

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Sebagian besar peralatan listrik modern mengandung komponen elektronik, termasuk peralatan yang digunakan di gedung perkantoran seperti AC, printer, lampu hemat energi (LHE), motor penggerak lift, dan berbagai peralatan otomasi lainnya. Penggunaan peralatan tersebut menyebabkan bentuk arus dan tegangan menjadi tidak sinusoidal atau mengalami distorsi, yang kemudian dikenal sebagai *harmonisa*. Fenomena ini umumnya disebabkan oleh karakteristik beban non-linear.

Harmonisa dapat menurunkan faktor daya, mengganggu kinerja sistem kelistrikan, serta mempercepat kerusakan komponen. Transformator, yang dirancang bekerja pada frekuensi nominal, sangat sensitif terhadap distorsi harmonisa. Kandungan harmonisa yang tinggi dapat memunculkan rugi-rugi tambahan, meningkatkan temperatur operasi, serta menurunkan umur pakai transformator meskipun beban belum mencapai beban nominal [1]. Kinerja transformator distribusi juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik beban, terutama ketika gelombang sinus mengalami cacat akibat adanya harmonisa [2].

Harmonisa merupakan sinyal arus atau tegangan yang memiliki frekuensi kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar. Sistem tenaga umumnya beroperasi pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, dan di Indonesia digunakan frekuensi dasar 50 Hz. Bentuk gelombang yang terdistorsi dapat direpresentasikan sebagai jumlah dari komponen fundamental dan komponen harmonik. Adanya harmonisa dapat menurunkan kinerja komponen sistem distribusi tenaga listrik, meningkatkan rugi-rugi panas, serta menimbulkan kegagalan pada sistem isolasi [3].

Kualitas daya listrik (*power quality*) sangat dipengaruhi oleh jenis beban yang terpasang, terutama beban non-linear [4]. Pada sektor industri maupun gedung perkantoran, salah satu sumber harmonisa terbesar adalah *Variable Speed Drive* (VSD) yang digunakan untuk menggerakkan motor pompa dan motor kipas. Perangkat ini menggunakan penyearah dioda sehingga menghasilkan arus non-sinusoidal dengan nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) yang tinggi [5].

Gedung Menara Mandiri berlokasi di Jl. Jend. Sudirman No. 54–55, Jakarta Selatan. Gedung ini merupakan gedung perkantoran Grade A dengan fasilitas modern serta tingkat beban non-linear yang tinggi. Kondisi ini dapat mempengaruhi kualitas daya, terutama pada parameter THDV dan THDI yang menjadi indikator utama tingkat distorsi harmonisa pada sistem kelistrikan.

Untuk menjaga keandalan pasokan listrik dan memenuhi standar kualitas daya, diperlukan upaya mitigasi terhadap harmonisa. Salah satu solusi yang efektif adalah perancangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa pada transformator maupun jaringan distribusi internal gedung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- a. Sistem kelistrikan di Gedung Menara Mandiri mengalami distorsi harmonisa pada arus dan tegangan akibat tingginya penggunaan beban non-linear.
- b. Peralatan seperti VSD dan perangkat elektronik lainnya menjadi sumber utama munculnya harmonisa yang berdampak pada kualitas daya.
- c. Diperlukan rancangan filter harmonisa yang efektif untuk mereduksi nilai THDI dan THDV pada sistem kelistrikan gedung.
- d. Perlu dilakukan analisis kinerja kombinasi filter pasif 3rd order damped dan *single tuned* dalam mengatasi distorsi harmonisa.

1.3 Urgensi Penelitian

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi mengingat Gedung Menara Mandiri merupakan gedung Grade A yang wajib menyediakan kualitas daya listrik yang stabil dan andal. Distorsi harmonisa yang tinggi berpotensi menimbulkan berbagai kerusakan pada peralatan kelistrikan, meningkatkan temperatur transformator, serta menurunkan umur pakai sistem distribusi.

Oleh karena itu, diperlukan perancangan filter harmonisa yang mampu menurunkan distorsi sekaligus menjaga keandalan pasokan listrik di gedung tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat distorsi harmonisa arus (THDI) dan tegangan (THDV) yang terjadi pada sistem kelistrikan Gedung Menara Mandiri, khususnya pada transformator yang mengalami beban non-linear. Berdasarkan hasil analisis tersebut, penelitian ini bertujuan merancang filter pasif orde ketiga (*3rd order passive filter*) yang dikombinasikan dengan *single tuned filter* sebagai upaya mitigasi harmonisa. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui efektivitas rancangan filter tersebut dalam menurunkan nilai distorsi harmonisa total pada sistem, serta melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 19.01 untuk mengevaluasi kinerja filter sebelum dan setelah pemasangan sehingga dapat diperoleh solusi perbaikan kualitas daya yang optimal.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian terarah dan sesuai dengan tujuan, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

- a. Penelitian dilakukan pada sistem kelistrikan Gedung Menara Mandiri 1 dengan total daya 6,5 MVA.
- b. Analisis dan simulasi perancangan filter pasif menggunakan perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*).
- c. Fokus penelitian adalah analisis harmonisa arus dan tegangan pada kondisi sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif 3rd order dan *single tuned filter*.
- d. Perancangan filter hanya difokuskan pada mitigasi harmonisa dominan yang berpengaruh pada transformator distribusi gedung.

1.6 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis untuk memperoleh hasil analisis dan perancangan yang akurat. Tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan, pemahaman, dan pendalaman teori-teori yang berkaitan dengan harmonisa, kualitas daya (*power quality*), filter pasif, serta

transformator distribusi. Sumber literatur berasal dari buku referensi, jurnal ilmiah, standar internasional, serta sumber internet yang kredibel. Studi literatur ini bertujuan untuk mendukung keakuratan desain dan analisis yang akan dilakukan.

b. Diskusi dan Konsultasi

Selain studi literatur, dilakukan diskusi dengan dosen pembimbing serta pihak institusi atau teknisi yang memahami kondisi sistem kelistrikan Gedung Menara Mandiri, khususnya terkait harmonisa dan pengaruhnya pada transformator dan motor penggerak lift. Diskusi ini dilakukan untuk memperoleh informasi teknis lapangan yang dibutuhkan dalam proses perancangan.

c. Simulasi Perancangan

Tahap ini meliputi perancangan dan simulasi filter pasif menggunakan perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*). Simulasi dilakukan untuk mengetahui respons sistem terhadap pemasangan filter pasif 3rd order yang dikombinasikan dengan *single tuned filter*.

d. Analisis Hasil Perancangan

Hasil simulasi dianalisis untuk menentukan efektivitas filter dalam mereduksi harmonisa pada sistem. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) sebelum dan sesudah pemasangan filter, serta mengevaluasi dampaknya terhadap kinerja transformator distribusi.

e. Penulisan Laporan

Tahap terakhir adalah penyusunan laporan tugas akhir yang memuat seluruh proses penelitian, mulai dari latar belakang, analisis harmonisa, perancangan filter, hasil simulasi, hingga kesimpulan dan rekomendasi.