

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses produksi semen, unit coal mill memiliki peran penting dalam mengubah batu bara padat menjadi serbuk halus (pulverized coal) sebagai bahan bakar utama kiln. Pada sistem ini, booster fan berfungsi untuk menjaga aliran udara dan tekanan yang stabil, sehingga proses pengeringan dan transportasi batu bara berjalan efisien. Motor induksi penggerak booster fan pada umumnya dikendalikan menggunakan Variable Frequency Drive (VFD) agar kecepatan motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses secara dinamis. Penggunaan VFD secara umum mampu meningkatkan fleksibilitas operasi motor dan berpotensi mengurangi konsumsi energi, terutama pada sistem dengan variasi beban (Safrizal et al., 2024).

Berdasarkan data operasional yang diperoleh dari Central Control Room (CCR) Indarung VI, motor induksi booster fan beroperasi dengan frekuensi kerja yang bervariasi dan cenderung berada di bawah frekuensi maksimum VFD, yaitu sebesar 27,2 Hz. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai $\cos \phi$ pada sisi output motor berada pada kisaran 0,25 hingga 0,56, lebih rendah dibandingkan nilai faktor daya nominal motor sebesar 0,85. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa motor beroperasi pada titik operasi yang berbeda dari kondisi nominal akibat variasi frekuensi dan beban. Di sisi lain, penggunaan VFD juga berpotensi menimbulkan permasalahan kualitas daya pada sisi input berupa munculnya harmonisa akibat proses penyearahan (rectifier) yang menghasilkan arus tidak sinusoidal dari jaringan.

Pada sistem berbasis VFD, kualitas daya dipengaruhi oleh karakteristik pada sisi output maupun sisi input. Pada sisi output, faktor daya dipengaruhi oleh kondisi operasi motor, seperti frekuensi kerja dan pembebanan. Sementara itu, pada sisi input, proses konversi daya pada bagian rectifier menyebabkan bentuk gelombang arus menjadi tidak sinusoidal sehingga mengandung komponen harmonisa (Rahman Maulana et al., 2024). Keberadaan harmonisa tersebut dapat

meningkatkan distorsi arus, menurunkan nilai true power factor, serta meningkatkan rugi-rugi daya pada sistem. Oleh karena itu, analisis terhadap harmonisa dan faktor daya menjadi penting untuk mengevaluasi kualitas daya pada sistem berbasis VFD.

Menurut Nasir (2022), besarnya distorsi harmonisa dapat dipengaruhi oleh jumlah pulse pada rangkaian penyearah (rectifier). VFD umumnya menggunakan penyearah 6 pulse yang menghasilkan harmonisa dominan pada orde ke-5 dan ke-7. Sementara itu, konfigurasi multi-pulse seperti 12 pulse atau 18 pulse mampu menurunkan tingkat distorsi harmonisa secara signifikan. Meskipun berbagai penelitian telah membahas pengaruh harmonisa terhadap kualitas daya pada sistem berbasis VFD, kajian yang secara spesifik mengaitkan variasi jumlah pulse dengan karakteristik harmonisa dan faktor daya pada sistem motor induksi booster fan di industri semen masih terbatas, terutama yang berbasis pada data operasional nyata.

Sistem motor booster fan Indarung VI saat ini menggunakan VFD dengan konfigurasi 6 pulse. Mengingat kajian langsung di lapangan terhadap konfigurasi multi-pulse tidak dapat dilakukan tanpa penggantian perangkat, pendekatan berbasis simulasi untuk konfigurasi 12 pulse dan 18 pulse memungkinkan dilakukannya perbandingan kuantitatif antara ketiga konfigurasi tersebut dalam kondisi operasi yang setara. Dengan demikian, diperlukan suatu analisis berbasis simulasi untuk mengkaji secara terukur pengaruh variasi jumlah pulse pada VFD terhadap besarnya distorsi harmonisa dan faktor daya pada sistem motor induksi booster fan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah pulse pada VFD terhadap besarnya distorsi harmonisa dan faktor daya pada sistem motor induksi penggerak booster fan di Indarung VI PT Semen Padang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran teknis mengenai hubungan antara konfigurasi pulse VFD, karakteristik harmonisa, dan faktor daya sebagai parameter kualitas daya pada sistem booster fan, serta menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan konfigurasi VFD yang lebih optimal untuk meningkatkan kualitas daya pada sistem kelistrikan industri semen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah pulse pada VFD terhadap nilai harmonisa arus dan tegangan pada sistem motor induksi booster fan berdasarkan hasil simulasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah pulse terhadap nilai faktor daya pada sistem tersebut?
3. Konfigurasi jumlah pulse berapa yang menghasilkan kualitas daya terbaik ditinjau dari nilai harmonisa terendah dan faktor daya tertinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya Penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis besarnya distorsi harmonisa (THD) pada sistem motor induksi *booster fan* akibat variasi jumlah *pulse* pada VFD melalui simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB.
2. Menganalisis pengaruh variasi jumlah pulse pada VFD terhadap faktor daya pada sistem yang dimodelkan
3. Menentukan konfigurasi jumlah pulse yang menghasilkan kualitas daya terbaik ditinjau dari nilai THD terendah dan faktor daya tertinggi.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun Batasan Penelitian Laporan Tugas Akhir ini ditulis dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Data aktual yang digunakan berasal dari sistem eksisting dengan VFD 6-pulse sebagai kondisi awal, sedangkan simulasi dilakukan menggunakan MATLAB dengan variasi konfigurasi jumlah pulse 6, 12 dan 18 pada rangkaian penyearah untuk melihat pengaruhnya terhadap harmonisa dan faktor daya.
2. Penelitian ini berfokus pada analisis Total Harmonic Distortion (THD) pada sisi input serta True Power Factor (TPF) pada sisi input dan sisi output VFD.
3. Faktor-faktor eksternal seperti temperatur, kondisi mekanis motor, serta ketidakseimbangan beban antar fasa tidak dibahas secara mendalam karena berada di luar lingkup penelitian.

4. Penelitian ini hanya menganalisis harmonisa ganjil sebagai harmonisa dominan pada rectifier. Harmonisa genap tidak menjadi ruang lingkup penelitian karena umumnya berkaitan dengan kondisi operasi non-ideal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari Penelitian Tugas Akhir ini Adalah:

1. Secara akademik, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh variasi jumlah pulse pada rangkaian penyearah VFD terhadap harmonisa dan faktor daya sistem, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang analisis kualitas daya listrik.
2. Secara praktis, penelitian ini dapat membantu dalam menentukan konfigurasi jumlah pulse VFD yang paling efektif untuk mengurangi distorsi harmonisa dan meningkatkan faktor daya sistem motor Booster Fan melalui hasil simulasi MATLAB.
3. Bagi industri, hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan teknis dalam upaya perbaikan kualitas daya serta peningkatan efisiensi operasi pada sistem motor yang menggunakan VFD, khususnya di lingkungan pabrik semen.