

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gejala transien pada sistem tenaga listrik seperti gangguan hubung singkat pada saluran transmisi dan distribusi, maka sistem kelistrikan harus memiliki kekuatan yang mencukupi untuk menjaga kelangsungannya terhadap fluktuasi yang signifikan, dalam mempertahankan kontinuitasnya terhadap perubahan itulah yang disebut sebagai definisi stabilitas transien sistem tenaga listrik (Martono, 2021).

Gejala transien seperti hubung singkat tiga fasa dapat menyebabkan perubahan pada stabilitas sistem, khususnya pada frekuensi, tegangan, dan sudut rotor. Perubahan kestabilan tersebut berpengaruh terhadap keandalan keseluruhan sistem pada pabrik kelapa sawit, jika sudut daya rotor, tegangan, dan frekuensi tidak dapat dipulihkan kembali ke kondisi normal dan tidak segera ditangani, perubahan ini dapat menyebabkan kegagalan total sistem tenaga listrik (*Blackout*).

Pemadaman total pada suatu sistem tenaga listrik akan menimbulkan kerugian yang sangat besar, karena banyak aktivitas yang terhenti, seperti proses produksi pada pabrik atau kegiatan-kegiatan lain yang sangat tergantung pada suplai daya listrik (Thaha, 2021).

Sistem tenaga listrik di pabrik kelapa sawit cenderung rentan terhadap gejala transien seperti lonjakan dan penurunan beban secara tiba-tiba, serta gangguan hubung singkat yang dapat mengganggu stabilitas frekuensi, tegangan, dan sudut rotor. Simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa dapat digunakan sebagai referensi untuk menguji keandalan stabilitas sistem tenaga. Oleh karena itu, analisis stabilitas berdasarkan simulasi menjadi penting untuk memperoleh tindakan cepat dan perencanaan yang efektif dalam menjaga stabilitas sistem tenaga.

Menghindari pemadaman total dan memperbaiki kestabilan transien saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa, diperlukan metode pemutusan waktu kritis (*Critical Clearing Time*). Metode ini melibatkan sistem pemutusan saluran dengan mengisolasi bagian yang terganggu dari jaringan listrik. Memutuskan sumber gangguan dengan cepat, sistem dapat meminimalisir dampak terhadap kestabilan keseluruhan dan mencegah terjadinya pemadaman total. Metode pemutusan waktu kritis ini merupakan salah satu strategi penting dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik dalam menghadapi gangguan serius seperti gangguan hubung singkat tiga fasa.

Waktu pemutusan kritis adalah saat di mana sistem tidak dapat pulih secara stabil setelah gangguan terjadi. Analisis stabilitas yang komprehensif dapat mengidentifikasi situasi keadaan sistem di mana waktu pemutusan kritis mungkin terjadi (Sharma, 2018).

Metode Kriteria Sama Luas digunakan dalam perhitungan *critical clearing angle* sedangkan *critical clearing time* dihitung menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 4. Penentuan *critical clearing time* dilakukan dengan simulasi komputer karena meliputi banyak persamaan dimana persamaan tersebut akan sangat sulit diselesaikan secara manual, juga untuk meminimalisir terjadinya kesalahan perhitungan dan ketelitian perhitungan yang lebih baik. Penyelesaian *critical clearing time* pada sistem multi-mesin dengan metode konvensional akan membutuhkan waktu yang lebih lama serta perhitungan yang lebih banyak (Pongtiku, 2014).

Upaya lain sebagai lanjutan dari kapan pemutus akan bekerja akan dilakukan dengan cara *step by step* untuk menghitung setiap sudut rotor terhadap waktu dari kurva ayunan (Pavella, 1998). Metode *step by step* ini dikenal juga dengan metode *Time Domain Simulation* dimana akan ada perhitungan lanjutan jika waktu pemutus kritis digunakan untuk mengetahui durasi gangguan tanpa adanya pemutusan saluran, maka *Time Domain Simulation* adalah menguji sistem setelah pemutusan gangguan dengan interval waktu 0.01 detik.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Pengaruh gejala transien seperti gangguan hubung singkat tiga fasa dapat memiliki pengaruh yang signifikan pada parameter-parameter sistem tenaga listrik, termasuk sudut rotor, frekuensi, dan tegangan.
2. Pengaruh perubahan parameter-parameter tersebut terhadap kinerja operasional pabrik.

3. Pengaruh pemutusan waktu kritis dalam upaya pencegahan atau merencanakan strategi pemulihan yang efisien untuk menghindari kerusakan peralatan dan penurunan produktivitas yang mungkin disebabkan oleh gangguan listrik.

1.3 Batasan Masalah

1. Kondisi yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah saat terjadinya gangguan hubung singkat tiga fasa pada salah satu bus dalam sistem tenaga.
2. Studi Kasus Hubung Singkat tidak dilakukan secara langsung di lapangan melainkan melalui simulasi berbasis aplikasi komputer yaitu ETAP.
3. Upaya yang akan dilakukan untuk menjaga kestabilan sistem adalah dengan menetapkan waktu pemutusan kritis (CCT) menggunakan metode kriteria sama luas untuk menentukan sudut pemutusan kritis. Selanjutnya, akan digunakan metode Runge-Kutta orde 4 dengan perhitungan berbasis aplikasi MATLAB untuk memodelkan waktu pemutusan tersebut. Metode yang dihasilkan akan disimulasikan menggunakan aplikasi ETAP.
4. Upaya lanjutan setelah menghitung waktu pemutusan kritis melalui metode Runge-kutta orde 4 adalah dengan menguji sistem dengan pemutusan saluran gangguan melalui metode *Time Domain Simulation*.

1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan waktu pemutusan kritis menggunakan metode Runge-Kutta orde 4 saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa, dengan asumsi bahwa sistem kembali ke keadaan tunak setelah gangguan.
2. Bagaimana evaluasi kondisi kestabilan sistem ketika waktu durasi gangguan hubung singkat melebihi batas yang dihitung.
3. Bagaimana metode *Time Domain Simulation* menetapkan waktu operasi maksimum pemutus untuk memisahkan beban gangguan ketika hasil perhitungan Runge-Kutta orde 4 menunjukkan kondisi melampaui batas.
4. Apa dampak perubahan sudut daya terhadap stabilitas sistem setelah pemutusan beban gangguan?.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis hasil perhitungan menggunakan metode Runge-Kutta orde 4 untuk menetapkan waktu pemutus kritis saat terjadi gangguan hubung singkat pada bus beban, dengan asumsi bahwa kondisi sistem kembali normal setelah gangguan.
2. Mengembangkan metode *Time Domain Simulation* sebagai alat untuk menentukan waktu maksimum operasi pemutus, yang memisahkan beban gangguan dari sistem, setelah melalui batas hasil perhitungan Runge-Kutta.
3. Menganalisis dampak perubahan sudut daya terhadap stabilitas sistem setelah pemutusan beban gangguan.

4. Melakukan evaluasi kondisi kestabilan sistem ketika waktu durasi gangguan hubung singkat melebihi batas yang dihitung, dengan menggabungkan metode Runge-Kutta dan *Time Domain Simulation* untuk merancang strategi pemulihan sistem yang optimal.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui ketahanan sistem pabrik dalam perihal kestabilan sistem tenaga listrik.
2. Memberikan referensi literatur terbaru untuk dijadikan bahan evaluasi dalam memelihara keandalan sistem tenaga listrik terutama dalam sektor industri.
3. Menjadi bahan pengembangan terhadap studi analisis stabilitas agar semakin mudah dikuasai dan menumbuhkan inovasi-inovasi terbaru dalam dunia sistem tenaga listrik.