

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan infrastruktur vital yang berperan dalam menunjang kegiatan sosial, ekonomi, dan industri masyarakat. Operasi sistem tenaga listrik harus dijaga agar tetap stabil, andal, dan efisien karena gangguan sekecil apa pun dapat berdampak pada menurunnya kualitas pelayanan listrik hingga potensi pemadaman. Kestabilan sistem tenaga sangat dipengaruhi oleh pengelolaan beban pada jaringan distribusi, di mana ketidakseimbangan beban dapat memicu penurunan kualitas daya dan gangguan pada kinerja peralatan. Oleh sebab itu, pemerataan beban antar fasa menjadi faktor penting dalam menjaga keandalan serta kontinuitas penyaluran energi listrik (*Padiyar, 2020*).

Keseimbangan beban antar fasa pada sistem distribusi tenaga listrik sangat penting untuk menjaga kestabilan dan efisiensi operasi. Dalam kondisi ideal, setiap fasa seharusnya menerima beban yang relatif sama agar sistem bekerja secara optimal. Namun, di lapangan sering ditemukan ketidakseimbangan beban (*load unbalance*) yang terjadi akibat distribusi pelanggan satu fasa yang tidak merata, perbedaan pola konsumsi energi listrik, serta adanya penambahan beban tanpa perhitungan redistribusi yang tepat. Ketidakseimbangan ini dapat menimbulkan berbagai permasalahan teknis yang berdampak pada kinerja sistem distribusi secara keseluruhan (*Jimenez, V. A. et al., 2022*).

Ketidakseimbangan beban dapat menimbulkan dampak teknis, seperti meningkatnya arus netral, rugi daya (*losses*), penurunan efisiensi, dan pemanasan berlebih (*overheating*) pada belitan transformator. Temperatur yang tinggi menyebabkan menurunnya nilai isolasi minyak trafo dan mempercepat penuaan komponen, yang berakibat pada penurunan umur pakai transformator (*Widagdo, R. S. 2022*).

Menurut SPLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014), batas ketidakseimbangan beban antar fasa yang baik adalah kurang dari 10%, sedangkan yang tergolong buruk mencapai atau melebihi 25%. Arus netral yang baik berada di bawah 10% dari arus beban trafo, sedangkan di atas 20% sudah tergolong tidak layak.

Hasil penelitian oleh **Mhd. Ridho Al Hafizh (2023)** pada gardu distribusi SL.247 di PT PLN (Persero) ULP Sunggal menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan arus netral dan suhu operasi transformator, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi dan memperpendek umur pakai trafo (Al Hafizh, 2023). Oleh sebab itu, beban antar fasa perlu dibagi secara merata agar sistem distribusi dapat beroperasi dengan baik.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh ketidakseimbangan beban Trafo 3 Fasa pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV di PT. PLN ULP Rantepao (Studi Kasus: Wilayah Tondon Si Ba'ta)”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara empiris dampak ketidakseimbangan beban terhadap kinerja trafo distribusi dan merumuskan solusi teknis untuk meminimalkan dampak negatifnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat ketidakseimbangan beban pada transformator tiga fasa di Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV wilayah Tondon Si Ba'ta berdasarkan data pengukuran arus selama 31 hari?
2. Bagaimana pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap besarnya rugi daya (*losses*) pada transformator distribusi di Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV wilayah Tondon Si Ba'ta?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka tujuan yang ingin dicapai dari penyusunan tugas akhir yaitu :

1. Menghitung dan menganalisis persentase ketidakseimbangan beban pada transformator tiga fasa di JTM 20 kV wilayah Tondon Si Ba'ta berdasarkan data pengukuran arus tiga fasa selama 31 hari.
2. Menganalisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap kondisi operasi transformator distribusi berdasarkan perbandingan nilai ketidakseimbangan beban dengan standar SPLN, serta mengidentifikasi hari-hari di mana transformator beroperasi di luar kondisi optimalnya.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, maka batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis ketidakseimbangan beban transformator tiga fasa yang terpasang di Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV wilayah Tondon Si Ba'ta.
2. Parameter yang diukur dan dianalisis adalah arus tiga fasa (I_R , I_S , I_T) pada sisi primer JTM 20 kV. Analisis tidak mencakup sisi sekunder (JTR 400 V), arus netral, maupun efisiensi transformator.
3. Pengaruh ketidakseimbangan beban yang dianalisis adalah pengaruhnya terhadap kondisi operasi transformator secara keseluruhan, yang dievaluasi melalui nilai ketidakseimbangan beban dan kesesuaiannya dengan standar SPLN.
4. Pengukuran dilakukan selama 31 hari pada dua waktu representatif, yaitu siang dan malam hari.

5. Simulasi ketidakseimbangan beban dibangun menggunakan MATLAB Simulink dengan data arus PLN sebagai input dan sumber tegangan ideal 20 kV sebagai sumber daya.
6. Evaluasi mengacu pada standar SPLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) dengan batas ketidakseimbangan beban maksimum sebesar 10%.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini menjadi sarana untuk memperdalam pengetahuan dan pemahaman mengenai sistem distribusi tenaga listrik, khususnya dalam menganalisis pengaruh pembebanan transformator tiga fasa yang tidak seimbang terhadap kinerja jaringan tegangan menengah. Selain itu, penelitian ini juga memberikan pengalaman praktis bagi penulis dalam melakukan pengukuran di lapangan, pengolahan data teknis, serta penerapan teori kelistrikan untuk menyelesaikan permasalahan nyata pada sistem distribusi listrik.

Hasil penelitian ini secara tidak langsung dapat meningkatkan kualitas dan keandalan pelayanan listrik kepada masyarakat melalui berkurangnya gangguan, fluktuasi tegangan, dan potensi kerusakan peralatan akibat ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi. Dengan beban yang lebih seimbang, pasokan energi listrik menjadi lebih stabil dan efisien.