

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan dalam industri karena memiliki konstruksi sederhana, biaya perawatan rendah, serta keandalan yang tinggi [1]. Lebih dari 65% konsumsi energi listrik di sektor industri digunakan oleh motor listrik, termasuk motor induksi [1]. Dalam konteks Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), motor induksi banyak diaplikasikan sebagai penggerak utama conveyor batubara, salah satunya pada sistem coal feeder yang berfungsi menyalurkan batubara menuju ruang bakar boiler [2].

Meskipun demikian, motor induksi memiliki karakteristik yang bersifat nonlinier, sehingga sulit mempertahankan kecepatan konstan ketika terjadi perubahan beban [3]. Hal ini menjadi permasalahan serius, terutama dalam pengoperasian coal feeder di PLTU, karena fluktuasi kecepatan motor akan memengaruhi kestabilan aliran batubara ke furnace dan pada akhirnya berdampak pada efisiensi proses pembakaran [2]. Untuk itu, diperlukan sistem kontrol yang andal agar kecepatan motor induksi tetap stabil meskipun beban bervariasi [4].

Pengaturan kecepatan motor induksi pada umumnya dilakukan menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) atau inverter, yang bekerja dengan mengatur frekuensi suplai ke motor [1][5]. Namun, metode konvensional seperti PID controller seringkali menghadapi kendala berupa overshoot, waktu tunak yang lama, serta performa yang menurun saat terjadi perubahan parameter motor [6]. Oleh sebab itu, pendekatan berbasis kecerdasan buatan seperti Fuzzy Logic Controller (FLC) mulai banyak digunakan, karena mampu memberikan respons yang cepat dan fleksibel dalam menghadapi ketidakpastian sistem [3], [4].

Walaupun telah banyak penelitian mengenai pengendalian kecepatan motor induksi menggunakan metode PID, logika fuzzy, maupun kombinasi keduanya, penerapan mekanisme penalaan adaptif Fuzzy-PID yang terintegrasi secara spesifik dengan *Variable Frequency Drive* pada aplikasi conveyor batubara di PLTU masih terbatas, terutama

dalam menghadapi fluktuasi beban dinamis dan pengaruhnya terhadap kestabilan arus motor.

Selain faktor kestabilan kecepatan, efisiensi energi juga menjadi isu penting. Perubahan tegangan suplai pada motor induksi dapat memengaruhi efisiensi secara signifikan, sehingga sistem kontrol yang adaptif sangat dibutuhkan untuk menjaga kinerja motor [7]. Di sisi lain, variasi frekuensi pada motor *coal feeder* terbukti memengaruhi kecepatan, torsi, dan efisiensi motor secara langsung [2]. Dengan demikian, keberadaan kontrol Fuzzy-PID menjadi sangat relevan untuk meningkatkan performa sistem.

Lebih jauh, penggunaan sistem kontrol modern ini tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi, tetapi juga untuk mendukung keandalan operasional PLTU secara keseluruhan. Sebab, kestabilan suplai batubara ke boiler merupakan faktor dalam menjaga kontinuitas produksi listrik [2][5]. Oleh karena itu, penelitian mengenai Perancangan Sistem Kontrol Berbasis Fuzzy-PID untuk Pengendali Motor Induksi Penggerak Konveyor Batubara Pada PLTU menjadi penting dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat ditarik dari latar belakang yang telah dipaparkan, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja sistem pengendalian motor induksi tiga fasa menggunakan kontrol Fuzzy-PID?
2. Bagaimana pengaruh penerapan kontrol Fuzzy-PID terhadap kinerja motor induksi dan membandingkan dengan kontrol PID konvensional, terutama dalam hal *rise time*, *overshoot*, dan *settling time*?
3. Bagaimana respon motor induksi ketika terjadi perubahan beban dan setpoint, serta sejauh mana sistem kontrol Fuzzy-PID mampu mempertahankan kestabilan kecepatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah, berikut ini tujuan dari penelitian yang akan dilakukan:

1. Menganalisis kinerja sistem pengendalian motor induksi tiga fasa dengan menggunakan kontrol Fuzzy-PID.
2. Membandingkan pengaruh sistem kontrol Fuzzy-PID dengan PID konvensional dalam hal rise time, overshoot, dan settling time.
3. Menganalisis respon motor induksi pada kontrol Fuzzy-PID dalam menjaga kecepatan motor induksi pada kondisi perubahan beban dan setpoint.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih terarah maka penelitian perlu dibatasi. Adapun batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian dilakukan melalui simulasi menggunakan Simulink MATLAB, sehingga tidak mencakup pengujian langsung pada sistem PLTU sebenarnya.
2. Motor yang digunakan adalah motor induksi tiga fasa sebagai penggerak conveyor batubara.
3. Sistem kontrol yang dirancang hanya menggunakan kendali Fuzzy-PID yang diimplementasikan pada inverter.
4. Parameter yang dianalisis terbatas pada respon kecepatan motor induksi meliputi *rise time*, *overshoot*, *undershoot*, dan *settling time*.
5. Pengaruh faktor eksternal seperti variasi tegangan suplai, kondisi lingkungan, serta kerusakan mekanis conveyor tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mengenai perbedaan kinerja kontrol Fuzzy-PID dan PID konvensional, serta menawarkan solusi guna meningkatkan kestabilan dan efisiensi motor induksi pada sistem conveyor batubara di PLTU.
2. Mendukung penelitian dalam optimasi sistem kontrol kecepatan motor induksi tiga fasa dengan pendekatan hybrid Fuzzy-PID sebagai solusi inovatif.