisi aktual sistem, namun belum mampu menjelaskan fenomena transien seperti arus starting yang terjadi dalam waktu sangat singkat.

Seiring perkembangan teknologi, analisis sistem tenaga listrik saat ini banyak menggunakan perangkat lunak simulasi untuk memperoleh hasil analisis yang lebih komprehensif. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan pada sistem tenaga industri adalah ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*). ETAP mampu digunakan untuk melakukan analisis aliran daya (*load flow*), analisis starting motor, dan evaluasi kondisi sistem tenaga tanpa mengganggu operasi aktual di lapangan. Dengan menggunakan ETAP, karakteristik arus starting dan konsumsi daya motor dapat dianalisis secara lebih rinci.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karakteristik arus starting dan konsumsi daya motor induksi sangat dipengaruhi oleh metode pengasutan dan kondisi sistem tenaga yang menyuplai motor. Namun, penelitian yang mengintegrasikan hasil simulasi ETAP dengan data operasional aktual pada sistem kompresor udara 63-GB5002 di PT Pupuk Iskandar Muda masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya masih dilakukan secara umum dan belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi aktual

sistem kelistrikan industri pupuk yang memiliki karakteristik beban dan sistem utilitas yang kompleks.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian mengenai analisis karakteristik arus starting dan konsumsi daya motor induksi pada *Additional Air Compressor* di PT Pupuk Iskandar Muda dengan menggunakan simulasi ETAP yang divalidasi menggunakan data operasional lapangan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik arus starting, konsumsi daya motor, pengaruh parameter operasi terhadap kinerja motor, serta tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dan kondisi aktual sistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi dan optimasi sistem kelistrikan sehingga mampu meningkatkan efisiensi energi, keandalan operasi, dan kinerja sistem kompresor di PT Pupuk Iskandar Muda (Rigatos et al., 2023).

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik arus starting, arus operasi, dan konsumsi daya motor induksi pada kompresor udara 63-GB5002 di PT Pupuk Iskandar Muda berdasarkan data operasional dan hasil simulasi ETAP?
2. Bagaimana pengaruh tekanan dan temperatur terhadap kinerja motor induksi pada kompresor udara 63-GB5002 di PT.Pupuk Iskandar Muda?
3. Bagaimana hasil simulasi motor induksi menggunakan software ETAP pada kondisi starting *Direct On Line* (DOL) dalam memodelkan arus starting, konsumsi daya, dan kondisi tegangan sistem berdasarkan data aktual lapangan?
4. Bagaimana tingkat kesesuaian antara hasil simulasi ETAP dan data operasional aktual untuk mengevaluasi kinerja motor induksi pada kompresor udara?
5. Upaya optimasi apa yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pengoperasian motor induksi pada sistem kompresor udara 63-GB5002 di PT. Pupuk Iskandar Muda?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik arus starting, arus operasi, dan konsumsi daya motor induksi pada kompresor udara 63-GB5002 berdasarkan data pengukuran lapangan dan hasil simulasi ETAP untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi energi sistem.
2. Menganalisis pengaruh parameter operasi seperti tekanan dan temperatur terhadap kinerja motor induksi pada sistem kompresor udara.
3. Melakukan simulasi motor induksi menggunakan software ETAP pada kondisi starting *Direct On Line* (DOL) berdasarkan parameter aktual lapangan untuk menganalisis karakteristik arus starting, kondisi tegangan sistem, serta respon motor selama proses starting.
4. Membandingkan hasil simulasi ETAP dengan data operasional aktual untuk mengetahui tingkat kesesuaian dan akurasi model sistem yang digunakan.
5. Memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan efisiensi energi, keandalan operasi, dan pemeliharaan motor induksi pada sistem kompresor udara 63-GB5002 guna mengurangi risiko gangguan dan downtime.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Meningkatkan pemahaman mengenai karakteristik arus starting, arus operasi, dan konsumsi daya motor induksi sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja motor pada sistem kompresor udara.
2. Membantu mengevaluasi konsumsi daya motor berdasarkan data aktual operasi sehingga dapat mendukung upaya peningkatan efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional.
3. Mendukung validasi simulasi sistem kelistrikan menggunakan software ETAP dengan data aktual lapangan sehingga hasil simulasi menjadi lebih akurat dan representatif terhadap kondisi sistem sebenarnya.
4. Membantu mengidentifikasi potensi gangguan teknis seperti fluktuasi arus dan peningkatan temperatur yang dapat memengaruhi keandalan motor serta mempercepat kerusakan peralatan.

5. Memberikan rekomendasi pengoperasian dan pemeliharaan yang tepat guna meningkatkan keandalan dan performa motor induksi serta mengurangi risiko downtime pada sistem kompresor udara.
6. Mendukung pengembangan sistem pemeliharaan berbasis data operasional sehingga dapat meningkatkan keandalan, produktivitas, dan keselamatan operasi pada sistem kelistrikan industri.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga penelitian tetap terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada motor induksi tiga fasa yang digunakan sebagai penggerak kompresor udara 63-GB5002 di PT Pupuk Iskandar Muda.
2. Analisis meliputi karakteristik arus starting berdasarkan hasil simulasi ETAP serta arus operasi dan konsumsi daya berdasarkan data operasional aktual yang diperoleh dari Power Meter Schneider PM5350.
3. Parameter operasi yang dianalisis meliputi arus, tegangan, tekanan discharge, dan temperatur sistem kompresor yang diperoleh dari data lapangan.
4. Simulasi dilakukan menggunakan software ETAP berdasarkan kondisi aktual sistem kelistrikan untuk menganalisis karakteristik starting motor, penurunan tegangan (*voltage dip*), dan respon sistem selama proses starting.
5. Analisis difokuskan pada kondisi operasi normal dan kondisi transien saat starting motor, termasuk pengaruh arus starting terhadap tegangan sistem.
6. Penelitian ini tidak membahas secara rinci analisis gangguan sistem tenaga seperti hubung singkat (*short circuit*), koordinasi proteksi, harmonisa, maupun kerusakan mekanis pada kompresor.

1.6 Sistematika Penulisan

Proposal skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan proposal skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang relevan dengan penelitian, termasuk konsep dasar motor induksi tiga fasa, karakteristik arus start, konsumsi daya, serta penelitian-penelitian terdahulu yang mendukung analisis ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang lokasi penelitian, waktu pelaksanaan, metodologi pengumpulan data, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur analisis data dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi rancangan analisis yang akan dilakukan terhadap data arus start dan konsumsi daya motor induksi pada kompresor gas alam, termasuk simulasi, perhitungan, dan pembahasan hasil analisa.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan sementara dan saran yang diharapkan menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut pada tahap penyusunan skripsi akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi yang digunakan atau literatur untuk penelitian ini.