

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses produksi, suatu industri sangat bergantung pada motor induksi yang digunakan. Motor induksi tiga fasa memiliki karakteristik kerja yang membutuhkan daya reaktif sebagai induksi awal magnet stator dalam menghasilkan gaya gerak mekanik pada rotor (Prasetyono et al., 2023). Sehingga penggunaan motor induksi tiga fasa tersebut menyebabkan sistem tenaga listrik harus menyuplai daya reaktif yang cukup besar pada setiap proses produksinya. Penggunaan daya reaktif oleh motor induksi 3 fasa tersebut menyebabkan nilai tegangan pada sistem tenaga listrik mengalami kenaikan dan penurunan dalam kurun waktu tertentu (fluktuatif).

Penggunaan motor induksi 3 fasa dalam sistem tenaga listrik dapat meningkatkan daya reaktif yang diserap dari jaringan listrik. Motor induksi 3 fasa membutuhkan daya reaktif untuk menghasilkan medan magnet yang diperlukan dalam proses pengoperasiannya. Akibatnya, jika motor beroperasi dalam waktu lama, daya reaktif yang diserap dari sistem dapat menyebabkan penurunan faktor daya, meningkatkan beban pada pembangkit listrik, dan berpotensi mengurangi efisiensi sistem tenaga secara keseluruhan. Motor induksi 3 fasa dapat menyerap daya reaktif dalam jumlah yang cukup besar, yang mengharuskan sistem untuk mengimbangi dengan kompensasi daya reaktif guna menjaga stabilitas dan efisiensi sistem tenaga listrik (Putri & Irsan Pasaribu, 2018).

PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja merupakan industri yang bergerak pada pengolahan kelapa sawit yang menggunakan motor induksi tiga fasa sebagai pemegang peran penting dalam proses produksi kelapa sawit yang dilakukan. Sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja disuplai oleh dua buah generator dengan tegangan pembangkitan sebesar 0,4 kV serta berkapasitas 800 kW pada setiap generatornya. Sistem tenaga listrik tersebut menanggung beban berupa mesin induksi 3 fasa yang terletak pada 12 stasiun dengan total beban sebesar 1594 kW. Sesuai dengan karakteristik kerja motor induksi 3 fasa, penggunaan motor induksi pada sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja mengakibatkan sistem tenaga listrik membutuhkan daya reaktif yang cukup besar dalam melakukan kegiatan produksi.

Pada kondisi pembebanan penuh, sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja mengkonsumsi daya reaktif sebesar 1097.93 kVAR. Penggunaan daya reaktif yang besar tersebut akan mengakibatkan penurunan faktor daya pada sistem sehingga mempengaruhi profil tegangan sistem tenaga listrik berupa jatuh tegangan. Jatuh tegangan adalah fenomena di mana tegangan pada titik tertentu dalam sistem tenaga listrik menurun dari nilai yang seharusnya, akibat adanya hambatan atau impedansi dalam jaringan distribusi listrik (Suripto, 2017).

Dalam kondisi pembebanan penuh, sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja mengalami jatuh tegangan pada beberapa bus. Jatuh tegangan terjadi pada bus 6, bus 8, bus 9, dan bus 15 secara berturut-turut sebesar 10.46%, 6.36%, 7.35%, 5.73% dari tegangan nominal sistem. Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi standar nilai tegangan yang diperbolehkan,

yaitu 5% melebihi tegangan nominal dan 10% di bawah tegangan nominal (SPLN No. 1, 1995). Jatuh tegangan yang berlebihan dapat mengakibatkan tegangan yang sampai ke peralatan menjadi lebih rendah dari nilai yang seharusnya, sehingga kinerja peralatan menurun dan efisiensi sistem berkurang.

Motor listrik sangat dipengaruhi oleh perubahan tegangan yang masuk ke dalamnya. Jika tegangan yang diterima motor terlalu rendah akibat jatuh tegangan yang berlebihan akan mempengaruhi nilai arus dan putaran motor sehingga rugi-rugi akan meningkat dan mengurangi efisiensi motor induksi (Pratama et al., 2020). Motor juga akan beroperasi pada arus lebih tinggi untuk menghasilkan torsi yang dibutuhkan, yang dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada motor dan komponen-komponen lainnya.

Selain itu, Penurunan tegangan pada sistem dapat menyebabkan gangguan pada peralatan lain, terutama peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuansi tegangan (Hurairah, 2018). Fluktuasi tegangan akibat penggunaan motor induksi 3 fasa dapat menyebabkan kerusakan pada komponen sistem tenaga, memperburuk efisiensi operasional, serta meningkatkan risiko kegagalan sistem. Hal serupa juga disampaikan dalam penelitian *Monitoring Stabilitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah* oleh Osea Zebua, yang menunjukkan bahwa tegangan yang terlalu rendah dapat mempengaruhi kestabilan sistem dan menyebabkan kerusakan pada peralatan yang terhubung dalam jaringan (Zebua et al., 2018).

Untuk mengatasi masalah tersebut, penggunaan teknologi kompensasi daya reaktif seperti *Static VAR Compensator* (SVC) menjadi salah satu solusi yang dapat meningkatkan kualitas tegangan dan mengoptimalkan profil tegangan pada sistem

tenaga listrik. SVC berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan faktor daya serta mencegah terjadinya jatuh tegangan yang berlebihan, sehingga sistem tenaga listrik dapat beroperasi dengan lebih stabil dan efisien.

Penelitian yang dilakukan Liliana dan Syahputra pada tahun 2014 menunjukkan bahwa cara penempatan *Static VAR Compensator* pada Etap 7.5.0 dilakukan dengan menguji coba tiap-tiap *Bus* yang mengalami penurunan tegangan secara bergiliran berdasarkan nilai Q yang telah dicari (Liliana & Syahputra, 2014). Selanjutnya dipilih 1 buah *Bus* dengan peningkatan tegangan yang paling baik untuk ditempatkan *Static VAR Compensator*. Dari hasil simulasi penempatan *Static VAR Compensator* pada *Bus* yang mengalami penurunan tegangan didapatkan 3 buah SVC dengan rating yang paling baik untuk meningkatkan tegangan pada sistem. Setelah penempatan *Static VAR Compensator* tersebut terbukti bahwa permasalahan profil tegangan pada sistem tenaga listrik dapat teratasi.

Berdasarkan permasalahan profil tegangan yang terjadi pada sistem tenaga listrik PT. Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja dan mengacu pada beberapa penelitian relevan yang telah dilakukan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan *Static VAR Compensator* dalam memperbaiki profil tegangan pada sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja dengan menggunakan software ETAP. *Static VAR Compensator* dapat menggantikan peran kapasitor dan reaktor, yang mana *Static VAR Compensator* berfungsi untuk kompensasi daya reaktif dengan kecepatan tinggi untuk mengatur tegangan dan kestabilan sistem.

Selain itu, menurut standar SPLN No. 72:1987 tentang “Pedoman Perencanaan Sistem Distribusi Tegangan Rendah”, batas deviasi tegangan yang

diizinkan untuk operasi normal sistem tenaga adalah $\pm 10\%$ dari tegangan nominal. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi jatuh tegangan yang terjadi pada bus 6, 8, 9, dan 15 di sistem PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja telah melampaui batas yang diperkenankan, sehingga penelitian mengenai penerapan SVC menjadi sangat penting untuk memastikan sistem memenuhi standar teknis dan menjaga kontinuitas operasi industri secara andal.

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan motor induksi sebagai beban pada sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja menyebabkan sistem mengkonsumsi daya reaktif dalam jumlah yang besar
2. Konsumsi daya reaktif yang besar menyebabkan penurunan faktor daya pada sistem tenaga listrik sehingga mempengaruhi profil tegangan sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja berupa gangguan jatuh tegangan
3. Terjadi jatuh tegangan pada beberapa bus, yaitu pada bus 6, bus 8, bus 9 dan bus 15 berturut-turut sebesar 10.46%, 6.36%, 7.35%, 5.73% dari tegangan nominal sistem.
4. jatuh tegangan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen lain dari motor dan sistem listrik terkait, sehingga dapat menyebabkan kerugian dan peningkatan biaya pemeliharaan

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian yang dilakukan berfokus pada perbaikan profil tegangan di sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja
2. Perbaikan profil tegangan dilakukan pada *Bus* yang tidak memenuhi standar ketetapan nilai tegangan yang ditetapkan oleh PLN, yaitu 10% di bawah tegangan nominal dan 5% di atas tegangan nominal
3. Perbaikan profil tegangan pada *Bus* yang mengalami masalah di sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara dilakukan dengan menggunakan peralatan *Static VAR Compensator*
4. Rugi-rugi daya yang dianalisis pada penelitian ini berfokus pada rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran
5. Simulasi dilakukan menggunakan *software* ETAP 12.6
6. Penelitian ini mengesampingkan perhitungan ekonomi dan berfokus pada perbedaan nilai rugi-rugi daya sebelum dan sesudah menggunakan *Static VAR Compensator*

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa kapasitas *Static VAR Compensator* yang paling efektif dalam memperbaiki profil tegangan PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *Static VAR Compensator* terhadap profil tegangan sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja?

3. Bagaimana pengaruh penggunaan *Static VAR Compensator* terhadap rugi-rugi daya sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kapasitas dan peletakan *Static VAR Compensator* yang paling efektif dalam memperbaiki profil tegangan pada sistem tenaga listrik PT. Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *Static VAR Compensator* terhadap profil tegangan sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *Static VAR Compensator* terhadap rugi-rugi daya sistem tenaga listrik PT Perkebunan Nusantara IV Pulu Raja

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Menambah ilmu pengetahuan mengenai sistem tenaga listrik terkhususnya dalam hal perbaikan profil tegangan
2. Sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya dalam memperkecil rugi-rugi daya akibat penggunaan daya reaktif oleh mesin induksi 3 fasa