

Pengembangan Driver LED Berbasis *Boost Converter* untuk Efisiensi Energi

Syahrul Azmi¹, Anita Fauziah^{2*}, Munawar³, Eliyani⁴, Idwar⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹syahrul.azmi.te@pnl.ac.id

^{2*}anita@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak— Lampu Light Emitting Diode (LED) diakui sebagai sumber pencahayaan yang efisien dan tahan lama. Namun, driver LED konvensional sering kali menghambat potensi optimalisasi output cahayanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan cahaya LED melalui pengembangan driver berbasis *Boost Converter* yang efisien. Metode penelitian yang diterapkan adalah eksperimental, dengan merancang dan mengimplementasikan prototipe driver *Boost Converter*. Kinerja driver yang dikembangkan dievaluasi berdasarkan efisiensi konversi daya dan intensitas cahaya LED yang dihasilkan, serta dibandingkan dengan driver LED konvensional. Variasi parameter komponen dan frekuensi switching pada *Boost Converter* juga dianalisis pengaruhnya terhadap kinerja keseluruhan sistem. Hasil akhir menunjukkan bahwa penggunaan driver dapat menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 67,58%, dengan efisiensi tertinggi sebesar 78,83% ketika duty cycle sebesar 50%. Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) pada penelitian ini adalah pada skala 5 menghasilkan inovasi berupa produk yaitu driver LED. Hasil penelitian berupa artikel jurnal Nasional dan diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan driver LED yang lebih efisien dan mampu menghasilkan intensitas cahaya yang lebih optimal, sehingga memperluas aplikasi LED sebagai solusi penerangan yang unggul.

Kata kunci— Driver, Led, *Boost Converter*, Cahaya, Efisien.

Abstract— Light Emitting Diode (LED) lamps are recognized as efficient and long-lasting lighting sources. However, conventional LED drivers often hinder the potential for optimizing their light output. This study aims to optimize LED light through the development of an efficient *Boost Converter*-based driver. The research method applied is experimental, by designing and implementing a *Boost Converter* driver prototype. The performance of the developed driver is evaluated based on the power conversion efficiency and the intensity of the LED light produced, and compared with conventional LED drivers. Variations in component parameters and switching frequencies in the *Boost Converter* are also analyzed for their effect on the overall performance of the system. The final results show that the use of the driver can produce an average efficiency of 67.58%, with the highest efficiency of 78.83% when the duty cycle is 50%. The Technology Readiness Level (TKT) in this study is on a scale of 5 resulting in an innovation in the form of a product, namely an LED driver. The results of the research are in the form of a National journal article and are expected to contribute to the development of more efficient LED drivers and are able to produce more optimal light intensity, thereby expanding the application of LEDs as a superior lighting solution.

Keywords— Driver, Led, *Boost Converter*, Light, Efficient.

I. PENDAHULUAN

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) telah menjadi salah satu sumber penerangan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Menurut laporan dari *International Energy Agency* (IEA), penggunaan lampu LED diperkirakan dapat mengurangi konsumsi listrik global untuk penerangan sebesar 50% pada tahun 2030 [1]. Lampu LED tidak hanya dikenal karena efisiensinya yang tinggi, tetapi juga karena masa pakainya yang panjang, yang dapat mencapai 25.000 hingga 50.000 jam. Dengan demikian, lampu LED menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan ekonomis bagi kebutuhan penerangan di berbagai sektor, mulai dari rumah tangga hingga industri.

Namun, meskipun lampu LED menawarkan banyak keuntungan, terdapat beberapa keterbatasan yang dihadapi oleh driver LED konvensional. Driver LED berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan yang masuk ke lampu LED agar dapat beroperasi dengan baik. Banyak driver LED yang ada saat ini tidak mampu menghasilkan output cahaya yang optimal, terutama dalam kondisi beban yang bervariasi. Penelitian oleh Wang et al. [2] menunjukkan bahwa hanya sekitar 60% dari total energi yang digunakan oleh driver LED konvensional dapat diubah menjadi cahaya, sementara sisanya hilang sebagai panas. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi driver LED agar dapat memaksimalkan potensi lampu LED.

Penggunaan *boost converter* sebagai driver LED memiliki potensi yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dan intensitas cahaya. *Boost converter* adalah jenis konverter DC-DC yang meningkatkan tegangan input menjadi tegangan output yang lebih tinggi. Dengan menggunakan *Boost Converter*, arus yang mengalir ke lampu LED dapat diatur dengan lebih baik, sehingga meningkatkan output cahaya yang dihasilkan. Penelitian oleh Zhang et al. [3] menunjukkan bahwa penggunaan *Boost Converter* dapat meningkatkan efisiensi sistem penerangan LED hingga 90%, dibandingkan dengan driver konvensional yang hanya mencapai 70%. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan driver *boost converter* yang efisien dapat menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan kinerja lampu LED.

Identifikasi masalah terkait efisiensi dan output cahaya pada aplikasi LED saat ini sangat penting untuk dilakukan. Banyak pengguna lampu LED mengeluhkan kualitas cahaya yang dihasilkan, terutama dalam aplikasi yang memerlukan pencahayaan yang tinggi dan konsisten. Penelitian oleh Kim dan Lee [4] mengungkapkan bahwa variasi dalam kualitas driver LED dapat menyebabkan fluktuasi output cahaya, yang pada gilirannya mempengaruhi pengalaman pengguna. Oleh karena itu, pengembangan driver *boost converter* yang dapat

menyediakan arus yang stabil dan efisien menjadi sangat penting untuk memastikan kualitas penerangan yang optimal.

Boost converter

Boost converter adalah jenis konverter DC-DC yang berfungsi meningkatkan tegangan keluaran agar lebih tinggi dari tegangan masukan. Alat ini menggunakan beberapa komponen seperti induktor (*L*), saklar semikonduktor, dioda, dan kapasitor (*C*). Cara kerjanya adalah dengan mengisi energi ke induktor ketika saklar dalam keadaan menyala, lalu melepaskan energi tersebut ke beban dan kapasitor ketika saklar mati. Proses ini membuat tegangan rata-rata yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan tegangan sumber. *Boost converter* sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sumber daya terbarukan, pengelolaan energi, dan perangkat elektronik portabel.

Topologi Boost Converter

Boost converter mempunyai beberapa topologi diantaranya:

• **Topologi Dasar**

Boost converter konvensional (*single-switch non-isolated*): menggunakan komponen seperti induktor, saklar (MOSFET/IGBT), dioda, dan kapasitor.

• **Topologi untuk Fungsi Khusus**

Synchronous boost: mengganti dioda dengan saklar sinkron agar mengurangi kerugian dari dioda dan meningkatkan efisiensi.

Interleaved boost: beberapa rangkaian *boost* yang dihubungkan secara paralel dan disinkronkan dalam fase untuk mengurangi getaran arus serta mengurangi ukuran komponen pasif.

Coupled-inductor / boost dengan teknik isolasi: menambahkan induktor yang terhubung untuk meningkatkan gain atau mencapai isolasi.

Multistage / cascaded boost: rangkaian *boost* yang dibagi menjadi beberapa tahap agar mencapai tegangan tinggi dengan tekanan pada saklar yang lebih rendah.

• **Pengelompokkan Berdasarkan Mode Operasi**

Berdasarkan Mode operasi *boost converter* dapat dibagi dalam beberapa kelompok:

Continuous Conduction Mode (CCM): arus pada induktor tidak pernah mencapai nol selama siklus pengoperasian.

Discontinuous Conduction Mode (DCM): arus pada induktor turun hingga nol setiap siklus pengoperasian.

Boundary Conduction Mode (BCM) atau Critical Conduction Mode (CrCM): kondisi yang berada di antara CCM dan DCM.

Persamaan Tegangan Rata-rata

Dengan asumsi komponen ideal dan operasi *steady-state* di CCM, tegangan keluaran (*V_o*) berkaitan dengan tegangan sumber (*V_s*) dan *duty cycle* (*D*) melalui persamaan *volt-second balance* pada induktor:

$$V_L^{on} = V_s, V_L^{off} = V_s - V_o \tag{1}$$

Volt-second balance memberi:

$$V_s \cdot DT_s + (V_s - V_o) \cdot (1 - D)T_s = 0 \tag{2}$$

Dimana *T_s* merupakan periode *switching* dalam hal ini sama dengan *1/f_s*.

Tegangan *V_o* dapat dihitung dan menghasilkan hubungan transfer statis:

$$V_o = \frac{V_s}{1 - D} V_s \tag{3}$$

Arus induktor dan ripple pada CCM

Selama periode ON:

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \Rightarrow \Delta I_{L(on)} = \frac{V_s}{L} DT_s \tag{4}$$

Selama Periode OFF:

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \Rightarrow \Delta I_{L(off)} = \frac{V_s - V_o}{L} (1 - D)T_s \tag{5}$$

Untuk *steady-state* CCM:

$$\Delta I_{L(on)} + \Delta I_{L(off)} = 0 \tag{6}$$

Konsisten dengan persamaan tegangan di atas. *Ripple* puncak-ke-puncak:

$$\Delta I_L = \frac{V_s}{L} DT_s = \frac{V_o - V_s}{L} (1 - D)T_s \tag{7}$$

Arus rata-rata *I_{L(avg)}* sama dengan arus beban di CCM dikalikan faktor konversi:

$$I_{L(avg)} = \frac{I_o}{(1 - D)_s}, I_o = \frac{V_o}{R} \tag{8}$$

Kondisi batas CCM-DCM

Batas antara CCM dan DCM terjadi ketika arus induktor mencapai nol pada titik terendahnya. Arus *ripple* puncak-ke-puncak yang kritis untuk mode batas dapat dihitung dan dikaitkan dengan parameter beban serta *L, f_{s, D}*. Kondisi kritis sering dituliskan sebagai:

$$I_{L(min)} = I_{L(avg)} - \frac{\Delta I_L}{2} = 0 \tag{9}$$

Sehingga nilai *L* batas dapat dihitung untuk operasi CCM.

Untuk DCM, arus induktor menjadi nol selama sebagian siklus sehingga persamaan statis *V_o* bukan lagi *V_s / (1-D)* dan bergantung pada beban, *L*, dan *f_s*. Persamaan transfer rata-rata untuk DCM (beban resistif) adalah:

$$I_o = V_s \left(1 + \frac{D^2}{2 \cdot K} \right) \tag{10}$$

Dengan:

$$K = \frac{2L}{RT_s}$$

DCM memperkenalkan dinamika nonlinier dan biasanya menghasilkan rasio tegangan rendah pada beban ringan.

Rugi-rugi dan Efisiensi

Faktor kerugian utama yang mempengaruhi efisiensi:

- Rugi konduksi saklar (*R_{DS(on)}* pada MOSFET) dan pada saklar sinkron.
- Rugi *switching* (transisi saklar MOSFET—energi *switching* bergantung pada *dv/dt* dan *di/dt* serta kapasitas parasitik).

- Rugi pada dioda (*forward voltage drop*) atau *sinkron switch conduction loss*.
- Rugi resistif pada induktor (DCR) dan ESR kapasitor. Estimasi efisiensi biasanya dihitung dari daya keluaran dibagi total daya masukan dengan memperhitungkan komponen rugi tersebut secara kuantitatif.

Dengan mempertimbangkan berbagai faktor di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan driver *boost converter* yang efisien untuk lampu led. Penelitian ini akan mengeksplorasi berbagai desain dan komponen yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja driver, serta menganalisis dampaknya terhadap efisiensi dan output cahaya. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan teknologi penerangan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan eksperimental, yang bertujuan untuk mengeksplorasi dan menguji efektivitas dari driver *boost converter* dalam meningkatkan efisiensi cahaya LED. Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan pengendalian variabel yang lebih baik dan mendapatkan data yang lebih akurat. Eksperimen akan dilakukan dengan memvariasikan beberapa parameter dari *boost converter* dan mengamati pengaruhnya terhadap efisiensi driver LED. Penggunaan metode eksperimental dalam pengembangan sistem elektronik dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai interaksi antar variabel.

Pengujian akan dilakukan dalam beberapa tahap, dimulai dari perancangan skematik rangkaian hingga pengujian prototipe. Data yang diperoleh dari setiap tahap akan dianalisis secara statistik untuk menentukan hubungan antara variabel yang diteliti. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh informasi yang komprehensif mengenai kinerja driver *boost converter* dalam aplikasi pencahayaan LED. Penelitian ini juga akan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil, seperti suhu lingkungan dan kondisi beban.

Eksperimen ini tidak hanya akan memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi LED, tetapi juga berpotensi untuk meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan. Pencahayaan menyumbang sekitar 15% dari konsumsi energi global, sehingga optimasi sistem pencahayaan LED memiliki dampak yang signifikan dalam pengurangan konsumsi energi. Oleh karena itu, penelitian ini sangat relevan dengan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi sistem pencahayaan modern.

Penggunaan teknik eksperimental juga memungkinkan peneliti untuk melakukan perbandingan antara driver *boost converter* yang dikembangkan dengan driver konvensional. Hal ini penting untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat untuk pengembangan teknologi pencahayaan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang diteliti untuk memahami pengaruhnya terhadap efisiensi driver LED. Variabel bebas

terdiri dari parameter-parameter *boost converter* yang akan divariasikan, seperti *frekuensi switching*, *duty cycle*, dan nilai komponen. Frekuensi *switching* merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi performa sistem. Variasi frekuensi *switching* dapat meningkatkan efisiensi konversi energi dalam sistem *DC-DC converter*.

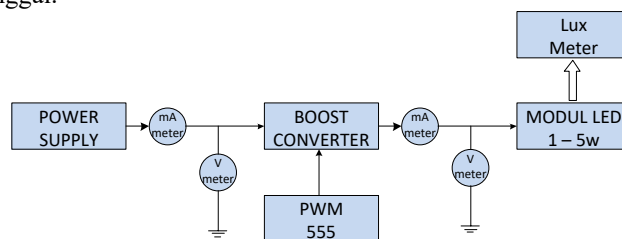
Duty cycle juga merupakan parameter yang krusial, karena menentukan rasio waktu ON dan OFF dari *switching*. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa optimasi *duty cycle* dapat meningkatkan efisiensi hingga 20% dalam beberapa aplikasi. Selain itu, nilai komponen seperti induktor dan kapasitor juga akan divariasikan, karena karakteristik komponen ini dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi driver LED dan intensitas cahaya LED. Efisiensi driver LED diukur berdasarkan rasio antara daya output yang diterima oleh LED dan daya input yang diberikan oleh sumber. Intensitas cahaya LED akan diukur menggunakan lux meter untuk mendapatkan data yang akurat mengenai pencahayaan yang dihasilkan. Efisiensi driver LED dapat berpengaruh langsung terhadap kualitas pencahayaan yang dihasilkan.

Variabel kontrol dalam penelitian ini mencakup jenis LED yang digunakan dan tegangan input. Jenis LED akan dipilih berdasarkan spesifikasi teknis yang relevan, seperti daya maksimum dan efisiensi lumens. Tegangan input juga akan dijaga tetap konstan untuk memastikan bahwa hasil pengujian tidak dipengaruhi oleh fluktuasi sumber daya. Dengan pengendalian variabel-variabel ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antar variabel yang diteliti.

Desain Penelitian

Rancangan eksperimen merupakan aspek krusial, karena akan menentukan bagaimana data dikumpulkan dan dianalisis. Penelitian ini akan menggunakan desain eksperimen faktorial, di mana beberapa faktor akan divariasikan secara bersamaan untuk mengamati pengaruhnya terhadap efisiensi driver LED. Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi interaksi antara variabel bebas dan terikat secara lebih mendalam. Desain faktorial dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif dibandingkan dengan desain eksperimen tunggal.



Gambar 1. Blok diagram desain

Dalam rancangan, setiap kombinasi dari parameter-parameter yang ditentukan akan diuji dalam kondisi yang terstandarisasi. Misalnya, untuk frekuensi *switching*, akan diuji beberapa nilai seperti 60 kHz, 120 kHz, dan 240 kHz. *Duty cycle* juga akan divariasikan dalam rentang 25% hingga 85%. Dengan cara ini, peneliti dapat mengidentifikasi kombinasi optimal yang menghasilkan efisiensi tertinggi. Penggunaan desain faktorial dapat meningkatkan akurasi dalam menentukan kondisi optimal suatu sistem.

Pertimbangan dalam Desain

- Pemilihan Induktor: *trade-off* antara ripple arus, ukuran induktor, dan batas mode CCM/DCM; induktor harus cukup besar untuk mempertahankan CCM jika diinginkan.
- Pemilihan Capacitor: ukuran kapasitansi dan ESR untuk menekan ripple tegangan dan *stabilize loop kontrol*.
- Frekuensi *switching* f_s : meningkatkannya mengurangi ukuran komponen passif namun meningkatkan rugi *switching*.
- Pengendalian: *current-mode control* menghilangkan masalah RHP zero dalam loop tegangan dan memudahkan stabilisasi; kontrol siklus tetap (*voltage-mode*) memerlukan kompensator lebih kompleks.
- Proteksi: *snubber*, RC damping, rangkaian *soft-start*, dan proteksi *over-current/over-voltage* diperlukan untuk keandalan.

Dengan rancangan eksperimen yang sistematis dan terstruktur, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan driver *boost converter* yang lebih efisien untuk aplikasi pencahayaan LED.

Peralatan dan Bahan

Berbagai peralatan dan bahan akan digunakan untuk mendukung proses eksperimen. Komponen utama yang diperlukan adalah komponen-komponen dari *boost converter*, termasuk IC driver, MOSFET, dioda, induktor, dan kapasitor. IC driver akan menjadi pusat pengendali dari sistem, sedangkan MOSFET berfungsi sebagai saklar yang mengatur arus dalam rangkaian. Dioda dan induktor juga memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi dan stabilitas dari output yang dihasilkan. Pemilihan komponen yang tepat dapat meningkatkan efisiensi sistem hingga 15%.

Lampu LED akan menjadi objek utama dalam penelitian ini, dan pemilihan jenis LED akan disesuaikan dengan spesifikasi yang diperlukan untuk mencapai hasil yang optimal. Power supply yang digunakan harus mampu memberikan tegangan dan arus yang stabil untuk memastikan pengujian berjalan dengan baik. Multimeter dan oscilloscope akan digunakan untuk mengukur tegangan dan arus dalam rangkaian, sedangkan lux meter akan digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LED.

Peralatan lain yang relevan juga dipertimbangkan, seperti perangkat lunak simulasi untuk merancang dan menganalisis rangkaian secara virtual. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, peneliti dapat melakukan simulasi sebelum membangun prototipe fisik, sehingga mengurangi risiko kesalahan dalam perancangan. Pentingnya simulasi dalam mempercepat proses pengembangan sistem elektronik.

Dengan menggunakan peralatan dan bahan yang tepat, diharapkan penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan menghasilkan data yang valid untuk analisis lebih lanjut. Penelitian ini juga akan mempertimbangkan biaya dan ketersediaan komponen, sehingga dapat direplikasi oleh peneliti lain di masa depan.

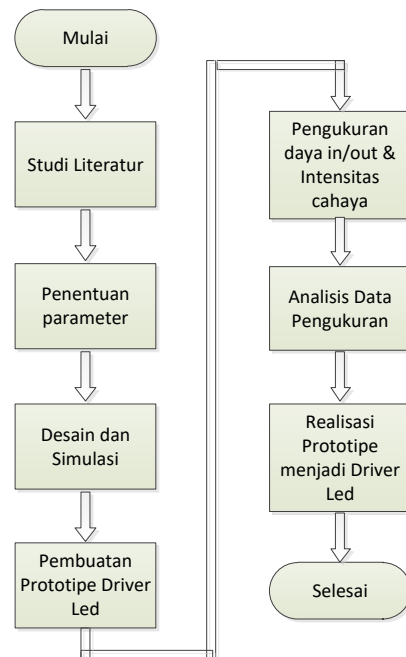
Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan perancangan skematik rangkaian driver *boost converter*. Rangkaian ini dirancang dengan mempertimbangkan semua parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah skematik selesai, langkah berikutnya adalah melakukan simulasi rangkaian untuk

memastikan bahwa desain berfungsi sesuai harapan. Simulasi ini dapat membantu dalam mengidentifikasi potensi masalah sebelum prototipe fisik dibuat. Simulasi dapat mengurangi waktu pengembangan dan meningkatkan efisiensi proses desain.

Setelah simulasi, tahap selanjutnya adalah pembuatan prototipe driver *boost converter*. Prototipe ini akan dibangun berdasarkan skematik yang telah dirancang, dan semua komponen akan dirakit dengan hati-hati untuk memastikan koneksi yang baik. Setelah prototipe selesai, pengujian akan dilakukan untuk driver *boost converter* konvensional sebagai pembandingan. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan data *baseline* yang akan digunakan untuk membandingkan kinerja driver yang dikembangkan.

Pengujian driver LED berbasis *boost converter* dilakukan dengan variasi parameter yang telah ditentukan. Pengukuran tegangan, arus input dan output driver akan dilakukan menggunakan multimeter dan *oscilloscope*. Selain itu, intensitas cahaya LED akan diukur menggunakan lux meter untuk mendapatkan data yang akurat mengenai pencahayaan yang dihasilkan. Proses pengukuran ini harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Setelah semua pengujian selesai, perhitungan efisiensi driver akan dilakukan dengan membandingkan daya output yang diterima oleh LED dengan daya input dari sumber. Analisis data hasil pengujian akan dilakukan untuk menentukan pengaruh dari variasi parameter terhadap efisiensi dan intensitas cahaya LED. Dengan mengikuti prosedur penelitian yang sistematis, diharapkan dapat diperoleh hasil yang valid dan bermanfaat untuk pengembangan teknologi pencahayaan yang lebih efisien.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap, dimulai dari pengujian driver konvensional sebagai pembandingan. Setelah itu dilakukan pengujian driver LED berbasis *boost converter*

dengan variasi parameter. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data mengenai tegangan, arus input dan output driver, serta intensitas cahaya LED. Pengukuran dilakukan menggunakan peralatan multimeter, *oscilloscope* dan lux meter. Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah pengujian daya input - output, pengujian PWM meliputi pengujian frekuensi dan *duty circle* dan pengujian intensitas cahaya led.

Hasil Pengujian Led tanpa Driver

Pengujian Led dilakukan menggunakan power supply 12 Volt/3A. LED yang digunakan berupa modul LED dengan spesifikasi tegangan kerja 12 Volt dengan daya 2 Watt. Intensitas cahaya LED tanpa menggunakan driver menunjukkan nilai 1745 lux seperti diperlihatkan dalam tabel pengukuran berikut.

Tabel 1. Pengukuran Driver Konvensional

Driver LED	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (Lux)
12 V / 3A	0,62	12,01	7,46	1745

Daya led yang diteliti tidak diukur secara langsung menggunakan wattmeter, akan tetapi daya diperoleh dengan mengukur arus dan tegangan input menggunakan multimeter seperti diperlihatkan dalam Tabel 1.



Gambar 3. Pengujian Tegangan dan Arus Input

Pengujian Driver Led

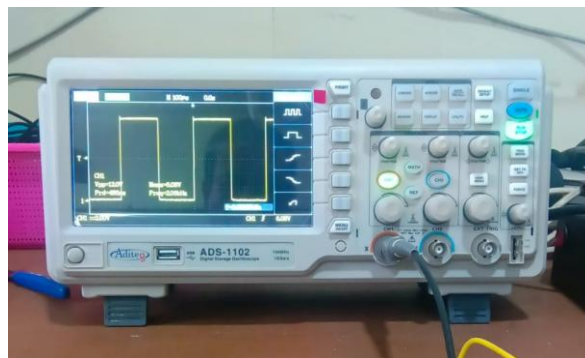
Pengujian driver LED meliputi pengukuran rentang frekuensi PWM, pengukuran tegangan output, arus output dan pengukuran intensitas cahaya LED.

Tabel 2. Pengukuran Parameter PWM

Power Supply	Duty cycle	Frekuensi (kHz)	Amplitudo (V _{pp})
12 V / 3A	25% - 85%	10	10
		20	11,5
		40	12
		50	12
		60	12
		80	12
		100	12
		140	12
		200	12
		250	11,8
		300	11,8

Hasil Pengukuran Rentang Frekuensi PWM

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengukuran PWM untuk melihat rentang frekuensi dan tegangan output puncak ke puncak.



Gambar 4. Pengujian Tegangan dan Arus Input

Pulse width Modulation (PWM) digunakan untuk *switch* mosfet pada *boost converter*. Rangkaian PWM dibangun dengan menggunakan IC 555. Pemilihan nilai RC yang sesuai akan memungkinkan pengaturan *duty cycle* antara 25% sampai dengan 85%.

Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Output Driver Led

Pengukuran tegangan dan arus LED untuk mendapatkan daya listrik yang dikonsumsi oleh led. Pengukuran dilakukan pada tiga frekuensi yang berbeda yaitu 60kHz, 120kHz dan 240kHz. *Duty cycle* diatur mulai dari 25% sampai dengan 85% untuk setiap frekuensi. Hasil pengukuran diperlihatkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Tegangan dan Arus Output Driver LED

Frek (kHz)	Duty cycle	Tegangan Output (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
60	25%	3,01	56	166
	40%	4,81	88	423
	50%	6,02	110	662
	60%	7,22	132	953
	65%	7,81	138	1078
	75%	9,03	175	1580
	85%	10,2	186	1897
120	25%	3,00	58	174
	40%	4,79	89	426
	50%	6,01	112	673
	60%	7,20	130	936
	65%	7,82	139	1087
	75%	9,02	173	1560
	85%	10,1	185	1869
240	25%	3,05	60	183
	40%	4,85	90	437
	50%	6,05	112	678
	60%	7,26	135	980
	65%	7,85	140	1099
	75%	9,08	176	1598
	85%	10,2	186	1897

Tegangan output driver terlihat berubah mengikuti perubahan *duty cycle*, pada 25% menghasilkan tegangan output sebesar 3,01 volt dan pada 85% menghasilkan tegangan sebesar 10,2 volt. Tidak terlihat adanya pengaruh frekuensi terhadap tegangan dan arus sehingga terlihat daya LED pada frekuensi 60 kHz, 120kHz dan 240kHz menghasilkan daya yang relatif sama.



Gambar 5. Pengujian Tegangan dan Arus Output

Hasil Pengujian Intensitas Cahaya LED

Pengukuran intensitas cahaya LED menggunakan digital lux meter AS803. Intensitas cahaya diukur pada *duty cycle* berbeda yaitu 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 75% dan 85%, untuk tiga frekuensi yang berbeda.

Intensitas cahaya terukur sebesar 1190 lux ketika *duty cycle* driver diatur 85% dengan konsumsi daya sebesar 1,89 watt.

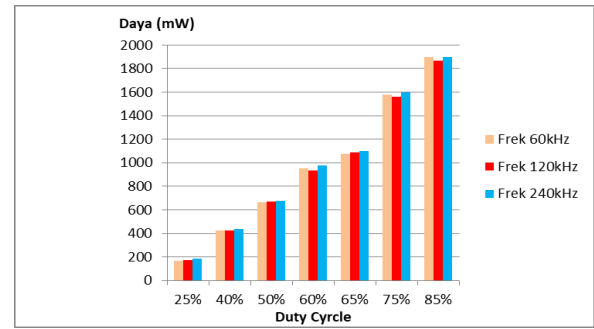
Tabel 4. Pengukuran Intensitas Cahaya LED

Power Supply	Frek (kHz)	Driver		Tanpa Driver		Efisiensi (%)	
		<i>Duty cycle</i>	Intensitas Cahaya (Lux)	Lux / mW	Intensitas Cahaya		Lux / mW
12 V / 3A	60	25%	-	-	1745	0,234	-
		40%	200	0,47	1745	0,234	50,2
		50%	740	1,12	1745	0,234	79,1
		60%	890	0,93	1745	0,234	74,8
		65%	925	0,84	1745	0,234	72,1
		75%	1008	0,68	1745	0,234	65,6
		85%	1190	0,63	1745	0,234	62,9
12 V / 3A	120	25%	-	-	1745	0,234	-
		40%	195	0,46	1745	0,234	49,1
		50%	735	1,09	1745	0,234	78,5
		60%	883	0,94	1745	0,234	75,1
		65%	930	0,85	1745	0,234	72,5
		75%	999	0,64	1745	0,234	63,4
		85%	1180	0,63	1745	0,234	62,9
12 V / 3A	240	25%	-	-	1745	0,234	-
		40%	220	0,50	1745	0,234	53,2
		50%	755	1,11	1745	0,234	78,9
		60%	902	0,92	1745	0,234	74,6
		65%	935	0,85	1745	0,234	72,5
		75%	1028	0,64	1745	0,234	63,4
		85%	1190	0,63	1745	0,234	62,9

Pembahasan

Analisis data hasil pengujian dilakukan menggunakan metode statistik untuk menentukan signifikansi dari hasil yang diperoleh. Tujuan analisis ini adalah untuk membantu dalam mengidentifikasi parameter mana yang memiliki pengaruh paling besar terhadap efisiensi dan intensitas cahaya LED.

Dalam Tabel 1 terlihat bahwa daya led tanpa driver adalah sebesar 7,46 watt dengan intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 1754 lux. Konsumsi daya tinggi akan menyebabkan peningkatan suhu kerja sehingga dapat memperpendek masa pakai LED.

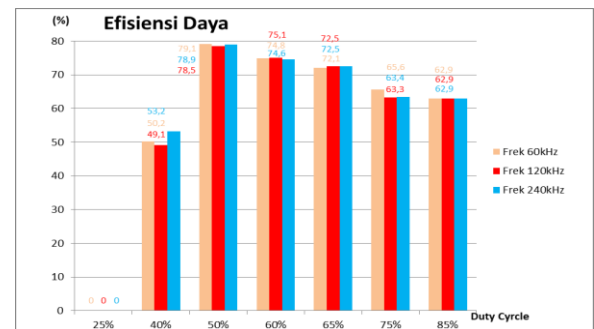


Gambar 6. Grafik Pengaruh *Duty Cycle* terhadap Daya Led

Tabel 2 memperlihatkan rentang frekuensi kerja rangkaian *switching* berkisar dari 10kHz sampai 300kHz. Dalam rentang frekuensi tersebut, tegangan output terjaga tetap stabil yaitu sebesar 12V_{P-P}. Diluar rentang frekuensi, ada kecenderungan penurunan tegangan output.

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran untuk mendapatkan daya. Pengaturan *duty cycle* yang bervariasi terlihat menyebabkan perubahan pada daya LED, dimana kenaikan persentase *duty cycle* akan meningkatkan konsumsi daya LED. Tren kenaikan daya akibat perubahan *duty cycle* disajikan dalam gambar 6.

Pengukuran intensitas cahaya LED diperlihatkan dalam tabel 4. intensitas cahaya led sebesar 1190 lux diperoleh saat saat driver di *switch* dengan *duty cycle* 85%, sebanding dengan konsumsi daya listrik sebesar 1,897 watt. Artinya setiap 1 mW daya listrik akan menghasilkan intensitas cahaya sebesar 0,63lux. Hasil ini tentu lebih efisien jika dibandingkan dengan penggunaan led tanpa driver, dimana setiap 0,234lux membutuhkan daya listrik sebesar 1mW. Jika dihitung maka akan didapatkan efisiensi penggunaan daya listrik sebesar 62,9%.



Gambar 7. Grafik Efisiensi terhadap *Duty Cycle*

Grafik dalam gambar 7 menjelaskan efisiensi daya listrik pada setiap *duty cycle* yang berbeda. Saat *duty cycle* 25% efisiensi tidak dapat dihitung karena lampu LED tidak dapat menyala akibat tegangan yang dihasilkan terlalu kecil yaitu sebesar 3,01 volt.

IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh setelah melaksanakan pengukuran dan analisis data:

1. Rancangan driver dapat menghasilkan efisiensi LED rata-rata sebesar 67,58% dengan efisiensi tertinggi sebesar 78,83% ketika *duty cycle* sebesar 50%.
2. Pengaturan *duty cycle* yang tepat dapat mengoptimalkan efisiensi pada LED.
3. *Duty cycle* 50% - 65% akan menghasilkan efisiensi optimal yaitu antara 65,6% sampai dengan 79,1%.

4. Kenaikan frekuensi *switching* hanya akan menaikkan temperatur kerja LED dan tidak menaikkan efisiensi LED.

REFERENSI

- [1] International Energy Agency (IEA), "Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020," *IEA Publications*, 2020.
- [2] Wang, X., Zhang, Y., & Liu, J, "Efficiency analysis of LED drivers and their impact on lighting performance." *Journal of Light & Visual Environment*, 2019, paper 43(1), page 1-10.
- [3] Zhang, L., Chen, H., & Wang, M, "Design and implementation of a high- efficiency boost converter for LED applications." *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2021, paper 36 (5), page 5000-5008.
- [4] Kim, S., & Lee, J., "Quality assessment of LED lighting systems: A case study." *Lighting Research & Technology*, 2020, paper 52(2), page 123-134.
- [5] U.S. Department of Energy, "LED Lighting Facts.", 2020.
- [6] McKinsey & Company. "Lighting the Future: The Transition to LED Lighting.", 2019.
- [7] LED inside, "The Importance of LED Drivers in Lighting Applications.", 2021.
- [8] Rashid, M. H, "Power Electronics: Circuits, Devices & Applications." Pearson, 2014.
- [9] Liu, Y., et al, "High-Efficiency Boost Converter Design for LED Applications." *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2021.
- [10] Chen, X., et al, "Duty Cycle Optimization for Boost Converters." *Journal of Electrical Engineering*, 2020.
- [11] Zhang, H., & Wang, J, "Operation Modes of Boost Converter: A Review." *Energy Reports*, 2019.
- [12] Huang, L., et al, "Application of Boost Converter in LED Drivers." *Journal of Light & Visual Environment*, 2021.
- [13] Kim, D., et al, "Performance Analysis of Boost Converter for LED Lighting." *Journal of Power Sources*, 2020.
- [14] Li, J., et al, "Challenges in Implementing Boost Converters for LED Applications." *Renewable Energy*, 2022.
- [15] Zhao, Y., et al, "Thermal Management in Boost Converters." *Applied Thermal Engineering*, 2021.
- [16] Yang, Z., et al, "Inductance Selection for Boost Converters." *Electronics*, 2020.
- [17] Chen, Y., & Liu, T, "Capacitance Effects on Boost Converter Performance." *Journal of Power Electronics*, 2021.
- [18] Zhang, L., et al, "Switching Frequency Optimization in Boost Converters." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2021.
- [19] Wang, X., et al, "Duty Cycle Control in Boost Converters." *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 2019.
- [20] Kwan, J., et al, "Importance of Light Distribution in LED Lighting." *Lighting Research & Technology*, 2021.
- [21] Lee, S., et al, "Impact of Temperature on LED Efficiency." *Journal of Photonics for Energy*, 2022.