

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur saat ini menuntut sistem produksi yang mampu beroperasi secara efisien, andal, dan berkelanjutan. Salah satu aspek yang menjadi perhatian utama adalah penggunaan energi listrik, mengingat sebagian besar proses produksi di industri modern bergantung pada peralatan elektromekanis, terutama motor induksi tiga fasa. Di industri PT. Indah Kiat Pulp & Paper, motor induksi tiga fasa digunakan sebagai penggerak utama berbagai peralatan proses, seperti pompa, blower, agitator, conveyor, dan peralatan pendukung lainnya yang beroperasi secara kontinu. Oleh karena itu, optimalisasi kinerja motor listrik menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan efisiensi energi dan keandalan proses produksi.

Area *Fiber Line* merupakan salah satu bagian utama dalam proses produksi pulp yang berfungsi mengolah bahan baku menjadi serat sebelum memasuki tahapan pembentukan kertas. Pada area ini terdapat berbagai sistem pompa yang beroperasi secara terus-menerus untuk mendistribusikan pulp, air proses, maupun bahan kimia ke setiap tahapan produksi. Karakteristik operasi pompa yang bekerja secara kontinu menyebabkan konsumsi energi listrik pada area ini relatif tinggi dibandingkan dengan sistem pendukung lainnya. Kondisi tersebut menjadikan sistem penggerak motor sebagai salah satu objek yang potensial untuk dilakukan evaluasi dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

Seiring berkembangnya teknologi elektronika daya, penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD) telah menjadi salah satu solusi yang banyak diterapkan pada sistem penggerak motor induksi tiga fasa di berbagai sektor industri. VFD memungkinkan pengaturan frekuensi dan tegangan keluaran sehingga kecepatan putaran motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses. Berbeda dengan metode pengendalian konvensional yang mengoperasikan motor pada kecepatan tetap, penggunaan VFD memberikan fleksibilitas dalam

mengatur kapasitas kerja pompa sesuai dengan kebutuhan aktual proses produksi. Pengaturan tersebut tidak hanya meningkatkan efisiensi operasi, tetapi juga berpotensi mengurangi konsumsi energi listrik, memperkecil arus awal (*starting current*), serta mengurangi tekanan mekanis pada motor dan peralatan yang digerakkan.

Pada sistem pompa sentrifugal, perubahan kecepatan putaran motor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas aliran, tekanan, dan daya yang dibutuhkan. Berdasarkan hukum afinitas (*Affinity Laws*), penurunan kecepatan putaran motor akan menyebabkan penurunan kebutuhan daya secara lebih besar dibandingkan penurunan kecepatannya. Oleh karena itu, pengoperasian motor menggunakan VFD pada kondisi beban parsial dapat memberikan penghematan energi yang lebih optimal dibandingkan penggunaan metode pengaturan aliran secara mekanis, seperti throttle valve atau bypass system.

Meskipun penggunaan VFD telah banyak diterapkan di lingkungan industri, evaluasi terhadap karakteristik operasional motor pada berbagai variasi frekuensi tetap diperlukan. Perubahan frekuensi keluaran inverter tidak hanya memengaruhi kecepatan putaran motor, tetapi juga berdampak pada arus yang diserap, daya listrik yang digunakan, faktor daya, serta efisiensi operasi sistem secara keseluruhan. Analisis terhadap parameter-parameter tersebut penting dilakukan untuk memastikan bahwa pengoperasian motor tetap berada pada kondisi kerja yang aman, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan proses produksi.

PT. Indah Kiat Pulp & Paper telah mengimplementasikan penggunaan VFD pada beberapa sistem pompa di Area *Fiber Line* sebagai bagian dari upaya meningkatkan efisiensi operasional dan konservasi energi. Namun, evaluasi mengenai pengaruh variasi frekuensi terhadap karakteristik operasi motor induksi tiga fasa pada sistem tersebut masih menjadi aspek yang menarik untuk dikaji. Hasil evaluasi diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai hubungan antara frekuensi kerja inverter dengan kecepatan putaran motor, arus operasi, serta tingkat efisiensi penggunaan energi sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan kondisi operasi yang paling optimal.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk melaksanakan penelitian dengan judul "*Analisis Pengaruh Variable Frequency Drive (VFD) terhadap Kecepatan Putaran, Arus, dan Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Area Fiber Line di PT. Indah Kiat Pulp & Paper*". Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam mengevaluasi kinerja sistem penggerak motor berbasis VFD, sekaligus mendukung upaya peningkatan efisiensi energi dan keandalan sistem kelistrikan di lingkungan industri. Penelitian mengenai penggunaan *Variable Frequency Drive* pada motor induksi telah banyak dilakukan. Namun sebagian besar penelitian dilakukan pada skala laboratorium. Penelitian yang mengkaji karakteristik operasi motor induksi berdaya besar pada sistem pompa industri di Area *Fiber Line* PT. Indah Kiat Pulp & Paper masih sangat terbatas

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat dirumuskan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja *Variable Frequency Drive* (VFD) dalam mengatur kecepatan putaran motor induksi tiga fasa pada sistem pompa di Area *Fiber Line* PT. Indah Kiat Pulp & Paper?
2. Bagaimana pengaruh variasi frekuensi keluaran VFD terhadap kecepatan putaran motor induksi tiga fasa pada sistem pompa di Area *Fiber Line*?
3. Bagaimana pengaruh variasi frekuensi keluaran VFD terhadap arus operasi motor induksi tiga fasa?
4. Bagaimana pengaruh variasi frekuensi keluaran VFD terhadap efisiensi operasi motor induksi tiga fasa pada sistem pompa di Area *Fiber Line*?
5. Bagaimana hubungan antara perubahan frekuensi VFD dengan karakteristik operasi motor induksi tiga fasa sebagai upaya peningkatan efisiensi energi pada proses produksi di PT. Indah Kiat Pulp & Paper?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada salah satu sistem pompa yang menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) sebagai pengendali motor induksi tiga fasa di Area *Fiber Line* PT. Indah Kiat Pulp & Paper.
2. Objek penelitian difokuskan pada motor induksi tiga fasa yang beroperasi dalam kondisi normal sesuai dengan prosedur operasi perusahaan.
3. Parameter yang dianalisis meliputi frekuensi keluaran VFD (Hz), kecepatan putaran motor (rpm), arus motor (A), serta efisiensi operasi motor berdasarkan data hasil pengukuran dan data operasional yang tersedia.
4. Analisis penelitian difokuskan pada hubungan antara variasi frekuensi VFD dengan perubahan kecepatan putaran, arus, dan efisiensi operasi motor induksi tiga fasa.
5. Penelitian tidak membahas desain maupun pemrograman internal *Variable Frequency Drive* (VFD), algoritma pengendalian inverter, maupun analisis rangkaian elektronika daya di dalam VFD.
6. Penelitian tidak mencakup analisis kualitas daya listrik seperti harmonisa, Total Harmonic Distortion (THD), faktor daya sistem, maupun koordinasi sistem proteksi kelistrikan.
7. Hasil penelitian disusun berdasarkan data operasional yang diperoleh selama pelaksanaan dan digunakan sebagai bahan evaluasi karakteristik operasi motor induksi tiga fasa pada sistem pompa Area *Fiber Line*.

1.4 Tujuan Dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui prinsip kerja *Variable Frequency Drive* (VFD) dalam mengendalikan kecepatan putaran motor induksi tiga fasa pada sistem pompa di Area *Fiber Line* PT. Indah Kiat Pulp & Paper
2. Menganalisis pengaruh variasi frekuensi keluaran VFD terhadap

kecepatan putaran motor induksi tiga fasa.

3. Menganalisis pengaruh variasi frekuensi keluaran VFD terhadap arus operasi motor induksi tiga fasa.
4. Menganalisis pengaruh variasi frekuensi keluaran VFD terhadap efisiensi operasi motor induksi tiga fasa pada sistem pompa.

Manfaat Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Bagi Penulis

- a. Menambah wawasan dan pemahaman mengenai penerapan *Variable Frequency Drive* (VFD) pada sistem penggerak motor induksi tiga fasa di lingkungan industri.
- b. Meningkatkan kemampuan dalam melakukan pengukuran, pengumpulan data, analisis teknis, serta penyusunan laporan ilmiah sesuai dengan bidang Teknik Elektro.
- c. Mengaplikasikan teori yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam kondisi operasional nyata di industri pulp dan kertas.

2. Bagi PT. Indah Kiat Pulp & Paper

- a. Memberikan informasi mengenai karakteristik operasi motor induksi tiga fasa pada berbagai variasi frekuensi VFD.
- b. Menjadi bahan evaluasi dalam pengoperasian sistem pompa di *Area Fiber Line* guna mendukung peningkatan efisiensi energi dan keandalan operasi.
- c. Memberikan masukan teknis yang dapat digunakan sebagai referensi dalam optimalisasi penggunaan VFD pada sistem penggerak motor.

3. Bagi Institusi Pendidikan

- a. Menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan melaksanakan Kerja Praktik maupun penelitian pada bidang mesin listrik, elektronika daya, dan sistem kendali motor.
- b. Memperkuat kerja sama antara perguruan tinggi dengan dunia industri melalui pengembangan penelitian yang berbasis pada

permasalahan nyata di lapangan.

- c. Menambah khasanah literatur mengenai penerapan teknologi *Variable Frequency Drive* (VFD) dalam meningkatkan efisiensi operasi motor induksi tiga fasa pada industri pulp dan kertas.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah yang digunakan dalam pelaksanaan magang Vokasi ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat mengenai pengaruh penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD) terhadap karakteristik operasi motor induksi tiga fasa pada sistem pompa di Area *Fiber Line* PT. Indah Kiat Pulp & Paper. Tahapan metode penyelesaian masalah yang dilakukan meliputi:

1. Studi Literatur

Tahap awal dilakukan dengan mempelajari berbagai referensi yang berkaitan dengan motor induksi tiga fasa, *Variable Frequency Drive* (VFD), sistem pompa, efisiensi energi, serta teori pendukung lainnya. Referensi diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, standar teknis, manual peralatan, dan dokumen perusahaan yang relevan dengan objek penelitian.

2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung di Area *Fiber Line* PT. Indah Kiat Pulp & Paper untuk memahami sistem kerja pompa, konfigurasi motor induksi tiga fasa, serta penerapan *Variable Frequency Drive* (VFD). Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap spesifikasi motor, tipe inverter, dan karakteristik operasi sistem.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung, dokumentasi, serta pencatatan data operasional dari sistem yang menjadi objek penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi:

- a. Spesifikasi motor induksi tiga fasa (daya, tegangan, arus nominal, putaran nominal, dan faktor daya).
- b. Spesifikasi *Variable Frequency Drive* (VFD).

- c. Data frekuensi keluaran VFD (Hz).
- d. Data kecepatan putaran motor (rpm).
- e. Data arus operasi motor (A).
- f. Data daya listrik yang digunakan (kW), apabila tersedia.
- g. Data pendukung lainnya yang berkaitan dengan kondisi operasi sistem pompa.

4. Analisis Data

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif untuk mengetahui hubungan antara variasi frekuensi keluaran VFD terhadap perubahan kecepatan putaran motor, arus operasi, dan efisiensi motor induksi tiga fasa. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pada beberapa kondisi operasi sehingga dapat diketahui karakteristik kerja motor pada setiap variasi frekuensi.

5. Evaluasi Hasil

Hasil analisis dievaluasi untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD) terhadap performa motor induksi tiga fasa pada sistem pompa *Area Fiber Line*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis terhadap teori yang digunakan serta kondisi aktual di lapangan.

6. Penarikan Kesimpulan dan Rekomendasi

Tahap akhir dilakukan dengan menyusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Selain itu, diberikan rekomendasi yang diharapkan dapat menjadi masukan bagi perusahaan dalam mengoptimalkan pengoperasian motor induksi tiga fasa menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) guna meningkatkan efisiensi energi dan keandalan sistem produksi.