

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi listrik pada kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan salah satunya untuk tujuan penerangan. Dimana penggunaan energi listrik untuk penerangan berkisar antara 10% sampai 20% (EECCHI, 2012) [1]. Nilai tersebut terbilang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan sebuah tindakan untuk mengurangi konsumsi energi listrik. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi jumlah lampu atau menurunkan watt lampu yang digunakan. Namun, tindakan ini kurang efektif karena dapat menyebabkan kondisi ruangan menjadi lebih gelap. Adapun tindakan yang lebih efektif adalah dengan menggunakan lampu hemat energi (LHE) yang dapat menghasilkan cahaya optimal dengan penggunaan daya listrik lebih kecil.

Ada beberapa jenis lampu LHE yaitu lampu *fluorescent* yaitu *Tube Lamp* (TL) dan lampu *Compact Fluorescent Lamp* (CFL) serta jenis lampu *Light Emitting Diode* (LED) [1]. Diantara ketiga jenis lampu tersebut, lampu dengan keunggulan terbaik adalah lampu LED. Keunggulan tersebut meliputi konsumsi daya listrik, lumen yang dihasilkan, serta umur pakai lampu. Dari segi konsumsi daya listrik, untuk menghasilkan lumen tertentu lampu LED menggunakan energi listrik yang lebih rendah. Jika lampu LHE diukur berdasarkan kesamaan watt pengenal, maka lampu LED mampu menghasilkan lumen yang lebih tinggi dari pada lampu LHE jenis lainnya sehingga lebih terang. Selain itu, umur pakai lampu LED lebih panjang yaitu mencapai 50.000 - 100.000 jam [2]. Oleh karena itu, lampu LHE jenis LED menjadi pilihan terbaik dibandingkan jenis lampu LHE lainnya.

Lampu LED secara umum terdiri atas mata LED dan *driver* penyearah sehingga dapat menghasilkan cahaya. Mata LED merupakan sebuah komponen yang terbuat dari bahan semikonduktor dan harus dialiri arus searah atau DC [3]. Selain mata LED, lampu LED juga tersusun atas *driver* LED. Hal ini disebabkan oleh sistem kelistrikan yang tersedia merupakan listrik AC, sehingga lampu LED membutuhkan sebuah alat atau rangkaian untuk mengubah listrik AC menjadi listrik DC. Biasanya rangkaian yang digunakan penyearah (*rectifier*) adalah menggunakan jembatan dioda (*diode bridge*).

Di Indonesia sendiri, lampu LED sudah beredar luas sehingga mudah untuk dijumpai. Lampu-lampu tersebut tersedia dengan berbagai merek produksi yang dibuat oleh produsen dari dalam maupun produsen luar negeri [4]. Selain itu, lampu LED juga tersedia dalam berbagai tingkatan daya pengenal sehingga memudahkan masyarakat dalam memilih lampu sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE) kementerian ESDM *Environmental Support Program 3 (ESP 3)*, *Danish International Development Agency (DANIDA)*, dan *Indonesian Institute for Energy Economics (IIEE)* diperoleh hasil bahwa jumlah penggunaan lampu LED paling banyak di Kota Medan adalah lampu LED dengan tingkatan daya 21 sampai dengan 25 watt. Survei ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik penggunaan lampu wilayah Sumatra Utara yang dimuat dalam “Laporan Survei Penggunaan Lampu Hemat Energi Di Rumah Tangga Di Wilayah Sumatra Utara” dan diterbitkan pada tahun 2016 [5].

Selain tingginya tingkat pemakaian energi listrik, permasalahan kualitas daya listrik juga perlu diperhatikan. Permasalahan kualitas daya listrik ini meliputi rendahnya nilai faktor daya dan terbentuknya harmonisa. Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif (kW) dengan daya semu (kVA) pada sebuah peralatan atau suatu sistem listrik [6]. Artinya, rendahnya faktor daya akan mencerminkan bahwa efisiensi dari peralatan atau sistem tersebut juga rendah.

Permasalahan lain terkait kualitas daya listrik adalah terbangkitnya harmonisa. Harmonisa merupakan gelombang arus atau gelombang tegangan listrik yang mengalami distorsi karena adanya penggunaan komponen non-linear. Salah satu contoh peralatan yang mengandung komponen non-linear adalah lampu LED. Penggunaan komponen non-linear akan membangkitkan gelombang tegangan dan/atau gelombang arus yang memiliki nilai frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamental [7]. Gelombang-gelombang tersebut akan menyatu dengan gelombang fundamental, sehingga bentuk gelombang tegangan dan/atau gelombang arus listrik yang idealnya berbentuk sinusoidal murni akan mengalami perubahan dan menjadi cacat.

Harmonisa yang ditimbulkan oleh suatu alat atau sistem dapat diukur dengan menggunakan alat ukur kualitas daya (*power quality analyzer*). Salah satu *power quality analyzer* yang dapat digunakan adalah *single phase quality analyzer* merek UNI-T UT283A. Alat ini akan memberikan data harmonisa dengan rentang orde 0 sampai dengan orde 51. Selain itu, alat ini juga memberikan data berupa bentuk gelombang listrik, spektrum harmonisa, serta hasil pengukuran parameter listrik dasar lainnya.

Tingkat harmonisa yang terbentuk oleh sebuah peralatan atau sistem dinyatakan sebagai *Total Harmonic Distortion (THD)*. THD ialah persentase perbandingan jumlah keseluruhan nilai komponen harmonisa yang terbentuk terhadap nilai komponen fundamental suatu alat atau sistem [8]. THD sendiri terdiri atas THD_I yang menyatakan distorsi gelombang arus dan THD_V yang menyatakan distorsi gelombang tegangan. Adapun standar THD yang diizinkan merujuk pada standar IEEE Std. 519-2014 dan IEC61000-3-2 [9.10]. Tingginya nilai harmonisa yang terbentuk dapat menimbulkan beberapa permasalahan

khususnya untuk kasus harmonisa arus. Contoh permasalahan tersebut adalah meningkatnya nilai rugi-rugi serta terjadinya panas berlebihan.

Salah satu cara untuk mengurangi atau mereduksi harmonisa yang terbentuk ialah dengan memasang filter harmonisa. Ada dua jenis filter yang dapat digunakan untuk mereduksi harmonisa yaitu filter pasif dan filter aktif [11]. Filter pasif sendiri memiliki kelebihan berupa prosedur desain yang lebih sederhana dibanding filter aktif. Filter pasif dibedakan berdasarkan tujuan pemfilteran dan bentuk konstruksi dari filter itu sendiri. Contoh filter pasif yang dapat digunakan untuk mereduksi harmonisa adalah filter pasif LC dengan prinsip low pass filter.

Perancangan filter pasif dilakukan melalui perhitungan komponen penyusun filter dan melalui pengujian. Adapun untuk pengujian filter dapat dilakukan secara simulasi maupun pengujian secara praktik. Pengujian secara simulasi lebih dipilih karena dapat mengurangi potensi kerusakan serta dapat meminimalkan biaya pengeluaran jika rancangan filter belum bekerja optimal dalam mereduksi harmonisa.

Dalam hal melakukan pengujian secara simulasi, dibutuhkan terlebih dahulu sebuah pendekatan atau pemodelan yang dapat menjadi representasi dari harmonisa yang ditimbulkan oleh sebuah alat atau sistem [12]. Diantara beberapa pemodelan harmonisa yang dapat digunakan, model harmonisa dengan metode sumber arus harmonik merupakan metode yang terbilang sederhana dan mudah dipahami. Pemodelan tersebut dapat disimulasikan menggunakan aplikasi MATLAB *Simulink* karena MATLAB *Simulink* merupakan salah satu bagian dari MATLAB yang dapat melakukan simulasi sistem dinamik. Dengan memanfaatkan berbagai fitur yang ada pada aplikasi ini, maka untuk melihat bentuk gelombang, spektrum harmonisa, daftar harmonik tiap orde, serta pengukuran besaran listrik dapat diperoleh. Jika pemodelan yang dibuat sudah memperlihatkan hasil harmonisa sesuai dengan hasil pengukuran, maka rangkaian tersebut dapat digunakan untuk menguji filter yang sudah dirancang.

Berdasarkan uraian di atas, solusi yang tepat untuk menghemat pemakaian energi listrik pada sektor penerangan adalah dengan menggunakan lampu LED. Hasil survei juga menyebutkan bahwa lampu LED yang paling banyak digunakan Di Kota Medan ada pada rentang 21 sampai 25 watt. Lampu LED tersusun atas komponen dasar berupa driver LED dan mata LED yang secara garis besar merupakan komponen non-linear. Komponen non-linear tersebut akan menyebabkan terbentuknya harmonisa sehingga perlu dilakukannya penilikan terhadap harmonisa yang dihasilkan lampu LED 21 watt. Jika harmonisa yang ditimbulkan oleh lampu tersebut melebihi nilai yang ditetapkan, maka akan dilakukan perancangan filter. Adapun filter yang dipilih adalah filter pasif LC yang dirancang melalui perhitungan dan pengujian secara simulasi. Untuk dapat menguji kinerja filter secara simulasi, maka dibuat sebuah rangkaian yang dapat menjadi representasi harmonisa yang ditimbulkan oleh lampu LED 21 watt. Rangkaian tersebut dibuat pada aplikasi MATLAB *Simulink* dengan metode

sumber arus harmonik. Jika harmonisa yang diperoleh dengan pemasangan filter secara simulasi sudah memenuhi nilai yang ditetapkan, maka rancangan filter tersebut dapat dilakukan pengujian secara praktik. Oleh karena itu, penulis ingin melakukan penelitian dengan judul **“Analisis dan Implementasi Pemodelan Harmonisa dengan Metode Sumber Arus Harmonik dalam Perancangan Filter Pasif LC Lampu LED 21 Watt”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, dapat dibahas beberapa permasalahan antara lain:

1. Bagaimanakah harmonisa yang dibangkitkan oleh lampu LED 21 watt dan pemodelannya dengan metode sumber arus harmonik pada MATLAB *Simulink*?
2. Berapakah nilai kapasitor dan induktor penyusun filter pasif LC yang dapat mereduksi harmonisa akibat lampu LED 21 watt sehingga THD_1 berubah menjadi nilai maksimal 15% melalui pengujian secara simulasi?
3. Bagaimanakah harmonisa yang ditimbulkan lampu LED 21 watt setelah dipasang rancangan filter pasif LC?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin diperoleh atau dicapai melalui penelitian ini antara lain:

1. Memperoleh hasil pengukuran harmonisa yang dibangkitkan lampu LED 21 watt serta merancang pemodelannya menggunakan metode sumber arus harmonik pada MATLAB *Simulink*.
2. Merancang filter pasif LC untuk mereduksi harmonisa akibat lampu LED 21 watt dengan pemodelan sumber arus harmonik agar nilai THD_1 maksimal 15%.
3. Mengetahui hasil pengukuran harmonisa lampu LED 21 watt setelah dipasang rancangan filter pasif LC serta nilai reduksi harmonisa baik secara simulasi maupun secara praktik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang digunakan untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini dapat dilihat pada point-point berikut:

1. Lampu LED yang digunakan merupakan lampu LED dengan daya pengenal 21 watt dan dipilih secara acak.
2. Tegangan yang digunakan dalam pengukuran berkisar antara 220 s.d. 380 volt (sumber yang digunakan adalah sumber dari PLN yang tersedia di LKEE Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas).
3. *Driver* pada lampu LED tidak dibahas secara mendalam.
4. Harmonisa diukur dengan menggunakan *single phase quality analyzer* merek UNI-T UT283A.

5. Penelitian ditekankan pada harmonisa arus yang ditimbulkan lampu LED 21 watt.
6. Aplikasi yang digunakan untuk membuat pemodelan adalah aplikasi MATLAB *Simulink*.
7. Orde harmonisa yang dipertimbangkan adalah orde 1 s.d. 51 (orde harmonisa yang dapat dibaca oleh alat ukur).
8. Tegangan dan frekuensi input pada rangkaian simulasi dibuat bernilai konstan.
9. Filter yang digunakan merupakan filter pasif tipe LC dan dinyatakan berhasil saat nilai THD_1 berubah menjadi nilai maksimal 15%.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait harmonisa yang terbentuk akibat lampu LED 21 watt serta memberikan sebuah pemodelan harmonisa lampu LED 21 watt dengan metode sumber arus harmonik.
2. Memberikan informasi mengenai perancangan filter pasif LC yang memanfaatkan pemodelan harmonisa dengan metode sumber arus harmonik.
3. Memberikan informasi pengukuran harmonisa lampu LED 21 watt setelah dipasang rancangan filter pasif LC.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun dalam beberapa bab pembahasan dengan mengikuti sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat dari dilakukannya penelitian serta sistematika penulisan yang berfungsi sebagai pedoman dalam penulisan.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian. Teori-teori tersebut ditujukan agar dapat membantu dalam memahami dan menyelesaikan masalah yang dihadapi dalam melakukan penelitian ini.

BAB 3: METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang langkah-langkah yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini.

BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil yang diperoleh dalam penelitian serta pembahasan dari hasil yang diperoleh tersebut.

BAB 5: PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan terkait penelitian yang dilakukan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.