

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelolaan energi secara efisien menjadi aspek kunci dalam pengembangan teknologi pencahayaan modern. Teknologi *Light Emitting Diode* (LED) telah mencatat pencapaian besar dalam meningkatkan efisiensi energi dibandingkan sumber pencahayaan tradisional. Kemajuan ini terus didorong oleh inovasi yang bertujuan untuk memperbaiki kinerja dan kualitas pencahayaan secara berkelanjutan (Huang dkk., 2021; Miao dkk., 2023; Shibaeva dkk., 2022).

Kemajuan teknologi LED telah membuka berbagai peluang inovasi yang mendukung efisiensi dan keberlanjutan energi. Salah satu pendekatan potensial adalah penggabungan teknologi *Photovoltaic-Thermoelectric* (PV-TE) dengan material pengubah fasa untuk penyimpanan energi panas. Pendekatan ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan produksi sekaligus penyimpanan energi yang lebih ramah lingkungan (Alghamdi dkk., 2024). Selain itu, pengembangan bahan fosfor telah memungkinkan penciptaan LED dengan cahaya putih berkualitas tinggi, yang memiliki indeks renderasi warna lebih baik dan suhu warna lebih rendah. Teknologi ini mampu memenuhi kebutuhan pencahayaan yang nyaman dan mendukung kesehatan (Huang dkk., 2021).

Masalah *conducted emission* pada *driver* LED menjadi perhatian utama, terutama karena penggunaan *Switched Mode Power Supply* (SMPS) untuk meningkatkan efisiensi energi. Mekanisme kerja SMPS menghasilkan harmonisa *switching frequency* yang memicu gangguan elektromagnetik (*Electromagnetic Interference/EMI*), yang berpotensi mengganggu perangkat lain dalam jaringan listrik. Sebagai contoh, pengujian lampu LED 15 Watt menunjukkan *conducted emission* sebesar 82,5 dB μ V pada frekuensi 299,25 kHz, melebihi standar kompatibilitas elektromagnetik (*Electromagnetic Compatibility/EMC*) CISPR 22 *Class B* hingga 30,9 dB μ V. Kegagalan memenuhi standar EMC tidak hanya

berdampak pada performa perangkat tetapi juga meningkatkan biaya mitigasi, seperti penggunaan filter EMI (Posma dkk., 2019).

Teknik *Spread Spectrum* adalah metode untuk EMI dengan menyebarkan energi harmonisa ke berbagai spektrum frekuensi, sehingga amplitudo *noise* pada satu frekuensi tertentu dapat diminimalkan. Teknik ini digunakan pada sistem seperti LED *driver* berbasis PWM, di mana perubahan *switching frequency* yang cepat sering menghasilkan harmonisa beramplitudo tinggi. Dengan cara mengubah frekuensi *switching* secara acak atau terprogram, energi harmonisa yang awalnya terkonsentrasi pada satu titik frekuensi tersebar ke spektrum lain, sehingga lebih mudah memenuhi standar regulasi EMI. Metode ini efektif, hemat biaya, dan fleksibel dibandingkan teknik konvensional seperti filter atau *shielding* (Harpawi dkk., 2019).

Switching Frequency pada *driver* LED merupakan komponen penting dalam pengendalian EMI yang dipancarkan oleh perangkat ini. Pada umumnya, *switching frequency* pada *driver* LED yang beroperasi dalam konfigurasi SMPS ditetapkan pada frekuensi tetap yang tinggi guna meningkatkan efisiensi energi. Namun, pendekatan ini sering kali memicu EMI yang signifikan, terutama akibat emisi dari frekuensi dasar catu daya dan harmoniknya. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini memperkenalkan teknik spektrum tersebar yang memanfaatkan sinyal chaotic dari osilator Lorenz untuk memodifikasi frekuensi *switching*. Dengan penerapan sinyal chaotic ini, *switching frequency* berfluktuasi secara acak, sehingga puncak EMI yang terkonsentrasi dapat didistribusikan lebih merata ke seluruh spektrum frekuensi. Pendekatan ini dirancang untuk memastikan kepatuhan terhadap standar EMC tanpa mengurangi kinerja atau efisiensi *driver* LED (Hariyawan & Harpawi, 2020).

Penelitian ini difokuskan pada implementasi teknik spektrum tersebar sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan *conducted emission* yang kerap terjadi pada *driver* LED berbasis *Switched Mode Power Supply* (SMPS). Tujuan utamanya adalah mengevaluasi efek penerapan teknik

spread spectrum terhadap peningkatan *lifetime* LED dengan tetap menjaga ketahanan terhadap gangguan EMI dan efisiensi energi pada tingkat yang optimal. Pendekatan yang diusulkan melibatkan penggunaan *switching frequency* yang secara dinamis disesuaikan untuk menekan puncak EMI, yang sering kali melampaui batasan standar EMC. Melalui penerapan teknik ini, diharapkan *lifetime* LED dapat diperpanjang dengan mempertahankan stabilitas operasional, sehingga mendukung keandalan dan keberlanjutan dalam berbagai aplikasi pencahayaan. Evaluasi kinerja dilakukan dengan mengamati variabel-variabel seperti suhu, lumen, arus, dan tegangan untuk menilai dampak teknik tersebut terhadap *lifetime* LED.

1.2. Rumusan Masalah

1. Pengaruh suhu ruangan terhadap *lifetime* LED dalam penerapan teknik *Spread Spectrum* yang perlu dianalisis untuk memahami hubungan antara kondisi lingkungan dan umur operasional LED.
2. Teknik *Spread Spectrum* diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap lumen yang dihasilkan oleh LED, sehingga perlu diteliti efeknya terhadap intensitas pencahayaan.
3. Teknik *Spread Spectrum* memengaruhi arus dan tegangan LED, yang berkontribusi pada perubahan kinerja dan *lifetime* LED, sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengukur dampaknya.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh suhu ruangan terhadap *lifetime* LED dalam penerapan teknik *Spread Spectrum* untuk memahami hubungan antara kondisi lingkungan dan umur operasional LED.
2. Meneliti pengaruh teknik *Spread Spectrum* terhadap lumen yang dihasilkan oleh LED untuk mengevaluasi dampaknya pada intensitas pencahayaan.
3. Mengukur dan menganalisis dampak teknik *Spread Spectrum* terhadap arus dan tegangan LED, serta implikasinya terhadap perubahan kinerja dan *lifetime* LED

1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

1. Penelitian ini dibatasi pada LED dengan daya 15 Watt.

2. Asumsi yang digunakan adalah bahwa semua peralatan uji berfungsi sesuai spesifikasi dan kondisi lingkungan laboratorium konstan selama pengujian.
3. Diasumsikan bahwa tidak ada perubahan signifikan pada input daya dan kualitas sumber listrik selama proses pengujian.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan wawasan baru tentang pengaruh teknik spread spectrum terhadap parameter teknis LED, seperti lumen, suhu, arus, dan tegangan.
2. Membantu mengoptimalkan desain sistem LED dengan lifetime yang lebih lama.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN Membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI Menguraikan teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi Light Emitting Diode (LED), Conducted Emission, Spread Spectrum, Switching Frequency, dan metodologi evaluasi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN Menjelaskan metode penelitian yang digunakan, mulai dari alur penelitian, studi literatur, perancangan sistem, pembuatan alat, pengujian, pengambilan data, hingga penulisan laporan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA Menyajikan data hasil pengujian dan proses pengolahan data untuk ketiga konfigurasi sistem yang diuji.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN Menganalisis hasil pengujian dan membahas pengaruh teknik spread spectrum terhadap berbagai parameter LED.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN Menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.