

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu mesin listrik yang banyak digunakan dalam industri karena keandalannya, efisiensi tinggi, dan konstruksi yang relatif sederhana. Di industri pertambangan, motor induksi berkapasitas menengah dan besar banyak digunakan untuk *menggerakkan sistem conveyor yang memindahkan material tambang secara kontinu*. Keandalan motor induksi sangat penting untuk menjaga kelancaran proses produksi, karena gangguan pada sistem *conveyor* dapat menghambat operasi tambang secara keseluruhan.

Sistem distribusi listrik yang menyuplai *conveyor* ini terdiri dari tujuh *substation*, masing-masing menyalurkan daya ke satu, dua, atau tiga motor tegangan menengah (MV). Saat motor induksi dihidupkan menggunakan metode *Direct On Line* (DOL), arus start yang ditarik motor dapat jauh lebih besar dibandingkan arus nominal. Jika beberapa motor dinyalakan bersamaan, arus kumulatif dapat menimbulkan penurunan tegangan (*voltage drop*) yang signifikan, sehingga berisiko mengganggu operasi motor lain dan kestabilan sistem distribusi secara keseluruhan.

Masalah ini menuntut adanya strategi pengoperasian yang tepat, termasuk pengaturan waktu starter motor untuk *mencegah arus start kumulatif yang tinggi*. Selain itu, evaluasi karakteristik *starting* motor seperti arus start (*Locked Rotor Ampere*) dan penurunan tegangan diperlukan untuk *memahami dampak metode DOL pada sistem distribusi*.

Penelitian ini menggunakan simulasi berbasis perangkat lunak ETAP untuk menganalisis perilaku motor induksi MV saat *starting*, termasuk penurunan tegangan pada bus dan interaksi antar motor di berbagai *substation*. Hasil analisis diharapkan dapat menjadi dasar perancangan strategi starter motor terjadwal atau alternatif metode *starting* lain, sehingga arus start dapat dikendalikan, kestabilan tegangan terjaga, dan operasional *conveyor* di tambang tetap andal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, dapat diketahui bahwa rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Pengasutan motor induksi tegangan menengah dengan metode *Direct On Line* (DOL) menyebabkan arus *starting* yang sangat tinggi dan penurunan tegangan (*voltage drop*) yang signifikan pada bus *substation*.
- Pengasutan beberapa motor induksi secara bersamaan pada tujuh *substation* yang berbeda menyebabkan arus kumulatif yang berlebihan dan mengakibatkan gangguan kestabilan tegangan pada seluruh jaringan distribusi tegangan menengah.
- Belum adanya pengaturan waktu tunda antar motor menyebabkan arus *starting* tinggi dan memperparah durasi serta kedalaman *voltage dip* pada sistem distribusi tegangan menengah.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas adalah untuk merancang dan mengevaluasi strategi pengaturan waktu tunda antar motor induksi untuk mengurangi akumulasi arus *starting*, meminimalkan kedalaman serta durasi *voltage dip*, dan menjaga kestabilan tegangan sistem selama proses pengasutan motor pada sistem konveyor.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini ditujukan untuk memfokuskan arah penelitian guna mencapai tujuan penelitian, sehingga batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penelitian ini hanya menganalisis perilaku *starting* motor induksi tiga fasa tegangan menengah (MV) pada sistem *conveyor* di area tambang
- Analisis difokuskan pada metode pengasutan *Direct On Line* (DOL) dan strategi *sequential starting* (penjadwalan waktu tunda) sebagai solusi utama pengendalian arus *starting* dan *voltage drop*.
- Simulasi dilakukan menggunakan metode *Static Motor Starting* pada perangkat lunak ETAP untuk menganalisis *voltage dip* terburuk (*worst-case*) saat pengasutan terhadap parameter utama yaitu arus pengasutan (*inrush current*),

penurunan tegangan (*voltage dip*) pada bus serta jaringan *overhead line* tegangan menengah.

- d. Penelitian ini tidak membahas metode *starting* alternatif berbasis peralatan tambahan (*soft starter*, VFD, *star-delta*, atau *auto-transformer*) secara mendalam, melainkan hanya dijadikan pembandingan konseptual.
- e. Penelitian ini tidak mencakup analisis proteksi *relay*, gangguan hubung singkat, atau harmonisa, serta tidak membahas implementasi fisik (pengubahan *setting* PLC atau pemasangan peralatan baru) di lapangan, melainkan hanya sampai pada rekomendasi teknis berbasis hasil simulasi

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah yang dilakukan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai langkah awal untuk memahami karakteristik *starting* motor induksi tiga fasa tegangan menengah, dampak arus *inrush* dan *voltage drop* terhadap sistem distribusi, serta prinsip-prinsip *sequential starting*. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan referensi dari buku teks, jurnal internasional, standar IEC/IEEE, manual ETAP, serta dokumen teknis untuk membangun landasan teori yang kuat.

b. Pemodelan, Simulasi, dan Analisis

i) Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dan sekunder yang meliputi: *single line diagram* tujuh *substation*, parameter motor induksi MV (daya, tegangan, $\cos \phi$, arus nominal, faktor *starting*), impedansi saluran *overhead line*, *setting* transformator.

ii) Pemodelan Sistem Tenaga

Membuat model jaringan distribusi MV yang presisi, memasukkan parameter motor, serta melakukan verifikasi melalui simulasi *load flow*.

iii) Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, data yang dikumpulkan dan hasil perancangan sistem dianalisis. Hasil analisis dibahas untuk mengevaluasi solusi yang diusulkan.

iv) Penulisan Laporan

Penulisan laporan penelitian mencakup semua aspek, mulai dari latar belakang hingga rekomendasi operasional. Laporan ditulis secara sistematis dan jelas agar dapat

digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait implementasi solusi *sequential starting* guna meningkatkan keandalan sistem kelistrikan pada konveyor.

