BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan akan energi listrik yang konsisten dan andal menjadi fokus utama dalam operasi industri modern. Dalam konteks ini, stabilitas dan kehandalan pasokan energi sangatlah penting untuk menjaga kelancaran proses produksi. Kebutuhan akan energi listrik yang tinggi sering kali memerlukan strategi pengelolaan yang efektif untuk memastikan pasokan energi yang memadai dan tidak terputus [1].

Pengelolaan energi listrik dari sumber produksi hingga ke titik beban merupakan tahap kritis dalam menjaga stabilitas sistem kelistrikan. Memastikan bahwa energi listrik yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan beban menjadi tantangan utama dalam mengoptimalkan kinerja sistem. Hal ini melibatkan pengaturan yang tepat dalam distribusi energi serta pemantauan secara terus-menerus terhadap kebutuhan beban [2].

PT Pupuk Iskandar Muda merupakan salah satu pabrik industri yang memproduksi pupuk urea. Pupuk urea adalah salah satu jenis pupuk organik yang diperlukan untuk meningkatkan produktifitas pertanian yang meningkatnya jumlah penduduk dan semakin menyempitnya lahan pertanian, mendorong meningkatnya laju permintaan pupuk untuk mempertahankan produktivitas pertanian [3]. Pengelolaan energi listrik dari sumber produksi hingga ke titik beban menjadi tahap kritis dalam menjaga stabilitas sistem kelistrikan di Unit Urea. Memastikan bahwa energi listrik yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan beban menjadi tantangan utama dalam mengoptimalkan kinerja sistem. Hal ini melibatkan pengaturan yang tepat dalam distribusi energi serta pemantauan secara terus-menerus terhadap kebutuhan beban.

Pabrik PT Pupuk Iskandar Muda pastinya memiliki motor motor listrik guna menjalankan pengoperasian listrik di pabrik ini [4]. Motor induksi tiga fasa banyak digunakan sebagai penggerak utama mesin-mesin di dunia industri. Motor induksi mempunyai beberapa kelebihan antara lain, bentuk yang sederhana, konstruksi cukup kuat, harga murah dan dapat diandalkan [5]. Namun yang menjadi pertimbangan penggunaan aplikasi ini adalah sistem pengaturan kecepatannya sangat mempengaruhi

efisiensinya dan tergantung pada jenis motor serta sistem pengendalinya. Sebagian besar alat yang digunakan sebagai pengatur kecepatan putaran motor induksi tiga fasa adalah Variable Speed Drive (VSD)[6].

Dalam konteks Unit Urea di PT PIM, penggunaan beban harus selalu sesuai dengan kapasitas yang tersedia dalam sistem kelistrikan. Ketidaksesuaian antara energi yang dihasilkan dengan beban yang digunakan dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam aliran energi, yang dapat mengganggu efisiensi produksi urea seperti halnya beban non linear. Dalam industri, beban non-linier yang dapat menyebabkan distorsi harmonisa antara lain meliputi konverter, tanur busur listrik, transformator, dan penyearah (rectifier). Beban non-linear dapat mengganggu operasi sistem kelistrikan dan meningkatkan risiko terjadinya harmonisa. Gelombang yang mengalami distorsi ini terbentuk akibat interaksi antara gelombang sinus dan gelombang lain dengan frekuensi yang merupakan kelipatan integer dari komponen fundamentalnya, yang dikenal sebagai harmonisa.[7].

Non-linearitas dalam konteks kelistrikan di Unit Urea merujuk pada karakteristik di mana hubungan antara tegangan dan arus tidak linier. Beban non-linear dapat menjadi sumber gangguan dalam sistem kelistrikan, yang perlu diperhatikan secara serius [8]. Harmonisa dapat menyebabkan gangguan pada peralatan dan meningkatkan kerugian energi, yang dapat mengganggu operasi produksi urea. Distorsi harmonisa ini tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, namun dapat diminimalkan hingga mencapai tingkat yang aman. Berbagai metode dapat diterapkan untuk meredam harmonisa, namun yang paling umum dilakukan adalah dengan memasang filter pasif pada sistem kelistrikan. Salah satu pendekatan yang sering diajukan untuk mengatasi permasalahan ini adalah pengelolaan beban di Unit Urea adalah melalui simulasi menggunakan perangkat lunak seperti ETAP 19.0.0.

Studi sebelumnya telah menyoroti pentingnya pengelolaan beban yang optimal dalam menjaga stabilitas sistem kelistrikan diindustri. Penelitian ini berfokus pada analisis dan pengembangan strategi mitigasi harmonisasi yang efektif untuk mengatasi permasalahan harmonisasi yang terjadi dalam operasional Unit Urea di PT PIM Aceh Utara. Dalam penelitian ini, analisis dan evaluasi dilakukan terhadap berbagai aspek yang terkait dengan harmonisasi, seperti analisis kelebihan dan kekurangan sistem yang digunakan, serta analisis dampak dari implementasi strategi mitigasi yang dipilih. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan strategi

mitigasi harmonisasi yang lebih efektif dan efisien dalam industri, serta memberikan referensi untuk perusahaan lain yang mengalami permasalahan serupa [9].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian yang membahas tentang penggunaan unit mitigasi harmonik dalam jaringan distribusi industri dengan penambahan penetrasi sumber daya renewable. Penelitian ini menawarkan pendekatan yang berbasis algoritma genetika untuk menentukan ukuran dan posisi unit filtering yang minimal diperlukan untuk meningkatkan skenario harmonik jaringan yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan ini secara signifikan lebih baik dalam mengurangi distorsi harmonik total (THD) dalam jaringan distribusi industri dengan penetrasi sumber daya renewable yang lebih tinggi [10].

Kemudian dilakukan penelitian yang membahas pengaruh harmonik terhadap kualitas sistem transmisi daya. Harmonik merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas sistem transmisi daya dan dapat disebabkan oleh beban non-linear dan perangkat konversi daya. Dalam penelitian ini, beberapa contoh simulasi kereta dari jalur kota Airport Rail Link (ARL) digunakan untuk mensimulasikan efek harmonik pada substation listrik dengan menghitung Distorsi Harmonik Total tegangan (THDv) dan arus (THDi). Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan standar IEEE519-2014 untuk menunjukkan kualitas daya yang ditemukan bahwa THDi 35th–50th melebihi standar yang ditetapkan. Selain itu, perbandingan efek reduksi harmonik dari desain filter pasif tunggal untuk harmonik ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-11 menunjukkan bahwa filter ke-11 mampu menjaga THD tetap berada dalam batas standar [11].

Penelitian yang dilakukan di Poltekkes Kemenkes Semarang membahas pengukuran tegangan dan arus di beberapa titik untuk mendapatkan data harmonik. Analisis data menggunakan *software* ETAP untuk menentukan sumber harmonik dan tingkat keparahan. Perancangan sistem mitigasi harmonik yang efektif menggunakan komponen-komponen seperti filter harmonik dan konverter frekuensi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sumber harmonik utama di sistem listrik Poltekkes Kemenkes Semarang adalah komponen-komponen elektronik seperti motor dan peralatan listrik. Tingkat keparahan harmonik yang ditemukan di beberapa titik sistem listrik berbeda-beda, dengan tingkat keparahan tertinggi di titik dekat sumber harmonik. Perancangan sistem mitigasi harmonik yang efektif menggunakan filter harmonik dan konverter

frekuensi dapat mengurangi tingkat keparahan harmonik hingga 90%. Hasil perancangan juga menunjukkan bahwa parameter optimal untuk mitigasi harmonik adalah frekuensi 50 Hz, daya 1000 VA, dan impedansi 0.1 ohm [8].

Berdasarkan uraian dan penelitian yang telah dilakukan, studi ini bertujuan untuk menganalisis mitigasi harmonisa menggunakan software ETAP 19.0.1 dengan pendekatan prediktif berdasarkan data beban yang ada. Simulasi ini memungkinkan analisis mendalam terhadap distribusi beban serta potensi gangguan harmonisa dalam sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda. Sebelum merancang filter untuk mitigasi, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan studi harmonisa untuk mengidentifikasi kondisi harmonisa yang ada di sistem kelistrikan tersebut. Dengan pendekatan prediktif, simulasi ini menggunakan data beban yang tersedia untuk memodelkan potensi distribusi harmonisa di masa depan, sehingga memungkinkan perencanaan yang lebih akurat dalam menangani masalah harmonisa.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang penelitian adalah sebagai berikut.

a. Bagaimana kondisi aliran daya dan harmonisa pada sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara?
b. Bagaimana merancang filter *single tuned* untuk meredam harmonisa pada sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara sebagai solusi mitigasi?
c. Bagaimana pengaruh pemasangan filter *single tuned* terhadap kondisi harmonisa dan kualitas daya pada sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan permasalahan yang digunakan ialah sebagai berikut.

a. Pemodelan dan simulasi sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara menggunakan *software* ETAP 19.0.1 dengan kondisi *steady state*.
b. Mitigasi harmonisa dilakukan menggunakan filter *single tuned*.

c. Beban yang digunakan terdiri dari beban VFD yang terpasang.
d. Standar yang digunakan dalam simulasi harmonisa ini adalah IEEE-std 519-1992.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut.

a. Untuk mengetahui kondisi aliran daya dan harmonisa pada sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara.
b. Untuk merancang *filter single tuned* dalam meredam harmonisa pada sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara sebagai solusi mitigasi.
c. Untuk mengetahui pengaruh pemasangan filter *single tuned* terhadap kondisi harmonisa dan kualitas daya pada sistem kelistrikan di Unit Urea PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang tantangan dan solusi dalam pengelolaan energi listrik di industri, khususnya dalam konteks pengaturan beban listrik dan mitigasi harmonisa.
b. Bagi akademik, hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan tentang sistem kelistrikan industri, serta memberikan dasar untuk penelitian lebih lanjut di bidang ini.
c. Bagi pihak ketiga atau pihak-pihak terkait, termasuk industri pupuk dan sektor lainnya, dapat mengadopsi solusi dan rekomendasi yang dihasilkan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kehandalan sistem kelistrikan mereka, serta mengurangi risiko gangguan harmonisa.