

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, listrik telah menjadi kebutuhan utama yang erat hubungannya dengan kehidupan manusia. Oleh sebab itu, perlu suatu sistem tenaga listrik yang dapat mengalirkan listrik dengan andal, efisien, dan memiliki kualitas yang tinggi^[1]. Jaringan listrik didesain untuk beroperasi pada frekuensi 50Hz atau 60Hz. Namun, pada penggunaannya, beberapa beban dapat mengakibatkan timbulnya arus atau tegangan dengan frekuensi harmonisa. Frekuensi harmonisa dapat menyebabkan penurunan efisiensi atau menyebabkan kerugian daya yang signifikan dalam sistem^[2].

Pada umumnya, beban dari sistem tenaga listrik terbagi menjadi dua jenis, yaitu beban linier dan beban non-linier. Beban non-linier menghasilkan bentuk gelombang arus dan tegangan berbeda. Fenomena ini terjadi karena gelombang yang terbentuk mengalami distorsi akibat timbulnya harmonisa^[3]. Dalam sistem tenaga listrik, harmonisa dapat berdampak negatif pada transformator karena transformator berada pada posisi yang paling dekat dengan beban^[4].

Penerapan beban non-linier pada transformator bisa mengakibatkan munculnya harmonisa yang berpengaruh pada peningkatan rugi-rugi, penurunan efisiensi, dan penurunan masa pakai transformator. Untuk mengatasi masalah harmonisa digunakan filter harmonisa, terutama filter pasif. Dengan merancang filter pasif menggunakan simulink pada transformator daya, terbukti bahwa penggunaan filter pasif efektif dalam menurunkan nilai THD_i . Hasil pengukuran menunjukkan bahwa, nilai THD_i pada fase R dapat berkurang menjadi 3,3% dari 6%, fase S menjadi 4,47% dari 6,6%, dan fase T dari 6,2% menjadi 4,07%. Dengan demikian, hasil penelitian tersebut memenuhi standar IEEE 519-2014 yang menetapkan nilai maksimum THD_i sebesar 5%^[5].

Hasil penelitian harmonisa pada transformator 1 dan transformator 3 di gedung perkantoran, Sudirman *Central Business District*, menunjukkan perbandingan tingkat harmonisa antara hari kerja dan hari libur. Pada hari kerja, transformator 1 dan transformator 3 memiliki tingkat THD_i yang tinggi, yaitu masing-masing sebesar 25,27% dan 22,32%. Sementara pada hari libur, transformator 1 memiliki tingkat THD_i sebesar 17,24%, tidak memenuhi standar IEEE 519-1992 sebesar 15%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, pada hari libur, THD_i transformator mengalami penurunan, walaupun masih belum memenuhi standar. Hal ini diperkirakan akibat dari penggunaan beban non-linier yang terbatas^[6].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lampu Hemat Energi (LHE) Dan *Light-Emitting Diode* (LED) merupakan beban non-linier yang dapat menimbulkan masalah pada kualitas daya listrik. Kedua jenis lampu ini menghasilkan tingkat THD_v sama besar, yaitu berkisar antara 0,80% hingga 1,3%. Selain itu, LHE menghasilkan tingkat THD_i yang berkisar antara 68,57% hingga 78,68%, sementara LED menghasilkan tingkat THD_i berkisar antara 72,15% hingga 86,04%. Dapat disimpulkan bahwa tingkat THD_i yang dihasilkan oleh kedua jenis lampu ini tidak memenuhi standar IEEE 519-2014. Penggunaan lampu jenis LHE dan LED secara bersamaan dapat mengurangi tingkat THD_i sekitar 3% hingga 9%^[7].

Hasil pengujian menunjukkan bahwa harmonisa pada rangkaian dengan beban non-linier, seperti motor DC, cenderung lebih rendah dibandingkan dengan beban linier, seperti tahanan geser. Ketika transformator terhubung dengan beban motor DC dan menggunakan penyearah setengah gelombang pada sisi primer dengan tegangan masukan sebesar 53,30 V, tercatat bahwa nilai THD_v adalah 1,32% dan THD_i adalah 2,11%. Di sisi sekunder, nilai THD_v adalah 2,18% dan THD_i adalah 8,07%. Sementara itu, ketika transformator terhubung dengan penyearah gelombang penuh, nilai THD_v adalah 0,45% dan THD_i adalah 2,10% pada sisi primer, sedangkan pada sisi sekunder nilai THD_v adalah 1,04% dan THD_i adalah 3,14%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata THD pada transformator yang dibebani

motor DC masih memenuhi standar yang ditetapkan. Namun, pada transformator yang dibebani oleh tahanan geser, terutama ketika menggunakan penyearah setengah gelombang, nilai THD telah melebihi batas standar yang ditetapkan yaitu 8%^[8].

Hasil pengujian pada mesin arus searah fan *test* dengan penyearah satu fasa, yaitu thyristor dan dioda, mencapai tingkat harmonisa 6,7%, melebihi 5% untuk tegangan bus antara 1 kV dan 69 kV. Tingkat harmonisa tersebut tercatat selama pengujian motor dengan vibrasi mencapai 2,8 mm/s dan kecepatan 1618 rpm^[9].

Beban seperti transformator, penyearah, dan motor arus searah, merupakan beban yang bersifat non-linier yang menghasilkan harmonisa dan beban ini, sering ditemukan pada sistem tenaga listrik. Transformator yang dibebani dengan motor arus searah menggunakan rangkaian penyearah, diperkirakan menghasilkan distorsi harmonisa yang tidak memenuhi standar. Pengukuran tingkat harmonisa terhadap transformator 1 fasa yang dibebani dengan motor arus searah, menggunakan rangkaian penyearah, dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta. Dalam kajian ini standar yang digunakan, adalah standar IEEE 519-2014. Apabila tingkat harmonisa tidak memenuhi standar, perlu dilakukan penurunan tingkat harmonisa pada transformator melalui simulasi filter pasif menggunakan MATLAB/Simulink.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan harmonisa arus (THDi) pada transformator satu fasa akibat pemakaian beban non-linier menggunakan penyearah dan motor arus searah?
2. Berapa persentase kandungan harmonisa pada transformator satu fasa ketika dipasang filter pasif berdasarkan hasil simulasi

MATLAB/Simulink?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui kandungan harmonisa arus (THDi) pada transformator satu fasa akibat pemakaian beban non-linier menggunakan penyearah dan motor arus searah.
2. Merancang simulasi filter pasif untuk mengetahui tingkat keberhasilan penurunan kandungan harmonisa pada transformator satu fasa tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu meluas, maka dibatasi dengan mengacu pada perumusan masalah dan tujuan yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam penelitian ini, batasan masalah mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan rangkaian pengujian yaitu:
 - a. Transformator satu fasa, penyearah setengah gelombang dan motor arus searah.
 - b. Transformator satu fasa, penyearah jembatan penuh, PWM *controller* dan motor arus searah.
2. Penelitian berfokus pada masalah THDi dan THDv pada transformator satu fasa yang ditimbulkan akibat pemakaian penyearah setengah gelombang, penyearah jembatan penuh, PWM *controller* dan motor arus searah.
3. Pengujian transformator dilakukan pada kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban sesuai subbab 1.4 poin 1 di atas.
4. Tidak membahas masalah pengaturan beban motor arus searah menggunakan PWM *controller*.
5. Penelitian ini hanya melakukan simulasi filter pasif menggunakan perangkat lunak MATLAB/Simulink hanya untuk mengurangi harmonisa, dan tidak membahas perbaikan faktor daya.

6. Simulasi filter hanya dilakukan pada transformator dengan kondisi berbeban pada sisi primer transformator guna mereduksi tingkat harmonisa.
7. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengukuran secara langsung dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* (PQA) Kyoritsu KEW 6315.
8. Dalam penelitian ini, standar kualitas daya yang digunakan adalah standar IEEE 519-2014 untuk distorsi tegangan dan arus.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui besarnya kandungan harmonisa arus dan tegangan pada transformator satu fasa ketika diberi beban non-linier penyearah dan motor arus searah serta mengetahui efektivitas reduksi harmonisa setelah dilakukan simulasi filter pasif.
2. Memberikan referensi atau literatur ilmiah bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian serupa.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini dimulai dengan identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data dengan melakukan pengukuran menggunakan alat PQA Kyoritsu KEW 6315, pengelolaan data, dan dilanjutkan dengan melakukan simulasi filter pasif menggunakan perangkat lunak MATLAB/Simulink. Selanjutnya, dilakukan analisis data dan pembuatan kesimpulan.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara singkat, susunan tulisan ini dapat dijelaskan dalam sistematika penulisan berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini akan membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah,

tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bagian ini menjelaskan teori dasar yang mendukung dalam penulisan tugas akhir ini. Topik yang akan dibahas meliputi pengertian harmonisa, standar harmonisa, beban non-linier, transformator satu fasa, penyearah, motor arus searah, filter pasif, dan penggunaan MATLAB/Simulink.

BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini akan menjelaskan tahapan yang dilakukan oleh peneliti, termasuk pengumpulan dan pengolahan data hasil pengukuran.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas data penelitian dari pengukuran dan pengolahannya. Kemudian, data akan dianalisis dan dibandingkan dengan standar yang ditetapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi ringkasan dari hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, serta saran yang diajukan untuk peneliti selanjutnya.