

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA BUCK CONVERTER DAN BOOST CONVERTER PADA LAMPU (LED 5) WATT

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

HABIB HARIWANSYAH
2207220112



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Habib Hariwansyah
NPM : 2207220112
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Kinerja Buck Converter Dan Boost Converter pada Lampu (LED) 5 Watt
Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2026

Mengetahui dan menyetujui

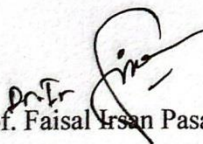
Dosen Pembimbing I



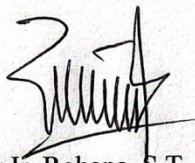
Noorly Evalina, S.T., M.T

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Penguji



Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., S.Pd., M.T



Dr. Ir. Rohana, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Dr. Elvy Salmur Nasution, S.T., M.Pd

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Habib Hariwansyah
Tempat/Tanggal Lahir : Saentis, 09 Juni 2004
NPM : 2207220112
Fakultas : Teknik
Program Study : Teknik elektro

Menyatakan Dengan Sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul

“ Analisis Kinerja Buck Converter dan Boost Converter Pada Lampu (LED 5) Watt”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tangan Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, sya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesajanaan saya

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran diri dan tidak atas paksaan ataupun tekanan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Study Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 15 September 2026

Saya Yang Menyatakan



HABIB HARIWANSYAH

ANALISIS KINERJA BUCK CONVERTER DAN BOOST CONVERTER PADA LAMPU (LED) 5 WATT

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik dan kinerja Buck Converter dan Boost Converter dalam mengatur tegangan pada beban lampu LED DC 12 V/5 W, serta menganalisis kemampuan sistem konversi daya dalam menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan beban. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen melalui pengujian langsung terhadap dua konfigurasi converter DC-DC menggunakan beban lampu LED yang sama. Boost Converter menggunakan sumber dua baterai 18650 yang disusun seri dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V, sedangkan Buck Converter menggunakan Power Supply Switching (SMPS) dengan tegangan keluaran 24 V DC. Pengujian dilakukan dengan mengatur tegangan keluaran converter menggunakan potensiometer atau trimpot hingga diperoleh tegangan 12,0 V DC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa (1) Boost Converter mampu menaikkan tegangan dari sekitar 7,4 V menjadi 12,0 V dengan perubahan sebesar sekitar 4,6 V, sedangkan Buck Converter menurunkan tegangan dari 24 V menjadi 12,0 V dengan perubahan sebesar 12,0 V atau menghasilkan keluaran sebesar 50% dari tegangan masukan; (2) kedua converter menghasilkan tegangan keluaran 12,0 V yang sesuai dengan tegangan kerja lampu LED 12 V/5 W, dengan karakteristik Boost sebagai step-up dan Buck sebagai step-down; dan (3) kedua konfigurasi dapat digunakan untuk menyuplai beban LED melalui proses penyesuaian tegangan sumber, tetapi tingkat efisiensi daya dan kestabilan sistem belum dapat ditentukan secara kuantitatif karena data arus, daya input, daya output, variasi duty cycle, dan perubahan tegangan selama pengoperasian belum tersedia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan jenis converter perlu disesuaikan dengan karakteristik tegangan sumber dan kebutuhan tegangan beban.

Kata kunci: Buck Converter, Boost Converter, DC-DC Converter, Lampu LED

PERFORMANCE ANALYSIS OF BUCK AND BOOST CONVERTERS FOR A 5-WATT LED LAMP

ABSTRACT

This study aims to analyze the characteristics and performance of Buck and Boost Converters in regulating voltage for a 12 V/5 W DC LED lamp load, as well as to evaluate the capability of the power conversion system to provide an output voltage appropriate to the load requirements. A quantitative approach with an experimental method was employed through direct testing of two DC-DC converter configurations using the same LED load. The Boost Converter was supplied by two 18650 batteries connected in series with a nominal voltage of approximately 7.4 V, whereas the Buck Converter was supplied by a Switching Mode Power Supply (SMPS) with an output voltage of 24 V DC. The testing process involved adjusting the converter output voltage using a potentiometer or trimpot until an output voltage of 12.0 V DC was obtained. The results indicate that (1) the Boost Converter increased the voltage from approximately 7.4 V to 12.0 V, corresponding to an increase of approximately 4.6 V, while the Buck Converter reduced the voltage from 24 V to 12.0 V, representing a reduction of 12.0 V and an output voltage equivalent to 50% of the input voltage; (2) both converters produced an output voltage of 12.0 V, corresponding to the operating voltage of the 12 V/5 W LED lamp, with the Boost Converter exhibiting step-up characteristics and the Buck Converter exhibiting step-down characteristics; and (3) both configurations were capable of supplying the LED load through voltage adjustment according to the source and load requirements, while power efficiency and system stability could not be quantitatively determined because measurements of input and output current, input and output power, duty-cycle variation, and output-voltage changes during operation were not available. The findings indicate that the selection of a converter should consider the voltage characteristics of the power source and the voltage requirements of the load.

Keywords: Buck Converter, Boost Converter, DC-DC Converter, LED Lamp

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Buck Converter dan Boost Converter pada Lampu (LED) 5 Watt”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada penulis di dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibunda Sri Wanti dan Ayahanda Harianto, yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan memberikan kasih sayang yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, masukan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., S.Pd., M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan masukan dan koreksi kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Dr. Rohana, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan masukan dan koreksi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberikan bantuan dalam berbagai proses administrasi selama penulis menjalani perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman di lingkungan sekitar rumah, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

10. Seluruh teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2022, yang telah memberikan kebersamaan, dukungan, bantuan dan semangat kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Laporan skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi penulis dan para pembaca khususnya bagi dunia Teknik Elektro serta kepada Allah SWT, kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Agustus 2026

Habib Hariwansyah

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Sistematika Penelitian	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Penelitian Terdahulu	11
2.2 DC-DC Converter	12
2.2.1 Prinsip Kontrol DC-DC	13
2.2.2 Buck-Converter	14
2.2.3 Boost Converter	17
2.2.4 Buck-Boost Converter	18
2.3 Konsep Dasar Lampu	21
2.3.1 Pengertian Lampu	22
2.3.2 Jenis-Jenis Lampu	24
2.3.3 Struktur Dasar LED	29
2.3.4 Jenis-Jenis Lampu LED	31
2.4 Komponen Penyusunan Rangkaian Lampu LED	37
2.4.1 <i>Driver</i> LED Arus Konstan	38
2.4.2 <i>Driver</i> LED Tegangan Konstan	39
2.5 Penyerahan Gelombang (<i>Rectifier</i>)	40
2.5.1 Penyearah Setengah Gelombang	40
2.5.2 Penyearah Gelombang Penuh	45
2.6 Filter	48
2.6.1 Filter Kapasitif	48
2.7 Sinyal PWM (Pulse width Modulation)	50
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	52
3.1 Diagram Alir Penelitian	52
3.2 Metode Penelitian	53
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	57
3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan	58
3.5 Prosedur Kerja Alat	59

3.5.1 Tahap Persiapan Alat dan Komponen.....	59
3.5.2 Tahap Inisialisasi dan Pengaturan Awal	60
3.5.3 Tahap Pengoperasian Alat	60
3.5.4 Tahap Analisis dan Perbandingan Kinerja.....	60
3.5.5 Tahap Evaluasi dan Dokumentasi.....	61
3.5.6 Rangkuman Prosedur Kerja Alat	61
3.6 Parameter Penelitian.....	62
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	64
4.1 Karakteristik Buck Converter dan Boost Converter	65
4.1.1 Parameter.....	65
4.1.2 Rangkaian Buck Converter	68
4.1.3 Rangkaian Boost Converter	71
4.1.4 Proses Perakitan Rangkaian.....	75
4.1.5 Pengaturan Tegangan Keluaran	78
4.2 Kinerja Buck Converter dan Boost Converter	83
4.2.1 Spesifikasi Buck Converter	83
4.2.2 Spesifikasi Boost Converter	85
4.2.3 Hasil Pengujian Buck Converter.....	88
4.2.4 Hasil Pengujian Boost Converter.....	89
4.2.5 Analisis Tegangan, Arus, dan Daya.....	90
4.2.6 Analisis Perubahan Beban	92
4.3 Efisiensi dan Kestabilan Sistem Konversi Daya	94
4.3.1 Perbandingan Karakteristik Buck Converter dan Boost Converter	94
4.3.2 Evaluasi Efisiensi dan Kinerja Sistem Konversi Daya	98
BAB 5 PENUTUP	103
5.1 Simpulan	103
5.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 DC-DC Converter.....	12
Gambar 2. 2 Rangkaian Buck Converter	15
Gambar 2. 3 Buck Converter saat kondisi switch ON	16
Gambar 2. 4 Buck Converter saat kondisi switch OFF	16
Gambar 2. 5 Rangkaian dasar boost converter	18
Gambar 2. 6 Rangkaian Buck Boost Converter	19
Gambar 2. 7 Spektrum Cahaya.....	23
Gambar 2. 8 Lampu Pertama Kali yang Dibuat Edison.....	23
Gambar 2. 9 Lampu Pijar atau Incandescent Lamp	25
Gambar 2. 10 Lampu Halogen Tungsten.....	25
Gambar 2. 11 Konstruksi Lampu TL.....	27
Gambar 2. 12 High Pressure Sodium Lamps.....	29
Gambar 2. 13 Struktur LED	30
Gambar 2. 14 Miniatur LED	31
Gambar 2. 15 Bi-color LED	33
Gambar 2. 16 Super Flux LED.....	34
Gambar 2. 17 High Power LED	35
Gambar 2. 18 Surface Mount Device LED.....	36
Gambar 2. 19 Chip on Board LED	37
Gambar 2. 20 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang.....	41
Gambar 2. 21 Sinyal Output Penyearah Setengah Gelombang.....	41
Gambar 2. 22 Penyearah Gelombang Penuh; Penyearah Gelombang Penuh.....	46
Gambar 2. 23 Penyearah Gelombang Penuh; Penyearah dengan Sistem Jembatan	46
Gambar 2. 24 Penyearah Gelombang Penuh Sistem Jembatan.....	47
Gambar 2. 25 Rangkaian Filter Kapasitif	49
Gambar 2. 26 Bentuk Gelombang Perataan dengan Kapasitor	49
Gambar 2. 27 Sinyal PWM	51
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian	 52
 Gambar 4. 1 Rangkain Buck Converter dengan beban lampu LED.....	 71
Gambar 4. 2 Rangkaian Boost Converter	75
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Tegangan Input dan Output Buck Converter dan Boost Converter	82
Gambar 4. 4 Modul Buck Converter berbasis LM2596S-ADJ Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2026.	85
Gambar 4. 5 Modul Boost Converter High-Power dengan Voltmeter Digital	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi LED.....	31
Tabel 3. 1 Daftar Alat Penelitian	58
Tabel 3. 2 Daftar Bahan/Komponen Penelitian	58
Tabel 3. 3 Parameter Penelitian.....	62
Tabel 4. 1 Parameter Pengujian Buck dan Boost Converter	65
Tabel 4. 2 Susunan Hubungan Komponen Rangkaian Buck Converter.....	69
Tabel 4. 3 Distribusi Tegangan pada Rangkaian Buck Converter	70
Tabel 4. 4 Susunan Hubungan Komponen Rangkaian Boost Converter	72
Tabel 4. 5 Distribusi Tegangan pada Rangkaian Boost Converter	74
Tabel 4. 6 Susunan Komponen pada Proses Perakitan	77
Tabel 4. 7 Pengaturan Tegangan Keluaran Buck dan Boost Converter	80
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Hasil Pengaturan Tegangan Keluaran	82
Tabel 4. 9 Spesifikasi Modul Buck Converter.....	83
Tabel 4. 10 Spesifikasi Modul Boost Converter	86
Tabel 4. 11 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter.....	89
Tabel 4. 12 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter.....	90
Tabel 4. 13 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter.....	91
Tabel 4. 14 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter.....	93
Tabel 4. 15 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter.....	94
Tabel 4. 16 Perbandingan Karakteristik Buck dan Boost Converter.....	96
Tabel 4. 17 Evaluasi Kinerja Sistem	98

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi pencahayaan berbasis LED telah menjadi salah satu inovasi penting dalam meningkatkan efisiensi energi di berbagai sektor, termasuk rumah tangga, komersial, dan industri (Satapathy et al., 2018). Lampu LED memiliki karakteristik yang sensitif terhadap perubahan tegangan, sehingga kestabilan catu daya menjadi faktor penting untuk menjaga konsistensi intensitas cahaya dan umur pakai komponen. Ketidakstabilan tegangan pada beban LED dapat menyebabkan fluktuasi intensitas cahaya, panas berlebih, dan penurunan efisiensi energi (Alonso et al., 2010). Penggunaan konverter DC-DC menjadi solusi yang tepat untuk menstabilkan tegangan dan arus pada beban LED. Buck-boost converter merupakan salah satu jenis konverter yang memiliki kemampuan menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai kebutuhan beban. Fleksibilitas ini membuat buck-boost converter relevan untuk aplikasi yang membutuhkan kestabilan tinggi. Kinerja buck-boost converter dalam menjaga kestabilan arus dan tegangan pada sistem pencahayaan LED (Kasthala et al., 2025).

Satyakar Veeramallu (2019) menegaskan bahwa efisiensi konversi energi dan kestabilan tegangan merupakan aspek krusial pada sistem pencahayaan berbasis LED. Dalam konteks penelitian ini, buck-boost converter berperan menjaga arus keluaran tetap konstan pada beban DC sehingga fluktuasi intensitas cahaya LED dapat ditekan. Kesesuaian topologi dan karakteristik rangkaian konverter terhadap beban tetap seperti lampu LED menjadi pertimbangan penting dalam analisis kinerja sistem (Cabral et al., 2014). Kemampuan buck-boost converter beradaptasi terhadap variasi tegangan

masuk dari sumber DC, seperti baterai atau panel surya, turut menentukan stabilitas dan performa LED secara keseluruhan (Abdelmessih et al., 2020). Pallapati & Chinthamalla (2024) menunjukkan bahwa penerapan pengendalian adaptif Fuzzy-PI mampu meningkatkan kestabilan tegangan keluaran secara signifikan. Prinsip kontrol adaptif tersebut menjadi dasar dalam analisis perbandingan kinerja buck-boost converter pada aplikasi lampu LED. Evaluasi kinerja dilakukan melalui pengukuran arus, tegangan, dan tingkat intensitas cahaya pada berbagai kondisi operasional untuk memperoleh gambaran performa yang komprehensif.

Fluktuasi tegangan input dapat menurunkan efisiensi pencahayaan dan memperpendek umur pakai LED (Junaid et al., 2023). Buck-boost converter memiliki kemampuan menyesuaikan tegangan output agar sesuai dengan kebutuhan beban, sehingga pencahayaan dapat beroperasi secara optimal. Sistem ini menjadi sangat relevan ketika LED dihubungkan ke sumber daya terbarukan dengan kondisi input tidak selalu konstan (Yadlapalli & Kotapati, 2017). Pendekatan kontrol adaptif yang diterapkan pada penelitian sebelumnya memberikan arahan untuk pengaturan arus dan tegangan yang lebih stabil. Analisis eksperimental dilakukan untuk menilai kemampuan konverter mempertahankan arus dan tegangan pada variasi input (Brand et al., 2023). Dengan mengukur performa buck-boost converter melalui parameter arus, tegangan, dan kualitas cahaya LED. Data ini diharapkan memberikan indikasi hubungan antara karakteristik konverter dan efisiensi sistem pencahayaan.

Efisiensi daya menjadi faktor utama dalam pengembangan sistem pencahayaan LED modern (T. B. G. Azmi et al., 2024). *Buck-boost converter* mampu menjaga efisiensi tinggi meskipun terjadi variasi tegangan input, berbeda dengan beberapa

konverter lain yang memerlukan penyesuaian rangkaian kompleks. Buck-boost converter memiliki keunggulan dalam fleksibilitas pengaturan tegangan dan kemudahan implementasi, sehingga efisiensi konversi energi yang tinggi dapat mendukung penghematan daya serta memperpanjang umur pakai lampu LED. Azmi (2017) mengkaji kinerja buck-boost converter dengan menekankan aspek efisiensi dan kestabilan tegangan melalui pengukuran arus beban, tegangan keluaran, dan konsumsi daya. Hasil analisis pengujian tersebut menjadi dasar ilmiah dalam menentukan performa dan konfigurasi buck-boost converter yang optimal untuk aplikasi lampu LED.

Kualitas cahaya LED sangat bergantung pada kestabilan arus dan tegangan yang diterimanya (Saputra, Firmansyah, & Wicaksono, 2025). Fluktuasi arus dapat menyebabkan variasi intensitas cahaya sehingga perlu pengendalian yang responsif. Teknik kontrol Fuzzy-PI memungkinkan osilasi tegangan diminimalkan sehingga output cahaya lebih konsisten. Buck-boost converter yang dipadukan dengan kontrol adaptif menjadi fokus penelitian ini untuk menilai performa sistem. Pengukuran dilakukan terhadap variabel arus, tegangan, dan intensitas cahaya pada beban LED. Analisis Reza Maulidin (2022) memberikan gambaran tentang efektivitas konverter dalam menjaga kestabilan pencahayaan. Penilaian performa konverter menjadi acuan untuk pengembangan sistem LED yang hemat energi dan berkualitas.

Saputra (2025) mengenai bidirectional buck-boost converter menekankan pentingnya pengendalian daya pada beban LED untuk menjaga stabilitas output. Simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM memungkinkan analisis bentuk gelombang dan efisiensi konversi energi. Pendekatan simulasi ini diterapkan pada

penelitian untuk menilai output tegangan dan arus pada berbagai kondisi beban LED. Analisis numerik dan grafik simulasi memberikan evaluasi kuantitatif terhadap kinerja konverter. Hubungan antara rancangan konverter dan performa pencahayaan menjadi fokus utama (R. Hakim et al., 2024). Implementasi hasil simulasi mendukung pengembangan sistem pencahayaan hemat energi berbasis DC-DC converter. Evaluasi stabilitas tegangan dan efisiensi energi menjadi indikator keberhasilan penelitian.

Kestabilan tegangan sangat penting saat LED dioperasikan pada beban dinamis (M. L. Hakim et al., 2017). Buck-boost converter mampu menyesuaikan tegangan secara otomatis sehingga pencahayaan tetap stabil. Penelitian Cahyadi (2017) melakukan pengukuran arus dan tegangan pada kondisi beban yang berubah-ubah. Analisis data eksperimental bertujuan menilai kemampuan konverter menjaga arus LED tetap konstan. Pendekatan ini memberikan pemahaman tentang hubungan antara kestabilan tegangan dan efisiensi pencahayaan. Evaluasi performa mencakup pengukuran kualitas cahaya, arus, dan tegangan output. Data ini menjadi dasar pengembangan strategi kontrol lebih lanjut untuk sistem LED.

Efektivitas buck-boost converter dalam aplikasi LED dipengaruhi oleh kemampuan integrasi dengan sistem kontrol dan filter output (Pulungan et al., 2018). Filter kapasitif membantu meratakan tegangan output sehingga riak tegangan dapat diminimalkan. Kombinasi kontrol adaptif dan filter meningkatkan efisiensi sistem dan stabilitas cahaya LED. Pengujian dilakukan dengan berbagai nilai tegangan input dan beban LED. Hasil pengujian Wiryajati & Satiawan (2024) menunjukkan peningkatan kualitas cahaya dan efisiensi konversi energi. Evaluasi kinerja ini menilai interaksi

antara konverter, kontrol, dan filter. Pendekatan ini memastikan LED menerima arus stabil dengan intensitas cahaya konsisten.

Buck-boost converter juga menawarkan fleksibilitas untuk berbagai tipe LED, termasuk high power dan SMD LED (Ilham et al., 2024). Karakteristik konverter memungkinkan penyesuaian output sesuai kebutuhan beban sehingga intensitas cahaya dapat dikontrol secara presisi. Sistem ini mendukung operasi pada sumber daya DC yang fluktuatif. Putri (2025) menilai kinerja konverter pada variasi LED dan kondisi input berbeda. Analisis dilakukan terhadap kestabilan arus, tegangan, dan efisiensi energi. Data empiris digunakan untuk menilai keandalan sistem pencahayaan. Temuan Wiwaha (2024) menjadi dasar rekomendasi penggunaan konverter pada aplikasi lampu LED optimal.

Pengujian konverter dilakukan melalui simulasi dan eksperimen langsung pada prototipe (Wiryajati & Satiawan, 2024). Simulasi memberikan prediksi performa konverter sebelum pengujian fisik, sedangkan eksperimen memastikan validitas data. Analisis kinerja dilakukan dengan mengukur tegangan output, arus beban, dan efisiensi konversi energi. Perbandingan antara hasil simulasi dan pengujian fisik menjadi dasar evaluasi converter (Saragi et al., 2025). Data ini digunakan untuk menilai kesesuaian buck-boost converter sebagai solusi pencahayaan hemat energi. Hasil penelitian ini memberikan gambaran hubungan antara desain konverter dan performa LED. Pendekatan gabungan antara simulasi dan eksperimen meningkatkan reliabilitas penelitian.

Penelitian ini yang berjudul **Analisis kinerja buck converter dan boost converter pada lampu (LED) 5 watt** diharapkan memberikan kontribusi dalam

pengembangan sistem pencahayaan LED yang hemat energi dan berkualitas. Hasil penelitian dapat menjadi referensi dalam perancangan konverter DC-DC untuk berbagai aplikasi. Analisis perbandingan kinerja buck-boost converter memberikan dasar ilmiah untuk pengambilan keputusan dalam pemilihan konverter. Evaluasi stabilitas tegangan, arus, dan efisiensi energi menjadi indikator keberhasilan penelitian. Temuan ini juga membuka peluang pengembangan kontrol adaptif dan integrasi dengan sumber energi terbarukan. Penelitian memberikan pemahaman tentang hubungan antara desain konverter, kualitas cahaya, dan efisiensi energi. Implementasi hasil studi ini dapat digunakan sebagai acuan praktis dalam sistem pencahayaan LED modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik buck-boost converter dalam mengatur tegangan serta arus pada beban lampu LED?
2. Bagaimana kinerja buck-boost converter terhadap efisiensi daya dan kestabilan tegangan *output*?
3. Bagaimana tingkat efisiensi dan kestabilan sistem konversi daya *buck-boost converter* dalam menghasilkan penerangan LED yang optimal dan hemat energi?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Analisis Efisiensi Buck-Boost Converter, penelitian ini difokuskan pada pengukuran efisiensi konversi daya Buck-Boost Converter saat digunakan untuk

menyalakan lampu LED. Perbandingan antara daya masukan dan keluaran dilakukan untuk menilai sejauh mana converter mampu mengubah energi listrik dengan kehilangan daya minimal sesuai karakteristik desainnya.

2. Karakteristik Tegangan Keluaran, bagian ini menganalisis kestabilan tegangan keluaran converter saat beban LED mengalami variasi untuk mengetahui tingkat fluktuasi yang terjadi. Tujuannya adalah memastikan tegangan tetap berada dalam batas aman agar kinerja dan umur pakai lampu LED tidak terganggu.
3. Respons Intensitas Cahaya LED, pengamatan dilakukan terhadap perubahan intensitas cahaya lampu LED yang dioperasikan menggunakan Buck-Boost Converter dengan bantuan alat ukur lux meter. Hasil pengukuran digunakan untuk menilai hubungan antara variasi tegangan input dengan kualitas pencahayaan yang dihasilkan, sehingga efektivitas sistem dapat dievaluasi secara menyeluruh.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang disusun untuk menjawab rumusan masalah dan mendukung pencapaian hasil yang bersifat aplikatif maupun teoritis, antara lain sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik buck-boost converter dalam mengatur tegangan serta arus pada beban lampu LED.
2. Menganalisis kinerja buck-boost converter terhadap efisiensi daya dan kestabilan tegangan *output*.
3. Menganalisis tingkat efisiensi dan kestabilan sistem konversi daya buck-boost converter dalam menghasilkan penerangan LED yang optimal dan hemat energi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang ingin di capai penulis dalam pembuatan skripsi/tugas akhir ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperluas wawasan dan literatur mengenai karakteristik kinerja Buck-Boost Converter pada aplikasi pencahayaan LED, termasuk efisiensi energi, kestabilan tegangan, dan respons arus terhadap variasi beban. Hasil penelitian memberikan dasar ilmiah untuk memahami hubungan antara konfigurasi konverter, duty cycle PWM, dan performa lampu LED, sehingga dapat dijadikan referensi dalam penelitian lanjutan di bidang elektronika daya dan sistem pencahayaan.

2. Manfaat Akademisi

Penelitian ini memberikan kontribusi bagi pengembangan pendidikan teknik elektro, khususnya pada mata kuliah elektronika daya, instrumentasi, dan desain rangkaian LED. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan peneliti dapat menggunakan hasil penelitian sebagai studi kasus atau acuan praktikum untuk memahami implementasi Buck-Boost Converter dalam pengendalian pencahayaan LED secara efektif dan efisien.

3. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi panduan bagi perancang sistem pencahayaan LED yang hemat energi, memiliki intensitas cahaya stabil, dan umur pakai lebih panjang. Hasil penelitian juga dapat diterapkan pada

instalasi rumah tangga, komersial, maupun industri untuk meningkatkan efisiensi energi, stabilitas operasional, dan kualitas pencahayaan LED secara keseluruhan.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan penelitian ini disusun untuk memberikan alur yang sistematis dan memudahkan pembaca dalam memahami isi penelitian. Penelitian ini dibagi menjadi lima bab, masing-masing memiliki fokus dan pembahasan yang berbeda namun saling terkait.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I pendahuluan ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan, dan manfaat penelitian, yang memberikan dasar serta arah penelitian secara keseluruhan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II Tinjauan Pustaka membahas teori dasar buck-boost converter, prinsip kerja pengaturan tegangan dan arus, hubungan duty cycle terhadap performa konverter, serta karakteristik operasional lampu LED sebagai beban. Bab ini juga mengkaji penelitian terdahulu yang relevan terkait efisiensi daya dan kestabilan tegangan pada sistem konversi DC–DC, sehingga memberikan landasan konseptual dalam menganalisis kinerja buck-boost converter pada aplikasi pencahayaan LED..

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III Metodologi Penelitian ini menjelaskan jenis penelitian, desain penelitian, spesifikasi alat dan bahan, prosedur pengujian, serta metode pengolahan data yang digunakan untuk memperoleh hasil yang valid dan dapat diandalkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV Hasil dan Pembahasan ini menyajikan data hasil pengujian, analisis kinerja buck-boost converter pada lampu LED, perbandingan dengan referensi teori maupun penelitian sebelumnya, serta interpretasi hasil berdasarkan tujuan penelitian.

BAB V PENUTUP

Pada bab V penutup ini berisi kesimpulan dan saran memuat kesimpulan utama dari penelitian serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya atau penerapan praktis dalam pengembangan sistem pencahayaan LED berbasis konverter DC-DC.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

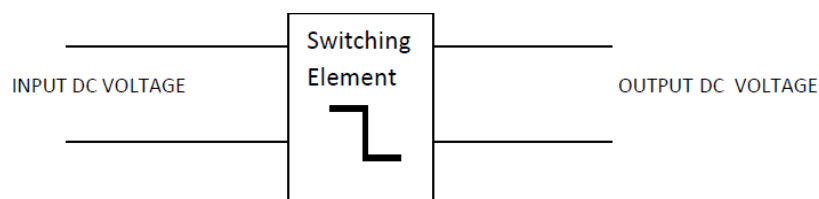
Penelitian terdahulu mengenai konverter buck-boost memberikan dasar teoretis yang kuat untuk menganalisis kinerja konverter pada sistem pencahayaan LED. Satapathy (2018) menunjukkan bahwa buck-boost converter mampu menaikkan maupun menurunkan tegangan dengan fleksibilitas tinggi, menjadikannya sesuai untuk beban yang memerlukan kestabilan tegangan seperti LED, sedangkan converter memiliki efisiensi tinggi tetapi rangkaianannya lebih kompleks untuk aplikasi beban tetap. Studi Kasthala (2025) menekankan bahwa penerapan kontrol Fuzzy-PI pada konverter DC-DC dapat meningkatkan stabilitas tegangan output, yang berdampak langsung terhadap konsistensi intensitas cahaya dan umur pakai LED, sehingga pengendalian adaptif menjadi penting untuk performa sistem.

Implementasi buck-boost converter pada sistem *hybrid* turbin angin dan panel surya juga menyoroti pentingnya stabilitas output menghadapi fluktuasi sumber daya (Alonso et al., 2010), prinsip yang relevan pada pencahayaan LED dengan sumber tegangan DC tidak konstan. Perbandingan efisiensi antara buck-boost dan converter menunjukkan keunggulan buck-boost dalam fleksibilitas dan kemudahan pengaturan tegangan, yang esensial untuk menjaga kestabilan arus LED sekaligus efisiensi daya (Azmi, 2024). Kajian Satyakar Veeramallu (2019) menambahkan bahwa simulasi bidirectional buck-boost menggunakan PSIM dapat memvalidasi performa konverter melalui analisis bentuk gelombang dan efisiensi, sehingga metode simulasi serupa dapat

digunakan untuk mengevaluasi kualitas konversi energi dan kestabilan output pada penelitian ini.

2.2 DC-DC Converter

Konverter DC-DC adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi mengubah tegangan searah (DC) pada sisi masukan menjadi tegangan DC dengan nilai berbeda pada sisi keluaran, baik lebih tinggi maupun lebih rendah dari sumbernya (Cabral et al., 2014). Proses konversi ini dilakukan melalui pengaturan pensaklaran arus menggunakan komponen semikonduktor seperti transistor atau MOSFET untuk memperoleh tegangan sesuai kebutuhan beban tanpa mengubah polaritas (T. B. G. Azmi et al., 2024). Sistem ini memiliki efisiensi tinggi dibandingkan konversi linier karena mampu meminimalkan kehilangan daya dan mempertahankan kestabilan keluaran. Jenis *switched-mode* DC-DC converter bekerja dengan teknik switching berfrekuensi tinggi, di mana energi disimpan sementara pada induktor dan kapasitor sebelum dialirkan ke beban secara efisien (Brand et al., 2023). Dengan desain yang ringkas, efisien, dan mudah dikontrol, konverter DC-DC menjadi elemen penting dalam berbagai aplikasi elektronika modern seperti kendaraan listrik, tenaga surya, dan perangkat komunikasi (Brand et al., 2023).



Gambar 2. 1 DC-DC Converter

Switching power supply merupakan sistem konversi daya yang bekerja dengan tiga topologi utama, yaitu buck converter, boost converter, dan buck-boost converter, yang masing-masing berfungsi menurunkan, menaikkan, atau menyesuaikan tegangan

sesuai kebutuhan beban (Pallapati & Chinthamalla, 2024). Ketiga topologi ini termasuk dalam kategori *non-isolated* DC-DC converter, di mana sisi *input* dan *output* memiliki titik *grounding* yang sama untuk mendukung efisiensi dan kesederhanaan rangkaian. Struktur *non-isolated* ini banyak digunakan pada perangkat seperti pencahayaan LED, pengisi daya baterai, dan pengendali motor karena menawarkan efisiensi tinggi serta desain yang ringkas. Pengaturan tegangan pada sistem ini dilakukan melalui metode *Pulse Width Modulation* (PWM) dan *Pulse Frequency Modulation* (PFM), yang berfungsi menjaga kestabilan tegangan dan efisiensi konversi daya (Yadlapalli & Kotapati, 2017). Dengan penerapan teknik *switching* dan modulasi yang tepat, *switching power supply* mampu memberikan kinerja optimal, stabilitas tinggi, serta konsumsi daya yang efisien pada berbagai aplikasi elektronika modern.

2.2.1 Prinsip Kontrol DC-DC

Konverter DC-DC dirancang untuk mempertahankan tegangan keluaran yang stabil meskipun terjadi perubahan pada kondisi beban atau fluktuasi tegangan input (Pasaribu et al., 2023). Stabilitas ini sangat penting karena sistem konversi daya sering beroperasi di lingkungan dengan karakteristik sumber dan beban yang tidak konstan (Kasthala et al., 2025). Nilai komponen utama seperti induktor, kapasitor, dan transistor juga dapat mengalami perubahan akibat faktor suhu, tekanan, atau usia penggunaan, yang berpotensi menyebabkan deviasi pada tegangan keluaran. Oleh karena itu, dibutuhkan mekanisme pengendalian yang mampu menyesuaikan keluaran secara otomatis terhadap variasi tersebut. Melalui pengaturan yang adaptif, konverter dapat menjaga kinerja optimal sekaligus memastikan efisiensi dan keandalan sistem dalam berbagai kondisi operasi (Satapathy et al., 2018).

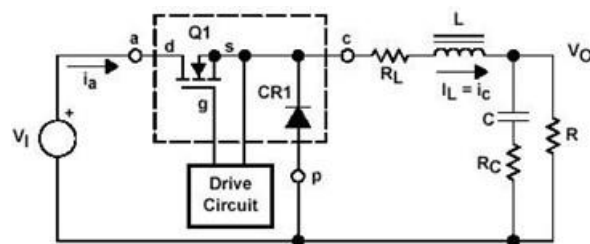
Upaya menjaga kestabilan tegangan keluaran dilakukan dengan menerapkan sistem pengendalian tertutup berbasis umpan balik negatif. Prinsip ini bekerja dengan membandingkan tegangan keluaran aktual terhadap nilai referensi, kemudian menghasilkan sinyal koreksi untuk mengatur kerja komponen *switching* agar tegangan kembali stabil. Pendekatan ini terbukti efektif dalam meminimalkan penyimpangan tegangan akibat perubahan beban atau gangguan eksternal. Menurut Satyakar Veeramallu (2019), terdapat dua metode utama pada kontrol loop tertutup konverter DC-DC berbasis PWM, yaitu *voltage mode control* dan *current mode control*, yang masing-masing memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri. Pemahaman mendalam terhadap kedua metode ini menjadi dasar penting dalam merancang sistem konverter yang responsif, efisien, dan mampu beradaptasi terhadap dinamika beban secara *real-time*.

2.2.2 Buck-Converter

Dalam perancangan topologi konverter DC-DC, *switching* biasanya dimodelkan sebagai saklar ideal untuk mempermudah proses analisis dan simulasi rangkaian. Pada penerapan praktis, elemen ini direalisasikan menggunakan transistor daya seperti MOSFET tipe *P-channel* atau *N-channel*, yang dipilih berdasarkan kebutuhan arsitektur dan karakteristik sistem yang dirancang (Abdelmessih et al., 2020). Pemilihan jenis transistor dipengaruhi oleh faktor tegangan kerja, kapasitas arus maksimum, dan efisiensi pensaklaran yang diharapkan dari sistem. Dalam beberapa desain, elemen *switching* dilengkapi dengan rangkaian *driver* guna meningkatkan kecepatan dan akurasi proses pensaklaran. Kinerja pensaklaran yang efisien berperan signifikan dalam menjaga kestabilan tegangan keluaran serta meminimalkan kehilangan daya, sehingga

pemilihan komponen semikonduktor yang sesuai menjadi aspek penting dalam mendukung efisiensi dan keandalan konverter daya modern (Alonso et al., 2010).

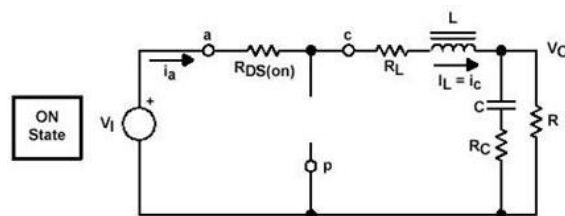
Salah satu topologi konverter yang banyak digunakan adalah buck converter, yang berfungsi menurunkan tegangan input menjadi tegangan *output* yang lebih rendah dengan kestabilan tinggi. Rangkaian ini umum diterapkan pada perangkat elektronika yang membutuhkan suplai daya DC konstan, seperti sistem mikrokontroler, pencahayaan LED, dan perangkat portabel. Struktur buck converter terdiri atas komponen utama berupa induktor, kapasitor, dioda, serta saklar aktif yang dikendalikan menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) (Cabral et al., 2014). Prinsip kerjanya didasarkan pada pengaturan waktu buka-tutup saklar untuk mengatur jumlah energi yang ditransfer ke beban, di mana rasio siklus kerja PWM menentukan nilai rata-rata tegangan keluaran (Junaid et al., 2023). Dengan efisiensi tinggi dan rancangan yang relatif sederhana, buck converter menjadi pilihan utama dalam sistem konversi daya berukuran kecil hingga menengah yang memerlukan kestabilan dan kinerja optimal..



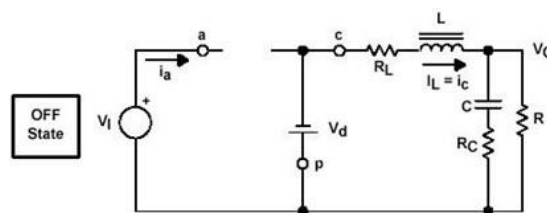
Gambar 2. 2 Rangkaian Buck Converter

Buck converter merupakan salah satu topologi dasar pada sistem *switching power supply* yang berfungsi menurunkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran lebih rendah dengan efisiensi konversi tinggi (Ananda, 2019). Struktur rangkaian ini terdiri atas dua bagian utama, yaitu power stage yang berperan dalam

proses konversi energi melalui komponen seperti saklar elektronik, dioda, induktor, dan kapasitor, serta control stage yang mengatur siklus kerja saklar agar tegangan keluaran tetap stabil terhadap perubahan beban maupun variasi input. Operasi buck converter dapat berlangsung dalam dua mode, yakni *Continuous Conduction Mode* (CCM) dan *Discontinuous Conduction Mode* (DCM), yang masing-masing menunjukkan karakteristik aliran arus pada induktor selama satu siklus kerja. Mode CCM mencerminkan aliran arus yang kontinu dan stabil, sedangkan DCM menandakan adanya jeda tanpa transfer energi ketika arus induktor mencapai nol. Pemilihan mode operasi ditentukan oleh nilai induktansi dan kondisi sistem, karena parameter tersebut berpengaruh langsung terhadap efisiensi konversi daya, respon dinamis, serta kestabilan tegangan keluaran (M. L. Hakim et al., 2017)



Gambar 2. 3 Buck Converter saat kondisi switch ON



Gambar 2. 4 Buck Converter saat kondisi switch OFF

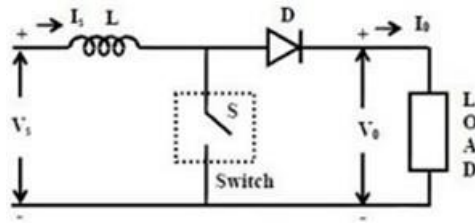
Prinsip kerja buck converter didasarkan pada dua kondisi operasi utama, yaitu *state on* dan *state off*, yang berlangsung secara bergantian dalam satu siklus pensaklaran

(Setyawan & Suprianto, 2019). Pada kondisi *state on*, saklar aktif dan arus dari sumber mengalir melalui induktor menuju beban, sehingga energi tersimpan dalam bentuk medan magnet dan tegangan keluaran meningkat mendekati nilai masukan. Ketika memasuki *state off*, saklar tidak aktif dan induktor melepaskan energi yang tersimpan melalui dioda menuju beban, menjaga aliran arus tetap berlanjut meskipun sumber terputus sementara. Energi yang tersimpan pada kapasitor akan berkurang secara bertahap untuk mempertahankan kestabilan tegangan keluaran (Rosani, 2019). Melalui siklus pengisian dan pelepasan energi pada induktor serta kapasitor, buck converter mampu menghasilkan tegangan DC yang lebih rendah dan stabil dengan efisiensi konversi yang tinggi.

2.2.3 Boost Converter

Boost converter merupakan jenis konverter DC-DC yang berfungsi meningkatkan tegangan keluaran menjadi lebih tinggi daripada tegangan masukan dengan efisiensi konversi yang optimal (Darwiyani et al., 2017). Rangkaian ini banyak diaplikasikan pada sistem elektronika yang membutuhkan suplai daya melebihi tegangan sumber, seperti perangkat portabel, sistem tenaga surya, dan aplikasi otomotif. Prinsip kerjanya didasarkan pada konsep *Switched Mode Power Supply* (SMPS), di mana proses konversi energi dilakukan melalui pensaklaran cepat antara kondisi *on* dan *off* menggunakan komponen semikonduktor seperti MOSFET dan dioda, serta elemen penyimpan energi berupa induktor dan kapasitor. Saat saklar aktif, energi disimpan dalam induktor, dan ketika saklar tidak aktif, energi dilepaskan menuju kapasitor serta beban sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi (Okta, 2021). Dengan rancangan filter yang tepat serta pengendalian Pulse Width Modulation (PWM)

yang presisi, boost converter mampu menjaga kestabilan tegangan sekaligus mencapai efisiensi daya tinggi untuk mendukung kinerja sistem elektronika modern.



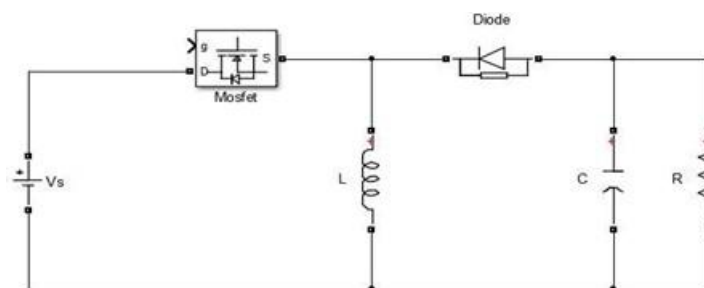
Gambar 2. 5 Rangkaian dasar boost converter

Kinerja boost converter ditentukan oleh besar kecilnya *duty cycle* atau siklus kerja dari sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang digunakan untuk mengatur proses pensaklaran. Hubungan antara tegangan keluaran dan *duty cycle* bersifat tidak linear, di mana peningkatan nilai *duty cycle* akan menghasilkan tegangan keluaran yang semakin tinggi (Wiwaha et al., 2024). Nilai *duty cycle* berada pada rentang 0 hingga 1, yang merepresentasikan perbandingan antara waktu saklar berada dalam kondisi *on* terhadap total periode sinyal PWM. Semakin lama saklar berada dalam keadaan *on*, semakin besar energi yang tersimpan dalam induktor sebelum dilepaskan menuju beban, sehingga tegangan keluaran dapat melampaui tegangan masukan. Karakteristik ini menjadikan boost converter dikenal sebagai *step-up* converter, yakni konverter yang mampu menaikkan tegangan DC masukan menjadi nilai yang lebih besar melalui mekanisme pengaturan waktu pensaklaran yang presisi dan efisien secara energi.

2.2.4 Buck-Boost Converter

Buck-boost converter merupakan jenis regulator daya berbasis pensaklaran (*switching regulator*) yang mampu menghasilkan tegangan keluaran lebih tinggi maupun lebih rendah dari tegangan masukan sesuai kebutuhan system (Almanda &

Chamdareno, 2019). Prinsip kerjanya merupakan kombinasi dari dua topologi utama, yaitu buck converter untuk menurunkan tegangan dan boost converter untuk menaikkan tegangan, sehingga memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengaturan daya. Pengendalian proses konversi dilakukan melalui sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang mengatur durasi pensaklaran guna menentukan jumlah energi yang disimpan dan dilepaskan oleh inductor (Putri, 2025). Saat saklar aktif, energi disimpan dalam induktor, sedangkan ketika saklar tidak aktif, energi dilepaskan melalui dioda dan kapasitor menuju beban untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran. Dengan karakteristik yang adaptif dan efisien, buck-boost converter banyak diterapkan pada sistem tenaga surya, perangkat portabel, serta rangkaian pengendali daya seperti sistem pencahayaan LED.



Gambar 2. 6 Rangkaian Buck Boost Converter

Prinsip kerja buck-boost converter didasarkan pada dua kondisi utama, yaitu saat *switch on* dan *switch off* yang terjadi secara bergantian dalam setiap siklus kerja. Ketika saklar berada pada posisi *on*, arus dari sumber mengalir melalui induktor dan disimpan dalam bentuk energi magnetik, sementara dioda berada dalam kondisi *reverse bias* sehingga arus tidak mengalir ke beban (Ahmed, 2023). Saat saklar beralih ke posisi *off*, dioda berubah menjadi *forward bias* dan memungkinkan energi yang tersimpan dalam induktor dilepaskan menuju kapasitor dan beban secara bersamaan. Proses penyimpanan

dan pelepasan energi ini terjadi secara berulang sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan masukan. Pengaturan waktu pensaklaran menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan serta efisiensi konversi daya (Sutrisno & Gozali, 2022).

Pengoperasian buck-boost converter dapat dilakukan pada dua mode utama, yaitu *Continuous Conduction Mode* (CCM) dan *Discontinuous Conduction Mode* (DCM). Pada mode CCM, arus induktor mengalir terus-menerus selama satu siklus pensaklaran, bahkan saat saklar dalam kondisi off, sehingga energi dalam induktor tidak sepenuhnya habis dan menghasilkan tegangan keluaran yang stabil. Tegangan keluaran pada mode ini dapat dikontrol melalui pengaturan *duty cycle* dalam rentang 0 hingga 0,65, yang menentukan rasio waktu antara kondisi on dan off saklar (Ilman & Putra, 2024). Mode ini lebih fleksibel karena tidak terlalu bergantung pada nilai induktor dan kapasitor. Sementara itu, pada mode DCM, arus induktor mencapai nol setiap siklus pensaklaran sehingga terdapat periode tanpa transfer energi, menjadikan tegangan keluaran lebih sensitif terhadap parameter komponen dan variasi beban.

Dalam setiap komponen yang digunakan pada buck boost converter maka diperlukan perhitungan dan parameter yang ditetapkan agar sistem berjalan dengan baik. Pada penelitian ini buck boost converter bekerja pada *Continous Current Mode* (CCM), maka didapat nilai L_{min} dan C berikut:

$$L_{min} = \frac{(1-D)^2}{2.f_s} \times R \quad (1)$$

$$C = \frac{V_o \times D}{R \times \Delta V \times f_s} \quad (2)$$

Dan untuk menentukan nilai efisiensi buck boost converter berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{V_{out} \cdot I_{out}}{V_{in} \cdot I_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

Perancangan buck-boost converter dimulai dengan menentukan parameter dasar berupa tegangan masukan dan arus yang akan dialirkan ke sistem konverter. Kedua parameter ini menjadi dasar dalam menetapkan nilai duty cycle yang berfungsi mengatur lamanya waktu kerja saklar pada mode buck maupun boost untuk mencapai tegangan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan beban (Safii et al., 2019). Proses perancangan diarahkan untuk memperoleh kestabilan tegangan sekaligus meningkatkan efisiensi konversi daya agar sistem bekerja secara optimal. Komponen utama seperti induktor berperan sebagai penyimpan energi dan penyaring arus guna mengurangi *current ripple* yang dapat memengaruhi kestabilan keluaran, sedangkan kapasitor berfungsi sebagai filter tegangan untuk menekan *voltage ripple* pada sisi keluaran (Eguchi et al., 2020). Sinergi antara induktor, kapasitor, dan dioda sebagai elemen pensaklaran pasif menghasilkan performa konversi daya yang efisien dengan tingkat kestabilan yang tinggi pada sistem buck-boost converter.

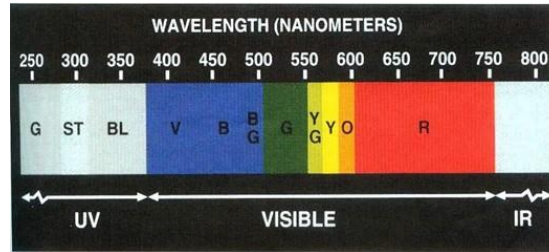
2.3 Konsep Dasar Lampu

Prinsip dasar kerja lampu berhubungan dengan pemanfaatan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari proses transfer energi, baik secara fisik maupun kimiawi, saat lampu beroperasi (Azhari, 2021). Proses tersebut menghasilkan pancaran energi berupa cahaya tampak dengan panjang gelombang antara 380 hingga 780 nanometer, yang membentuk spektrum warna yang dapat dilihat oleh mata manusia. Setiap panjang gelombang dalam rentang ini menghasilkan persepsi warna berbeda,

mulai dari ungu pada panjang gelombang terpendek hingga merah pada panjang gelombang terpanjang. Cahaya tampak muncul akibat perpindahan energi elektron pada material penyusun sumber cahaya seperti filamen, gas, atau bahan semikonduktor yang digunakan (Alonso et al., 2011). Karakteristik cahaya yang dihasilkan sangat bergantung pada komposisi material serta mekanisme fisis yang terjadi, sehingga pemahaman tentang spektrum dan energi foton menjadi dasar penting dalam pengembangan teknologi pencahayaan modern seperti lampu LED yang efisien dan adaptif terhadap kebutuhan visual manusia.

2.3.1 Pengertian Lampu

Lampu merupakan perangkat penerangan buatan yang bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi cahaya melalui proses pemanasan filamen hingga mencapai titik pijar (Febriandhi, 2024). Saat arus listrik mengalir, filamen tungsten memanaskan dan memancarkan cahaya tampak yang kemudian diproteksi oleh lapisan kaca untuk mencegah oksidasi serta menjaga stabilitas kerja lampu. Lapisan kaca tersebut juga berfungsi mempertahankan tekanan internal dan meningkatkan efisiensi pancaran cahaya yang dihasilkan. Perkembangan teknologi penerangan telah mendorong transisi dari sistem berbasis filamen menuju teknologi yang lebih efisien seperti *Light Emitting Diode* (LED) dan *Compact Fluorescent Lamp* (CFL) (Sitepu, 2024). Inovasi ini menghasilkan peningkatan efisiensi energi, perpanjangan umur operasional, serta pengurangan dampak lingkungan, menjadikan lampu modern sebagai komponen vital dalam menunjang aktivitas manusia di berbagai kondisi pencahayaan.



Gambar 2. 7 Spektrum Cahaya

Penemuan lampu pijar oleh Thomas Alva Edison pada tahun 1878 menjadi titik awal penting dalam evolusi teknologi penerangan modern (Sholihah et al., 2021). Konsep dasarnya berfokus pada pemanfaatan filamen logam platinum yang dialiri arus listrik untuk menghasilkan cahaya buatan. Pemilihan platinum didasarkan pada karakteristiknya yang tahan terhadap oksidasi serta memiliki titik lebur tinggi, memungkinkan logam tersebut menahan suhu ekstrem saat beroperasi. Meskipun demikian, pada tahap awal percobaan, filamen mengalami kegagalan karena mudah terbakar akibat kontak langsung dengan udara yang memicu proses oksidasi cepat (Wiryajati et al., 2024). Tantangan tersebut mendorong pengembangan lebih lanjut dalam upaya meningkatkan stabilitas termal dan ketahanan material filamen, yang kemudian menjadi landasan penting bagi kemajuan teknologi lampu pijar pada era berikutnya.



Gambar 2. 8 Lampu Pertama Kali yang Dibuat Edison

Melalui berbagai percobaan lanjutan, Edison menemukan bahwa pemanasan filamen logam menyebabkan pelepasan gas dari dalam material yang dapat menurunkan efisiensi serta memperpendek umur lampu (Setiadi, 2024). Untuk mengatasi hal tersebut, ia merancang sistem ruang tertutup berbentuk vacuum bulb yang berfungsi menghilangkan udara dan mencegah reaksi antara gas filamen dengan oksigen. Inovasi ini berhasil meningkatkan ketahanan filamen sekaligus memperbaiki efisiensi cahaya yang dihasilkan (Taufik et al., 2017). Konsep ruang hampa tersebut kemudian menjadi fondasi utama bagi pengembangan teknologi lampu pijar modern yang dikenal hingga saat ini. Penerapan prinsip ini juga mendorong kemajuan signifikan dalam teknologi pencahayaan berikutnya, termasuk sistem berbasis gas dan semikonduktor yang lebih efisien dan ramah energi.

2.3.2 Jenis-Jenis Lampu

1. Lampu pijar

Cahaya pada lampu pijar dihasilkan ketika arus listrik mengalir melalui filamen kawat halus yang memiliki resistansi tinggi, sehingga energi listrik berubah menjadi panas dan menghasilkan cahaya tampak. Peningkatan suhu pada filamen memengaruhi panjang gelombang cahaya yang dipancarkan dan menentukan warna cahaya yang terlihat oleh mata manusia. Lampu pijar, yang pertama kali dikembangkan oleh Thomas Alva Edison, menjadi dasar bagi kemunculan lampu halogen atau Tungsten Halogen Lamp yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan memperpanjang umur filamen melalui penggunaan senyawa halogen (Istonirsya, 2023). Lampu halogen mampu menghasilkan cahaya yang lebih terang dan stabil dibandingkan lampu pijar konvensional,

mencerminkan perkembangan teknologi penerangan menuju sistem yang lebih efisien dan tahan lama.



Gambar 2. 9 Lampu Pijar atau Incandescent Lamp



Gambar 2. 10 Lampu Halogen Tungsten

Lampu pijar dan lampu halogen bekerja dengan prinsip dasar yang sama, yaitu menghasilkan cahaya melalui pemanasan filamen oleh arus listrik hingga mencapai suhu tinggi. Peningkatan suhu filamen menyebabkan intensitas cahaya bertambah, namun apabila melebihi batas kemampuan material, filamen dapat mengalami kerusakan (Saragi et al., 2025). Material filamen umumnya menggunakan wolfram karena memiliki titik lebur sekitar 3650 K dan mampu beroperasi pada kondisi ekstrem tanpa mengalami deformasi. Pada suhu sekitar 3300 K, lampu pijar mampu menghasilkan efisiensi cahaya hingga 50 lumen per watt, meskipun hal tersebut mempercepat penguapan filamen dan memperpendek umur lampu menjadi rata-rata 1000 jam. Untuk menjaga

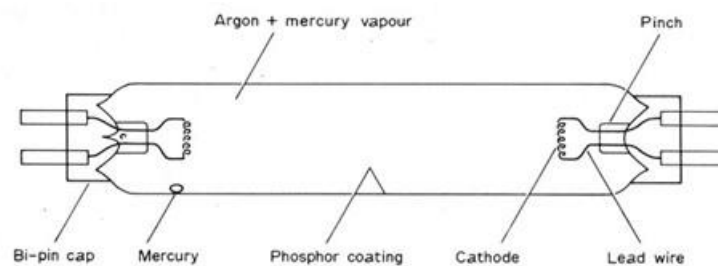
stabilitas operasionalnya, lampu pijar dilengkapi kawat monel yang berfungsi sebagai pengaman lebur, sehingga mampu beroperasi secara andal meskipun terjadi fluktuasi tegangan.

Lampu halogen merupakan pengembangan dari lampu pijar dengan rancangan yang lebih efisien dan umur pakai lebih Panjang (Brand et al., 2023). Perbedaannya terletak pada penggunaan gas halogen di dalam tabung lampu yang bereaksi dengan uap tungsten, membentuk senyawa yang kemudian mengembalikan material ke filamen. Reaksi kimia ini memperlambat proses penguapan dan menjaga struktur filamen tetap stabil, menghasilkan cahaya yang lebih terang serta efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan lampu pijar konvensional. Tabung kaca lampu halogen dirancang lebih besar untuk menahan tekanan dan suhu tinggi, sekaligus mendukung proses regenerasi filamen secara optimal (Pallapati & Chinthamalla, 2024). Dengan konstruksi tersebut, lampu halogen mampu beroperasi pada daya lebih besar dan suhu lebih tinggi tanpa mengurangi ketahanan material, menjadikannya sebagai salah satu inovasi penting dalam teknologi penerangan modern.

2. Lampu Fluorecent

Lampu fluoresen atau yang dikenal sebagai lampu TL (tubular lamp) memiliki diameter tabung sekitar 38 mm dan telah mengalami pengembangan pesat sejak tahun 1980 (Yadlapalli & Kotapati, 2017). Prinsip kerjanya didasarkan pada proses eksitasi gas di dalam tabung yang menghasilkan radiasi ultraviolet (UV) ketika dialiri arus listrik. Radiasi UV tersebut mengenai lapisan phosphor pada permukaan bagian dalam tabung dan menghasilkan cahaya

tampak dengan spektrum yang disesuaikan melalui campuran mineral tertentu. Teknologi ini memungkinkan lampu fluoresen menghasilkan cahaya putih yang merata dengan efisiensi energi tinggi, umur pakai lebih lama, serta tingkat pencahayaan yang lebih stabil dibandingkan lampu pijar.



Gambar 2. 11 Konstruksi Lampu TL

Lampu fluoresen menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap suhu lingkungan karena temperatur tabung sangat menentukan intensitas dan kualitas cahaya yang dihasilkan. Pada kondisi suhu ruangan yang lebih rendah dari temperatur operasi ideal, lampu berisiko gagal menyala atau menghasilkan pencahayaan yang kurang optimal. Suhu kerja optimal lampu fluoresen berkisar sekitar 40 °C, sehingga desain tabung harus mampu mempertahankan kestabilan temperatur selama proses operasional.

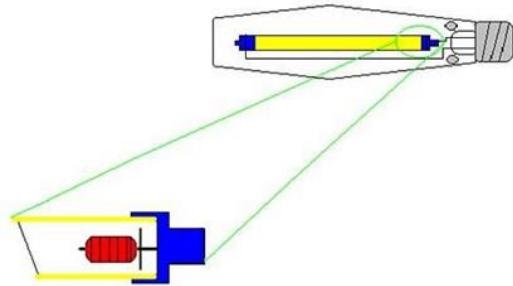
Lampu fluoresen digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, mulai dari penerangan rumah tangga, fasilitas publik, hingga industri skala besar. Perkembangan teknologi telah menghadirkan inovasi seperti lampu compact fluorescent (LHE), yang menghasilkan cahaya setara lampu konvensional namun dengan konsumsi daya lebih rendah dan konstruksi lebih ringkas. Desain modern ini meningkatkan efisiensi energi, memperpanjang umur pakai, dan menyediakan pencahayaan yang stabil, sekaligus menandai evolusi signifikan

dalam teknologi lampu fluoresen menuju solusi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Kasthala et al., 2025).

3. Lampu HID (*High Intensity Discharge*)

Lampu *High Intensity Discharge* (HID) memiliki prinsip kerja yang serupa dengan lampu fluoresen, meskipun beberapa jenis masih memerlukan ballast untuk mengatur arus dan tegangan (Satapathy et al., 2018). Perbedaan utama terdapat pada elektroda yang lebih besar dan ukuran tabung, sehingga arus yang dibutuhkan meningkat seiring kapasitas daya lampu. Tabung kaca lampu HID terdiri dari outer bulb sebagai pelindung dan arc tube sebagai media terjadinya discharge listrik, yang memungkinkan lampu menghasilkan cahaya terang dengan efisiensi tinggi.

Lampu HID banyak diterapkan untuk penerangan luar ruangan karena kemampuan memancarkan cahaya dengan intensitas tinggi dan distribusi merata. Penggunaan umum mencakup lapangan olahraga, taman, area parkir, dan fasilitas outdoor lainnya, di mana visibilitas optimal menjadi kebutuhan utama (Satyakar Veeramallu et al., 2019). Desain elektroda, komposisi gas, dan ketahanan terhadap suhu tinggi serta kondisi cuaca ekstrem mendukung umur pakai panjang, efisiensi cahaya, dan keandalan operasional lampu HID.



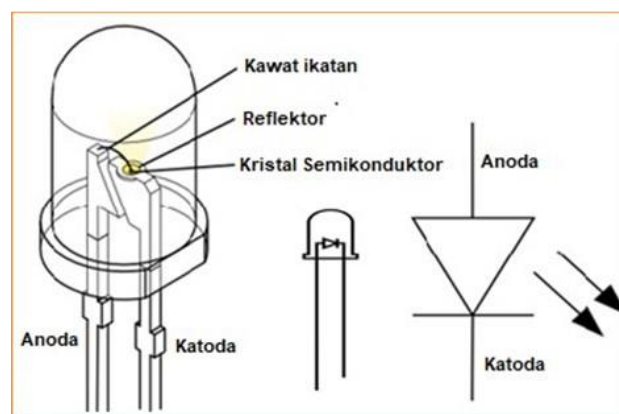
Gambar 2. 12 High Pressure Sodium Lamps

Perkembangan lampu HID dimulai dari lampu merkuri, kemudian berkembang menjadi lampu metal halide dan berlanjut ke lampu *High Pressure Sodium* (HPS) yang menawarkan efisiensi cahaya lebih tinggi dan spektrum lebih sesuai untuk penerangan area luas (Abdelmessih et al., 2020). Lampu *Low Pressure Sodium* (LPS) merupakan inovasi lain yang memadukan tabung kaca lampu fluoresen dengan gas sodium, menghasilkan cahaya intens dengan konsumsi daya lebih rendah. Setiap jenis lampu dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan spesifik terkait efisiensi, umur pakai, dan kualitas cahaya, sehingga variasi desain, jenis gas, dan tekanan operasi menjadi faktor penting dalam menentukan kinerja lampu HID modern.

2.3.3 Struktur Dasar LED

Lampu *Light Emitting Diode* (LED) merupakan inovasi pencahayaan modern yang unggul dalam efisiensi energi, umur pakai panjang, serta ramah lingkungan (Junaid et al., 2023). Prinsip kerja LED didasarkan pada aliran elektron melalui material semikonduktor yang didoping, menghasilkan cahaya monokromatik dengan intensitas tinggi dan panas yang minimal (Cabral et al., 2014). Penggunaan material seperti gallium, arsenide, dan phosphorus memungkinkan pengendalian warna cahaya melalui

variasi doping, sehingga LED mampu memancarkan cahaya putih maupun berwarna sesuai kebutuhan aplikasi. Struktur semikonduktor yang dikombinasikan dengan desain optik serta bahan pembungkus transparan membantu memfokuskan dan mendistribusikan cahaya secara merata dengan respons cepat terhadap tegangan. Dengan konfigurasi kutub anoda dan katoda yang presisi, LED mampu memberikan pencahayaan efisien, tahan lama, serta adaptif terhadap berbagai sistem pencahayaan modern.



Gambar 2. 13 Struktur LED

LED memiliki kemampuan memancarkan cahaya dengan warna tertentu dalam rentang spektrum 400 nm hingga 760 nm, mencakup hampir seluruh spektrum cahaya tampak yang dapat diterima mata manusia. Keunggulan utama LED dibandingkan lampu pijar dan fluoresen terletak pada efisiensi energi yang tinggi, di mana sebagian besar energi listrik dikonversi menjadi cahaya dengan panas yang minimal (Ananda, 2019). Karakteristik ini, beserta umur pakai yang panjang dan fleksibilitas dalam pengaturan warna, menjadikan LED sebagai sumber pencahayaan hemat energi, ramah lingkungan, dan adaptif untuk berbagai aplikasi interior, eksterior, dan perangkat elektronik.

Tabel 2. 1 Spesifikasi LED

No	Warna	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	Merah	1.8-2.3	20
2	Kuning	1.8-2.3	20
3	Biru	3.2-3.4	20
4	Hijau	3.2-3.4	20
5	Putih	3.2-3.4	20

2.3.4 Jenis-Jenis Lampu LED

1. Miniatur LED

LED miniatur merupakan tipe yang paling umum digunakan dalam perangkat elektronik modern, hadir dalam desain surface mount dan through-hole untuk memudahkan integrasi ke berbagai rangkaian (M. L. Hakim et al., 2017). Ukurannya yang kecil memungkinkan penerapan pada aplikasi yang memerlukan pencahayaan terbatas namun jelas, seperti indikator daya dan notifikasi, dengan variasi kapasitas arus dan output cahaya sesuai kebutuhan spesifik. Karakteristik ini, disertai efisiensi energi tinggi dan umur pakai panjang, menjadikan LED miniatur ideal untuk penggunaan jangka panjang dan fleksibel dalam berbagai aplikasi teknologi modern.



Gambar 2. 14 Miniatur LED

LED miniatur memiliki peran penting dalam mendukung antarmuka pengguna pada perangkat elektronik dengan memberikan respons visual cepat untuk menandai status, peringatan, atau notifikasi operasional. Desain surface mount memungkinkan produksi massal dengan presisi tinggi pada papan sirkuit cetak, sementara tipe *through-hole* mempermudah penggantian dan perakitan manual pada prototipe atau perangkat khusus (Setyawan & Suprianto, 2019). Kombinasi efisiensi energi, ukuran kecil, variasi kapasitas arus, dan output cahaya menjadikan LED miniatur sangat fungsional untuk berbagai aplikasi teknologi, mulai dari peralatan rumah tangga hingga perangkat industri.

2. Bi-color LED

Bi-color LED merupakan lampu yang menggabungkan dua sumber cahaya berbeda dalam satu komponen, memungkinkan kedua warna menyala secara bergantian untuk menghasilkan efek visual dinamis (Rosani, 2019). Pengaturan arus pada masing-masing sumber cahaya memungkinkan dominasi salah satu warna atau pencampuran kedua warna menjadi warna ketiga yang unik. Karakteristik ini menjadikan *bi-color* LED efisien, tahan lama, dan fleksibel untuk aplikasi indikator multistatus, penanda arah, maupun elemen dekoratif pada perangkat elektronik modern.



Gambar 2. 15 Bi-color LED

Bi-color LED digunakan untuk menampilkan perubahan status secara cepat dan jelas, sehingga berperan penting sebagai indikator visual dalam berbagai perangkat elektronik. Integrasi dua warna dalam satu komponen meningkatkan efisiensi desain dengan mengurangi kebutuhan ruang pada papan sirkuit cetak, sementara pengaturan arus masing-masing LED memungkinkan kontrol intensitas cahaya yang presisi. Desain kompak dan fleksibilitas warna menjadikan bi-color LED cocok untuk aplikasi pada peralatan konsumen, medis, maupun industri, sekaligus mendukung efisiensi energi dan kinerja visual optimal.

3. Super Flux LED

Super flux LED merupakan tipe lampu LED yang banyak digunakan untuk pencahayaan skala besar, seperti lampu panggung, billboard, jalan, dan taman, karena mampu menghasilkan intensitas cahaya tinggi (Darwiyani et al., 2017). Desain dengan dua kutub positif dan dua kutub negatif memungkinkan arus listrik lebih besar mengalir melalui komponen, sehingga meningkatkan output cahaya dan memberikan pencahayaan merata pada area luas. Karakteristik efisiensi cahaya yang tinggi menjadikan super flux LED ideal

untuk aplikasi profesional dan industri yang menuntut intensitas cahaya maksimum meskipun konsumsi daya lebih besar dibandingkan LED biasa.



Gambar 2. 16 Super Flux LED

Super flux LED menawarkan distribusi cahaya yang luas dan stabil, sehingga cocok untuk aplikasi *outdoor* yang membutuhkan visibilitas tinggi, seperti signage dan area publik. Desain dengan dua kutub positif dan dua kutub negatif mendukung pengaliran arus yang merata, menghasilkan cahaya konsisten dengan intensitas yang stabil. Karakteristik ini, dipadukan dengan umur pakai panjang dan daya tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem, menjadikan super flux LED ideal untuk penggunaan jangka panjang dan integrasi dalam sistem pencahayaan profesional.

4. High power LED

High power LED merupakan tipe lampu yang mampu menghasilkan intensitas cahaya jauh lebih tinggi dibandingkan LED lainnya, sehingga efektif untuk pencahayaan area luas atau aplikasi yang memerlukan cahaya terang (Brand et al., 2023). Peningkatan arus pada lampu ini menyebabkan panas lebih cepat terbentuk, sehingga penempatan harus memperhatikan bahan penyerap panas dan sistem konveksi untuk menjaga suhu operasional tetap stabil. Karakter

solid state pada high power LED memungkinkan efisiensi energi tinggi, umur pakai lebih lama, dan menjadikannya pilihan utama sebagai pengganti lampu fluorescent atau incandescent dalam aplikasi pencahayaan modern.



Gambar 2. 17 High Power LED

Surface Mount Device Light Emitting Diode (SMD LED) merupakan jenis lampu berukuran kecil dan ringan yang terdiri atas chip semikonduktor mini, sehingga mudah diintegrasikan pada berbagai desain sirkuit modern (Pallapati & Chinthamalla, 2024). Jenis LED ini dikenal efisien karena menghasilkan panas yang rendah dan memiliki konsumsi daya minimal, namun tetap mampu memberikan intensitas cahaya tinggi untuk kebutuhan rumah tangga maupun komersial. Fleksibilitas desainnya memungkinkan pemasangan pada panel datar dan modul kompak, mendukung pengembangan produk pencahayaan yang ergonomis dan estetis. Dengan efisiensi energi tinggi, umur pakai panjang, serta kemampuan adaptif terhadap berbagai aplikasi, SMD LED menjadi pilihan ideal dalam sistem pencahayaan modern yang mengutamakan kinerja dan hemat energi.



Gambar 2. 18 Surface Mount Device LED

Surface Mount Device Light Emitting Diode (SMD LED) banyak digunakan pada lampu panel, *downlight*, dan strip LED karena ukurannya yang kecil namun mampu memberikan pencahayaan merata. Konsumsi dayanya yang rendah menjadikannya cocok untuk sistem listrik berdaya terbatas serta mendukung efisiensi energi tinggi (Yadlapalli & Kotapati, 2017). Kemudahan pemasangan pada papan sirkuit cetak dan kemampuan menghasilkan variasi warna melalui kombinasi chip RGB membuatnya populer di industri pencahayaan modern. Dengan performa stabil, umur pakai panjang, dan ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan, SMD LED menjadi solusi pencahayaan yang efisien, fleksibel, dan berkelanjutan.

5. *Chip on Board* (COB) LED

Chip on Board (COB) LED merupakan jenis lampu yang tersusun dari ribuan chip padat pada satu modul tunggal, memungkinkan pencahayaan lebih intens dan merata dibandingkan tipe LED lain (Kasthala et al., 2025). Struktur padat ini menghasilkan distribusi cahaya homogen pada area luas, berbeda dengan SMD LED yang cenderung menimbulkan penyebaran cahaya tidak merata. Integrasi ribuan chip pada satu modul juga mendukung efisiensi ruang,

stabilitas cahaya, dan kemampuan pendinginan yang meningkatkan umur pakai, sehingga COB LED ideal untuk aplikasi pencahayaan profesional dengan intensitas tinggi.



Gambar 2. 19 Chip on Board LED

Chip on Board Light Emitting Diode (COB LED) merupakan teknologi pencahayaan yang mampu memancarkan cahaya dengan area lebih luas dan kerapatan chip tinggi, sehingga menghasilkan distribusi cahaya yang lebih merata dibandingkan SMD LED. Jenis LED ini banyak digunakan pada aplikasi indoor maupun outdoor, seperti *spotlight*, *downlight*, dan pencahayaan komersial yang membutuhkan intensitas cahaya tinggi dan stabil (Satapathy et al., 2018). Efisiensi energi serta kemampuan kontrolnya sebanding dengan SMD LED, namun COB LED unggul dalam konsistensi dan kekuatan cahaya berkat desain modul yang padat. Dengan sistem konduksi panas yang baik dan efisiensi pencahayaan tinggi, COB LED menjadi solusi ideal untuk penerangan profesional dan residensial yang hemat energi serta berdesain kompak.

2.4 Komponen Penyusunan Rangkaian Lampu LED

Perancangan lampu *Light Emitting Diode* (LED) membutuhkan komponen penting berupa driver LED atau catu daya LED yang berfungsi mengatur penyalan

agar lampu bekerja secara optimal (Satyakar Veeramallu et al., 2019). Komponen ini berperan seperti ballast pada lampu neon atau transformator pada bohlam bertegangan rendah, yakni mengubah tegangan AC tinggi menjadi DC rendah yang stabil dan aman untuk LED. Selain itu, driver LED juga melindungi rangkaian dari fluktuasi tegangan dan arus yang dapat menyebabkan ketidakstabilan cahaya atau kerusakan modul. Berdasarkan fungsinya, terdapat dua jenis utama, yaitu driver arus konstan dan tegangan konstan, yang dipilih sesuai kebutuhan desain agar lampu LED mampu beroperasi secara efisien, stabil, dan aman dalam berbagai aplikasi pencahayaan (Abdelmessih et al., 2020).

2.4.1 Driver LED Arus Konstan

Driver LED arus konstan merupakan perangkat catu daya yang berfungsi mengatur dan menjaga arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan desain pencahayaan, sehingga intensitas cahaya yang dihasilkan tetap stabil (Cabral et al., 2014). Umumnya berupa konverter AC-DC atau DC-DC, driver ini sangat efektif digunakan pada rangkaian LED seri karena setiap LED menerima arus identik yang menghasilkan cahaya seragam dan konsisten. Selain mengatur arus, driver ini juga berperan melindungi LED dari arus berlebih atau fluktuasi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan, sekaligus memperpanjang umur pakai lampu. Dengan pengaturan arus yang presisi, sistem pencahayaan LED dapat beroperasi lebih efisien, hemat energi, dan menghasilkan distribusi cahaya yang merata pada berbagai aplikasi industri maupun komersial.

2.4.2 Driver LED Tegangan Konstan

Driver LED tegangan konstan merupakan perangkat yang dirancang untuk menghasilkan tegangan keluaran arus searah (DC) yang stabil sesuai dengan kebutuhan operasional lampu LED (Junaid et al., 2023). Jenis driver ini umumnya tersedia dalam berbagai varian, mulai dari model konvensional hingga tipe tertutup, yang disesuaikan dengan aplikasi dan spesifikasi lampu. Tegangan keluaran yang paling sering digunakan adalah 12 VDC atau 24 VDC, di mana jumlah LED yang dirangkai menentukan total tegangan yang dibutuhkan agar sistem bekerja optimal. Berbeda dengan driver arus konstan yang menjaga arus tetap stabil, driver tegangan konstan hanya menstabilkan tegangan, sehingga diperlukan resistor atau pengendali arus tambahan untuk mencegah arus berlebih dan menjaga efisiensi sistem pencahayaan.

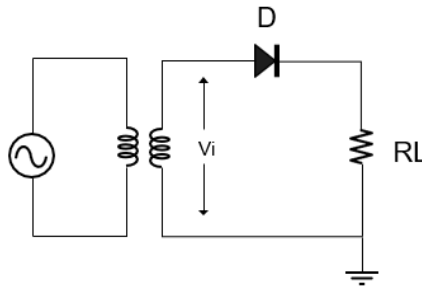
Selain itu, driver tegangan konstan dapat menerima input berupa arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC) dengan bantuan rangkaian penyearah yang mengubah AC menjadi DC agar LED dapat beroperasi dengan benar. Komponen seperti kapasitor digunakan untuk mengurangi riak tegangan, sementara regulator dan resistor membantu menyesuaikan serta membatasi arus agar sesuai dengan karakteristik LED. Meskipun efisiensinya cenderung lebih rendah dibandingkan driver arus konstan karena sebagian energi hilang dalam bentuk panas, desainnya yang sederhana tetap membuatnya praktis digunakan untuk sistem LED bertegangan tetap. Driver tegangan konstan banyak diaplikasikan pada pencahayaan rumah tangga, komersial, dan industri yang memerlukan tegangan stabil, serta terus dikembangkan agar lebih efisien dengan minim riak tegangan dan konsumsi daya rendah (Ananda, 2019).

2.5 Penyerahan Gelombang (*Rectifier*)

Sebagian besar perangkat elektronik modern memerlukan arus searah (DC) untuk beroperasi secara stabil, sehingga diperlukan komponen yang mampu mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi DC (M. L. Hakim et al., 2017). Penyearah berperan penting dalam proses ini dengan memanfaatkan sifat dioda yang hanya memungkinkan arus mengalir dalam satu arah, sehingga arus AC dapat dikonversi menjadi arus DC yang lebih konsisten. Secara umum, penyearah terbagi menjadi penyearah setengah gelombang dan gelombang penuh, di mana pemilihan jenis disesuaikan dengan kebutuhan daya, efisiensi, dan tingkat kestabilan arus dalam rangkaian elektronik.

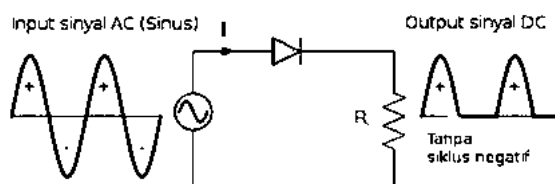
2.5.1 Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang menggunakan satu dioda untuk melewatkan hanya siklus positif dari sinyal AC, memanfaatkan sifat dioda yang hanya memungkinkan arus mengalir dalam satu arah sehingga setengah siklus sinyal AC terblokir (Setyawan & Suprianto, 2019). Konfigurasi ini umumnya diaplikasikan pada *power supply* dengan frekuensi tinggi, seperti sistem SMPS, karena efisiensinya lebih optimal pada kondisi tersebut. Pada frekuensi rendah, tegangan DC yang dihasilkan memiliki riak besar sehingga diperlukan kapasitor berkapasitas tinggi untuk menstabilkan output, namun hal ini meningkatkan ukuran dan biaya rangkaian serta membatasi aplikasi penyearah setengah gelombang.



Gambar 2. 20 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang bekerja dengan memanfaatkan sisi positif dari gelombang AC yang dihasilkan oleh transformator, di mana dioda berada dalam kondisi forward bias sehingga arus dapat mengalir melalui beban. Saat siklus negatif muncul, dioda berada pada kondisi *reverse* bias sehingga arus tidak diteruskan, menghasilkan gelombang DC yang hanya memuat setengah siklus dari sinyal AC (Rosani, 2019). Tegangan output mengikuti pola pulsa yang sekuensial sesuai siklus positif, dan efisiensi penyearahan serta stabilitas tegangan sangat bergantung pada konstruksi dioda yang digunakan.



Gambar 2. 21 Sinyal Output Penyearah Setengah Gelombang

Karena sinyal input berupa gelombang berbentuk sinus,

$$V_{in} = V_m \sin \omega t \quad (4)$$

Adapun keterangan masing-masing variabel adalah sebagai berikut:

V_{in} : Tegangan input sesaat (Volt)

V_m : Tegangan maksimum atau amplitudo gelombang (Volt)

ω : Frekuensi sudut (rad/s), dengan $\omega = 2\pi f$

f : Frekuensi sinyal (Hz)

t : Waktu (detik)

Dimana V_m adalah tegangan puncak atau tegangan maksimum. Nilai V_m ini hanya bisa diukur dengan CRO yakni dengan melihat langsung pada gelombangnya. Pada umumnya harga yang tercantum pada trafo adalah tegangan efektif (V_{eff}). Hubungan antara tegangan puncak dengan V_{eff} adalah

$$V_{eff} = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m \quad (5)$$

Arus akan mengalir ke beban ketika penyearah diberi bias maju dalam hal ini input berada pada siklus positif. Arus dioda yang mengalir ke beban dinyatakan dengan

$$i = I_m \sin \omega t, \text{ jika } 0 \leq \omega t \leq \pi \text{ (siklus positif)} \quad (6)$$

Meskipun sinyal keluaran masih berbentuk gelombang, namun arah gelombangnya adalah sama yaitu positif. Berarti harga rata-ratanya tidak lagi nol seperti halnya arus bolak-balik. Arus rata-rata (I_{dc}) secara matematis dinyatakan dalam

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \cong 0.318 I_m \quad (7)$$

Sehingga tegangan DC pada beban dapat dinyatakan dalam:

$$V_{dc} = I_{dc} \cdot R_L \quad (8)$$

$$V_{dc} = \frac{I_m \cdot R_L}{\pi} \quad (9)$$

$$V_m = I_m \cdot R_L \quad (10)$$

Dimana

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} \cong 0.318 V_m \quad (11)$$

Dalam perancangan rangkaian penyearah, batas tegangan maksimum yang dapat diterima oleh dioda, dikenal sebagai PIV (*Peak Inverse Voltage*), menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. PIV menunjukkan tegangan tertinggi yang dapat ditahan dioda saat berada dalam kondisi bias mundur, ketika arus tidak mengalir dan seluruh tegangan transformator jatuh pada dioda. Pemilihan dioda dengan PIV yang sesuai memastikan kestabilan dan keandalan sistem penyearah, sekaligus menentukan kapasitas dan karakteristik dioda yang tepat untuk setiap desain rangkaian.

$$PIV = V_m \quad (12)$$

PIV (*Product/Performance Indicator Value*) adalah nilai indikator yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kinerja atau pencapaian suatu produk dalam kegiatan pemasaran. V_m (Volume penjualan) adalah jumlah produk yang berhasil dijual dalam periode tertentu, baik dalam satuan unit maupun kuantitas lainnya sesuai dengan objek penelitian.

Selanjutnya, diketahui suatu sumber tegangan AC dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{in} = V_m \sin(\omega t)$$

dengan parameter:

$$\text{Tegangan maksimum } V_m = 220 \text{ V}$$

$$\text{Frekuensi sumber } f = 50 \text{ Hz}$$

Frekuensi sudut dihitung menggunakan persamaan:

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi(50) = 100\pi \text{ rad/s}$$

Sehingga persamaan tegangan input menjadi:

$$V_{in} = 220\sin(100\pi t)$$

Ubah waktu ke satuan detik:

$$t = 5 \text{ ms} = 0,005 \text{ s}$$

Substitusikan ke persamaan:

$$V_{in} = 220\sin(100\pi \times 0,005)$$

$$V_{in} = 220\sin(0,5\pi)$$

Karena:

$$\sin(0,5\pi) = 1$$

Maka:

$$V_{in} = 220 \times 1 = 220 \text{ V}$$

Nilai tegangan input pada saat $t = 5 \text{ ms}$ adalah **220 V**.

Suatu rangkaian penyearah menggunakan dioda dengan sumber tegangan AC yang memiliki tegangan maksimum sebesar **170 V**.

Diketahui:

$$V_m = 170 \text{ V}$$

Berdasarkan persamaan:

$$\text{PIV} = V_m$$

Maka:

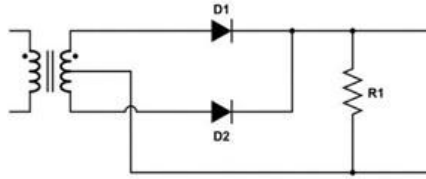
$$\text{PIV} = 170 \text{ V}$$

Peak Inverse Voltage merupakan tegangan balik maksimum yang harus mampu ditahan oleh dioda. Jika nilai PIV dioda lebih kecil dari tegangan puncak sumber, maka dioda dapat mengalami kerusakan akibat *breakdown*.

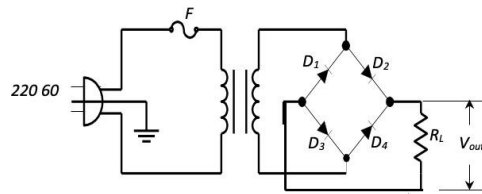
2.5.2 Penyearah Gelombang Penuh

Penyearah gelombang penuh dapat dibangun menggunakan dua metode utama, yaitu transformator center tap (CT) dan konfigurasi jembatan (*bridge*), yang berbeda dalam jumlah diode dua pada sistem CT dan empat pada sistem *bridge*. Pada metode CT, transformator menghasilkan dua tegangan berlawanan fase dengan titik tengah sebagai referensi, sehingga kedua dioda bekerja bergantian untuk menghasilkan arus searah yang kontinu pada beban (Darwiyani et al., 2017). Sistem penyearah gelombang penuh memiliki keunggulan berupa peningkatan arus dan tegangan rata-rata hampir dua kali lipat dibanding penyearah setengah gelombang, sekaligus menghasilkan tegangan keluaran yang lebih stabil dengan riak lebih kecil. Konfigurasi *bridge* lebih fleksibel karena tidak memerlukan titik tengah transformator, dan pemilihan dioda dengan rating

PIV tepat serta kapasitor filter yang sesuai menjadi kunci untuk memperoleh keluaran DC yang halus dan efisien (Rohana et al., 2023).



Gambar 2. 22 Penyearah Gelombang Penuh; Penyearah Gelombang Penuh



Gambar 2. 23 Penyearah Gelombang Penuh; Penyearah dengan Sistem Jembatan

Sehingga diperoleh persamaan-persamaan pada penyearah gelombang penuh yang dinyatakan dalam:

$$I_{dc} = \frac{2 I_m}{\pi} \cong 0.636 I_m \quad (13)$$

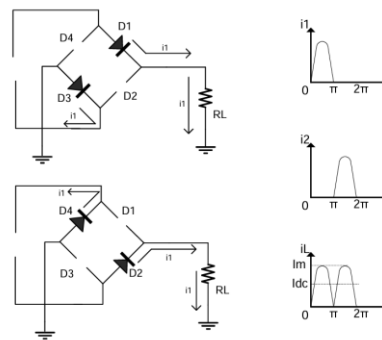
$$V_{dc} = \frac{2 V_m}{\pi} \cong 0.636 V_m \quad (14)$$

Tegangan puncak balik (*Peak Inverse Voltage*, PIV) pada setiap dioda penyearah gelombang penuh mencapai $2V_m$ karena pada siklus positif satu dioda menghantarkan arus sementara dioda lainnya berada dalam kondisi non-konduktif. Tegangan pada dioda yang tidak menghantarkan arus setara dengan jumlah tegangan sekunder transformator pada kedua belitan, sehingga nilainya menjadi dua kali tegangan sekunder. Penentuan PIV yang tepat menjadi parameter penting dalam pemilihan dioda

untuk memastikan kestabilan operasi penyearah dan mencegah kerusakan akibat *breakdown*.

$$PIV = 2V_m \quad (15)$$

Pada penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan mempunyai prinsip kerja yang dapat dijelaskan pada Gambar 2.24



Gambar 2. 24 Penyearah Gelombang Penuh Sistem Jembatan

Saat rangkaian penyearah jembatan menerima siklus positif dari sinyal AC, dioda D1 dan D3 berada pada kondisi bias maju sehingga menghantarkan arus, sementara D2 dan D4 dalam kondisi bias mundur dan tidak menghantarkan arus, sehingga arus i_L mengalir melalui D1, R_L , dan D3. Pada siklus negatif, D2 dan D4 mengalami bias maju dan menghantarkan arus sedangkan D1 dan D3 berada pada bias mundur, sehingga arus i_2 mengalir melalui D2, R_L , dan D4. Arah arus i_1 dan i_2 yang melewati beban sama, sehingga arus yang diterima R_L merupakan penjumlahan dari kedua arus tersebut yang terjadi secara bergantian, menghasilkan arus rata-rata pada beban.

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} \cong 0.636I_m \quad (16)$$

Untuk harga V_{dc} dengan memperhitungkan tegangan cut-in dioda ,dapat dihitung dengan

$$V_{dc} = 0.636(V_m - 2V_\gamma) \quad (17)$$

Harga $2V_\gamma$ diperoleh karena pada setiap siklus terdapat dua buah diode yang berhubungan secara seri. Untuk tegangan puncak balik mempunyai nilai yang sama dengan penyuarah setengah gelombang yaitu:

$$PIV = V_m \quad (18)$$

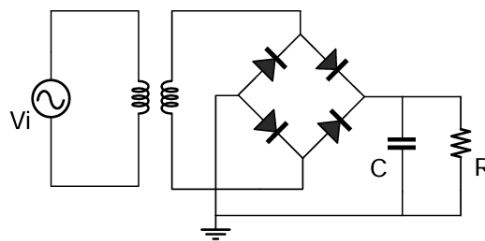
2.6 Filter

Rangkaian lampu LED dengan penyearah gelombang menghasilkan tegangan searah (DC) yang masih mengandung riak, yang dapat menimbulkan variasi intensitas cahaya pada LED. Untuk mengurangi riak tersebut, digunakan filter berbasis kapasitor elektrolit yang bekerja dengan menyimpan dan melepaskan muatan untuk meratakan fluktuasi tegangan (Okta, 2021). Implementasi filter ini memungkinkan tegangan DC lebih stabil, sehingga LED dapat beroperasi dengan performa optimal dan menghasilkan pencahayaan yang konsisten.

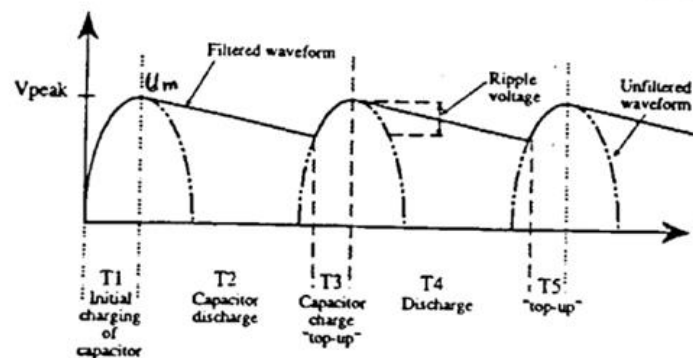
2.6.1 Filter Kapasitif

Filter kapasitif diterapkan dengan menghubungkan kapasitor secara paralel ke beban, sehingga tegangan DC yang diterima menjadi lebih stabil dan halus. Kapasitor

berfungsi memperlama aliran arus menuju beban, sehingga fluktuasi tegangan atau riak dapat diminimalkan, dengan kapasitas penyimpanan muatan yang lebih besar memberikan pengurangan riak lebih efektif. Rangkaian ini menjaga kontinuitas arus dan kestabilan operasi perangkat seperti LED, sekaligus meningkatkan efisiensi energi dengan mengurangi kehilangan akibat riak tegangan.



Gambar 2. 25 Rangkaian Filter Kapasitif



Gambar 2. 26 Bentuk Gelombang Perataan dengan Kapasitor

Pada saat T_1 , terjadi pengisian muatan pada kapasitor mendekati harga tegangan puncak V_m . Jika tegangan pulsa turun lebih rendah dari V_m maka kapasitor akan mengosongkan muatannya. Dengan adanya kapasitor tegangan keluaran tidak segera turun walaupun tegangan masuk suda turun, hal ini disebabkan karena kapasitor memerlukan waktu untuk mengosongkan muatannya. sebelum tegangan kapasitor turun maka kapasitor mengalami pengisian muatan lagi. Tegangan yang berubah inilah yang

disebut tegangan kerut (*ripple voltage*) hasil dari transien kapasitor. Faktor ripple adalah besarnya persentase perbandingan antara tegangan ripple dengan tegangan DC yang dihasilkan yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\%r = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \times 100 \quad (19)$$

Dimana:

V_{rms} = tegangan efektif (VAC)

V_{dc} = tegangan rata-rata DC (VDC)

$\%r$ = faktor ripple

2.7 Sinyal PWM (Pulse width Modulation)

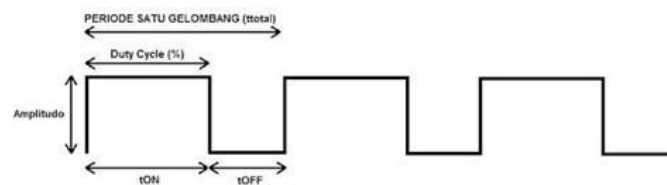
Pulse Width Modulation (PWM) adalah teknik untuk menghasilkan sinyal analog menggunakan perangkat digital dengan cara memodulasi lebar pulsa dalam satu periode tertentu, sehingga tegangan rata-rata output dapat diatur (Putri, 2025). Sinyal PWM mempertahankan amplitudo dan frekuensi tetap, sementara variasi lebar pulsa atau *duty cycle* secara langsung memengaruhi tegangan rata-rata yang dihasilkan. Dengan frekuensi gelombang konstan, perubahan *duty cycle* memungkinkan simulasi sinyal analog secara presisi sesuai kebutuhan pengendalian sistem.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (20)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times 100\% \quad (21)$$

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (22)$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (23)$$



Gambar 2. 27 Sinyal PWM

Dimana:

T_{on} = waktu pulsa pada saat HIGH

T_{off} = waktu pulsa pada saat LOW

D = *duty cycle* (lamanya pulsa high dalam satu periode)

V_{out} = tegangan output yang dihasilkan dari sinyal PWM

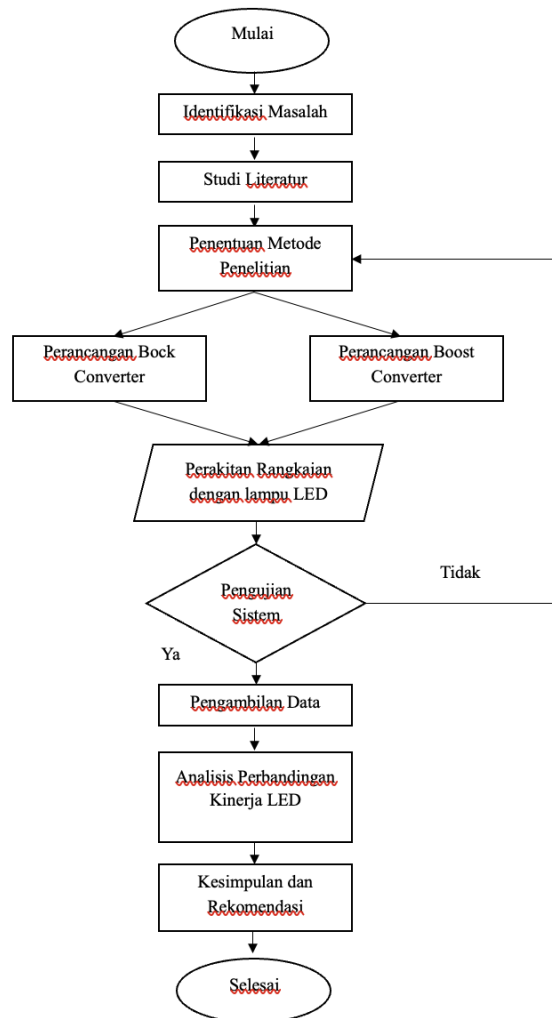
Sinyal PWM dapat dihasilkan melalui metode analog maupun digital sesuai kebutuhan aplikasi elektronika. Metode analog menggunakan rangkaian op-amp untuk membentuk pulsa dengan lebar bervariasi sehingga tegangan rata-rata dapat dikontrol secara kontinu, sedangkan metode digital memanfaatkan mikrokontroler untuk mengatur lebar pulsa berdasarkan program yang dijalankan dengan ketelitian tergantung pada resolusi bit yang tersedia. Kedua pendekatan ini memungkinkan kontrol presisi terhadap tegangan output melalui manipulasi duty cycle PWM sesuai karakteristik sistem.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini disusun dengan mengikuti tahapan kerja yang terstruktur dan sistematis guna memastikan tercapainya tujuan penelitian secara optimal.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian
Sumber: Peneliti, 2026

Setiap tahapan penelitian dirancang secara berurutan mulai dari identifikasi permasalahan, pengkajian literatur, perancangan sistem, hingga analisis dan penarikan Kesimpulan. Untuk memperjelas alur pelaksanaan penelitian, digunakan diagram alir (flowchart) yang menggambarkan keseluruhan proses penelitian dalam menganalisis dan membandingkan kinerja Buck Converter dan Boost Converter pada aplikasi lampu LED. Diagram alir ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai metodologi penelitian yang digunakan serta memudahkan pemahaman terhadap tahapan penelitian yang dilakukan.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan serangkaian tahapan dan langkah sistematis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian secara terstruktur, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen, yang dilaksanakan melalui perancangan, perakitan, pengujian, dan analisis kinerja rangkaian Buck Converter dan Boost Converter untuk mengoperasikan lampu LED. Pendekatan kuantitatif digunakan karena hasil pengujian dinyatakan dalam bentuk data numerik, terutama berupa tegangan masukan dan tegangan keluaran yang diperoleh melalui pengukuran pada masing-masing konfigurasi rangkaian.

Metode eksperimen diterapkan dengan memberikan kondisi masukan yang berbeda pada rangkaian Buck dan Boost, kemudian mengamati perubahan tegangan yang dihasilkan hingga mencapai tegangan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan beban lampu LED. Data hasil pengukuran selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk membandingkan karakteristik dan kinerja kedua rangkaian berdasarkan perubahan tegangan input dan output. Setiap tahapan penelitian dilaksanakan secara berurutan,

mulai dari studi literatur, persiapan komponen dan bahan, perancangan rangkaian, proses perakitan, pengaturan tegangan keluaran, pengujian rangkaian, pengumpulan data, analisis hasil pengujian, hingga penyusunan laporan akhir.

1. Studi Literatur

Tahap pertama dimulai dengan kegiatan studi literatur yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai teori dasar konverter DC-DC, khususnya topologi buck-boost converter, serta prinsip kerja lampu LED sebagai beban elektronik. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan berbagai referensi berupa jurnal ilmiah, buku teks elektronika daya, dan hasil penelitian terdahulu. Kajian literatur juga mencakup analisis terhadap metode pengendalian menggunakan teknik *pulse width modulation* (PWM) dan karakteristik efisiensi pada sistem konversi daya. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam merancang sistem dan menentukan parameter eksperimental yang relevan. Dengan pemahaman teoritis yang kuat, perancangan sistem dapat dilakukan secara tepat untuk mencapai hasil pengujian yang optimal.

2. Perancangan Sistem

Tahap ini merupakan bagian penting dalam proses penelitian karena berkaitan langsung dengan pembuatan sistem buck-boost converter. Perancangan dimulai dengan menentukan spesifikasi masukan dan keluaran seperti tegangan input, arus beban, serta kapasitas daya lampu LED yang digunakan. Komponen utama yang dirancang meliputi rangkaian switching menggunakan MOSFET, dioda cepat (*fast recovery diode*), induktor, dan

kapasitor. Selain itu, sistem pengendali PWM dirancang untuk menghasilkan sinyal kontrol yang dapat mengatur duty cycle pada berbagai nilai. Proses perancangan dilakukan berdasarkan perhitungan teoretis dan data karakteristik komponen agar sistem dapat beroperasi secara stabil dalam dua mode, yakni *step-down (buck)* dan *step-up (boost)*. Setelah rancangan selesai, dibuatlah diagram blok sistem untuk mempermudah tahap implementasi.

3. Perakitan Rangkaian

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan proses perakitan rangkaian di atas papan percobaan (*breadboard*) atau papan sirkuit cetak (*PCB prototype*). Semua komponen utama seperti MOSFET, induktor, kapasitor, dan dioda dipasang sesuai dengan skematik yang telah dirancang. Proses perakitan dilakukan dengan memperhatikan arah polaritas dan jalur arus agar tidak terjadi kesalahan sambungan yang dapat menyebabkan *short circuit*. Setelah selesai dirakit, rangkaian diperiksa menggunakan multimeter untuk memastikan tidak ada jalur yang terhubung secara tidak sengaja. Pengujian awal dilakukan dengan tegangan rendah untuk memastikan sistem berfungsi normal sebelum dilakukan pengujian beban penuh. Tahap ini bertujuan untuk memastikan kesiapan alat sebelum dilakukan pengambilan data sebenarnya.

4. Pengujian dan Pengambilan Data

Tahap pengujian dilakukan dengan memberikan variasi duty cycle PWM dan tegangan input pada konverter. Setiap kondisi diuji untuk melihat

pengaruhnya terhadap tegangan output, arus, efisiensi konversi daya, serta intensitas cahaya yang dihasilkan lampu LED. Data pengujian diambil menggunakan instrumen pengukuran seperti multimeter digital dan lux meter.

Hasil pengukuran dicatat dan disusun dalam tabel untuk mempermudah analisis. Pengujian dilakukan untuk dua kondisi kerja, yaitu mode buck (penurunan tegangan) dan mode boost (kenaikan tegangan). Setiap percobaan dilakukan sebanyak tiga kali untuk memastikan keakuratan dan konsistensi data. Tahap ini menghasilkan data kuantitatif yang akan digunakan dalam analisis kinerja sistem.

5. Analisis Data

Pada tahap analisis data, hasil pengujian dibandingkan antara kondisi buck dan boost untuk menilai efisiensi dan kestabilan sistem. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan keluaran, arus beban, efisiensi daya, serta intensitas sistem LED (Brand et al., 2023). Nilai efisiensi dihitung berdasarkan rasio daya keluaran terhadap daya masukan, sedangkan kestabilan sistem dianalisis menggunakan data intensitas yang diukur dengan lux meter. Analisis dilakukan secara kuantitatif untuk menentukan hubungan antara duty cycle PWM dengan perubahan tegangan dan efisiensi sistem. Data disajikan dalam bentuk grafik dan tabel guna mempermudah interpretasi hasil. Tahapan ini menjadi dasar penilaian performa sistem secara menyeluruh.

6. Evaluasi dan Penyusunan Laporan

Tahap akhir penelitian adalah melakukan evaluasi terhadap seluruh hasil pengujian dan perancangan yang telah dilakukan. Evaluasi bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem buck-boost converter mampu memberikan efisiensi dan kestabilan yang optimal pada lampu LED. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan teori serta penelitian terdahulu untuk mengetahui kelebihan dan keterbatasan sistem yang dibuat. Setelah proses evaluasi selesai, dilakukan penyusunan laporan akhir yang berisi uraian seluruh tahapan penelitian mulai dari teori dasar, metodologi, hasil analisis. Laporan ini berfungsi sebagai dokumentasi ilmiah dan dasar untuk pengembangan penelitian lebih lanjut pada bidang konversi energi dan penerangan berbasis elektronika daya.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Setiap penelitian eksperimental memerlukan penentuan waktu dan sistem yang jelas agar prosesnya terencana dan hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Penetapan waktu penelitian juga membantu dalam penyusunan jadwal kegiatan mulai dari tahap perancangan, pembuatan, hingga pengujian sistem. Tempat penelitian dipilih berdasarkan ketersediaan fasilitas laboratorium dan alat ukur yang sesuai dengan kebutuhan pengujian sistem.

Penelitian ini direncanakan dilakukan selama empat bulan, yaitu dari November-Desember 2025 sampai Januari-Maret 2026, dan bertempat di Laboratorium prodi Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Kegiatan penelitian meliputi perancangan rangkaian buck-boost converter, simulasi awal menggunakan perangkat lunak Proteus 8

Professional, pembuatan perangkat keras, serta pengujian performa sistem pada lampu LED dengan variasi duty cycle.

3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan

Pemilihan alat dan bahan yang tepat merupakan sistem penting untuk mendukung ketepatan hasil pengujian dan keberhasilan perancangan sistem. Setiap alat dan bahan yang digunakan memiliki fungsi spesifik dalam memastikan sistem buck-boost bekerja sesuai dengan rancangan dan mampu memberikan hasil yang akurat. Alat digunakan dalam tahap simulasi, perakitan, dan pengujian, sedangkan bahan meliputi komponen elektronika yang digunakan dalam sistem.

Tabel 3. 1 Daftar Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi Utama	Fungsi
1	Multimeter Digital	Rentang 0-600 V/10 A	Mengukur nilai tegangan, arus, dan resistansi
2	Power Supply DC	0-30 V/5 A	Menyediakan sumber tegangan input variabel ke rangkaian converter
3	Lux Meter	0-50.000 Lux	Mengukur intensitas cahaya lampu LED
4	Breadboard/PCB	Universal Board	Sebagai media perakitan rangkaian elektronika
5	Solder dan Timah	40 Watt	Untuk menyambungkan komponen elektronika pada PCB
6	Arduino Uno + Kabel USB	16 MHz / 14 pin digital I/O	Menghasilkan sinyal PWM untuk mengatur duty cycle konverter

Sumber: Peneliti, (2026)

Tabel 3. 2 Daftar Bahan/Komponen Penelitian

No	Nama Komponen	Spesifikasi Utama	Fungsi
1	MOSFET IRF540N	100 V / 33 A	Sebagai saklar daya utama pada rangkaian converter
2	Dioda 1N5819	40 V / 1 A	Sebagai dioda cepat untuk jalur arus balik
3	Induktor	220 μ H – 470 μ H	Menyimpan energi magnetik selama proses pensakelaran
4	Kapasitor Elektrolit	470 μ F – 1000 μ F / 25 V	Meratakan tegangan DC dan mengurangi ripple pada keluaran
5	Resistor	10 Ω – 1 k Ω	Sebagai pembatas arus dan penyeimbang sinyal
6	Lampu LED	12 V / 5 W	Sebagai beban utama untuk pengujian konverter
7	Kabel Jumper dan Header Pin	-	Sebagai penghubung antar komponen dan rangkaian

Sumber: Peneliti, (2026)

MOSFET IRF540N sebagai saklar daya, dioda cepat 1N5819, induktor $220\ \mu\text{H}$ – $470\ \mu\text{H}$, kapasitor elektrolit $470\ \mu\text{F}$ – $1000\ \mu\text{F}$, resistor $10\ \Omega$ – $1\ \text{k}\Omega$, serta lampu LED $12\text{V}/5\text{W}$ sebagai beban. Sementara untuk rangkaian kontrol PWM, digunakan mikrokontroler Arduino Uno yang diprogram menggunakan Arduino IDE untuk menghasilkan sinyal PWM sesuai variasi yang diinginkan.

Dengan kombinasi alat ukur presisi dan komponen elektronika daya yang sesuai, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan data yang akurat dan representatif terhadap kinerja sistem buck-boost converter pada lampu LED. Pemilihan nilai komponen didasarkan pada perhitungan teoretis dan hasil simulasi pendahuluan menggunakan perangkat lunak Proteus

3.5 Prosedur Kerja Alat

3.5.1 Tahap Persiapan Alat dan Komponen

Langkah pertama yang dilakukan sebelum pengoperasian adalah memastikan seluruh peralatan dan komponen dalam kondisi baik dan siap digunakan. *Power supply* DC disiapkan sebagai sumber tegangan dengan kemampuan tegangan variabel (misalnya $12\ \text{V}$ – $24\ \text{V}$). Komponen utama seperti MOSFET, dioda cepat (*fast recovery diode*), induktor, kapasitor, serta beban lampu LED dipasang sesuai dengan desain rangkaian buck-boost converter yang telah dirancang sebelumnya. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pemeriksaan visual untuk memastikan tidak ada kesalahan sambungan atau short circuit. Multimeter digital digunakan untuk menguji kontinuitas rangkaian serta memastikan tidak terjadi hubungan arus pendek pada jalur input dan output. Tahapan ini penting untuk menjamin keamanan sistem sebelum diberikan tegangan masukan.

3.5.2 Tahap Inisialisasi dan Pengaturan Awal

Setelah seluruh komponen dinyatakan siap, langkah selanjutnya adalah melakukan pengaturan awal pada alat ukur. Multimeter dikalibrasi pada mode pengukuran arus dan tegangan DC. Power supply DC kemudian diatur pada tegangan awal minimum, misalnya 12 V, untuk menghindari lonjakan arus pada saat awal pengujian. Lampu LED yang berfungsi sebagai beban dihubungkan pada terminal keluaran konverter. Kemudian, rangkaian PWM diaktifkan dengan frekuensi tertentu (misalnya 20 kHz) dan duty cycle awal 20%. Pada kondisi ini dilakukan pengamatan awal terhadap kestabilan output dan arus yang mengalir ke LED.

3.5.3 Tahap Pengoperasian Alat

Proses pengujian dimulai dengan variasi duty cycle PWM yang diatur secara bertahap dari 20%, 40%, 60%, hingga 80%. Setiap kali perubahan duty cycle dilakukan, nilai tegangan output (V_{out}), arus output (I_{out}), dan intensitas cahaya LED diukur serta dicatat. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter untuk tegangan dan arus, sedangkan lux meter digunakan untuk mengukur tingkat intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LED.

3.5.4 Tahap Analisis dan Perbandingan Kinerja

Data hasil pengujian dikumpulkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menunjukkan hubungan antara duty cycle terhadap tegangan output, arus LED, serta efisiensi konverter. Dari hasil tersebut dilakukan analisis terhadap perbedaan kinerja saat konverter bekerja pada *mode buck* (penurunan tegangan) dan *mode boost* (kenaikan tegangan). Kinerja alat dinilai dari beberapa parameter, yaitu kestabilan tegangan

keluaran, efisiensi daya, serta kestabilan intensitas cahaya LED. Nilai efisiensi dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (24)$$

dengan $P_{out} = V_{out} \times I_{out}$ dan $P_{in} = V_{in} \times I_{in}$. Hasil perhitungan efisiensi dibandingkan antara kondisi buck dan boost untuk mengetahui mode operasi yang paling optimal.

3.5.5 Tahap Evaluasi dan Dokumentasi

Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian untuk menentukan apakah sistem telah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Jika ditemukan ketidaksesuaian, misalnya tegangan keluaran yang tidak stabil atau efisiensi rendah, maka dilakukan pemeriksaan ulang terhadap nilai komponen seperti induktor, kapasitor, dan frekuensi PWM. Seluruh data pengukuran serta hasil perhitungan efisiensi disusun dalam laporan penelitian. Dokumentasi berupa foto rangkaian, skematik, serta grafik hasil pengujian digunakan sebagai bukti pendukung dalam analisis. Proses dokumentasi juga berfungsi sebagai acuan untuk perbaikan sistem atau pengembangan penelitian selanjutnya.

3.5.6 Rangkuman Prosedur Kerja Alat

Secara ringkas, prosedur kerja alat pada penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Persiapkan alat ukur dan rangkaian *buck-boost converter*.

2. Lakukan pemeriksaan sambungan dan kalibrasi alat ukur.
3. Nyalakan sumber DC dan aktifkan generator PWM.
4. Atur *duty cycle* secara bertahap dan ukur parameter tegangan, arus serta cahaya LED.
5. Catat semua data dan ulangi pengukuran minimal tiga kali untuk setiap kondisi.
6. Lakukan perhitungan efisiensi dan analisis hasil pengujian.
7. Dokumentasikan seluruh hasil untuk penyusunan laporan penelitian.

3.6 Parameter Penelitian

Penentuan parameter penelitian dilakukan untuk memberikan batasan dan arah yang jelas terhadap proses pengujian serta analisis yang dilakukan. Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi aspek elektris dan optis, yang mencerminkan performa sistem buck-boost converter dalam mengatur daya pada beban lampu LED. Secara umum, parameter penelitian terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu parameter masukan, parameter keluaran, dan parameter performa sistem.

Tabel 3. 3 Parameter Penelitian

No	Parameter	Simbol	Satuan	Keterangan
1	Tegangan Masukan	V_{in}	Volt (V)	Tegangan DC yang diberikan ke konverter dari sumber daya variabel.
2	Arus Masukan	I_{in}	Ampere (A)	Arus yang diserap konverter dari sumber tegangan DC.
3	Tegangan Keluaran	V_{out}	Volt (V)	Arus yang diserap konverter dari sumber tegangan DC.
4	Arus Keluaran	I_{out}	Ampere (A)	Arus yang mengalir ke lampu LED sebagai beban
5	Duty Cycle PWM	D	Persen (%)	Perbandingan antara waktu aktif dan total periode sinyal PWM yang mengontrol MOSFET.
6	Daya Masukan	P_{in}	Watt (W)	Besarnya daya yang masuk ke konverter, dihitung dari $V_{in} \times I_{in}$
7	Daya Keluaran	P_{out}	Watt (W)	Daya yang diteruskan ke beban lampu LED, dihitung dari $V_{out} \times I_{out}$

				$\times I_{out} V_{out} \times I_{out}$.
8	Efisiensi Daya	η	Persen (%)	Rasio antara daya keluaran terhadap daya masukan, menunjukkan kinerja konversi daya.
9	Ripple Tegangan	V_{ripple}	Volt (V)	Selisih antara nilai maksimum dan minimum tegangan keluaran, mencerminkan kestabilan sistem.
10	Intesitas Cahaya LED	L_{lux}	Lux (lx)	Tingkat kecerahan cahaya lampu LED yang diukur dengan <i>lux meter</i> .
11	Frekuensi PWM	f_{PWM}	Kilohertz (kHz)	Frekuensi sinyal PWM yang mengontrol saklar utama (MOSFET).
12	Temperatur Lingkungan	T	Derajat Celsius (°C)	Suhu ruang pengujian yang dapat memengaruhi kestabilan konverter dan LED.

Sumber: Peneliti, (2025)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh melalui penerapan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen pada perancangan dan pengujian sistem konversi tegangan DC-DC. Penelitian dilakukan dengan menerapkan dua konfigurasi, yaitu Buck Converter dan Boost Converter, yang digunakan untuk menyesuaikan tegangan sumber dengan kebutuhan beban lampu LED DC 12 V/5 W. Seluruh tahapan penelitian dilaksanakan berdasarkan rancangan yang telah ditetapkan, mulai dari pemilihan komponen, perakitan rangkaian, pengaturan tegangan keluaran, hingga pengujian pada kondisi beban yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dari proses eksperimen selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menguraikan karakteristik, kinerja, serta hasil konversi tegangan pada masing-masing rangkaian.

Penyajian hasil dan pembahasan dalam bab ini disusun secara sistematis untuk memperlihatkan hubungan antara kondisi masukan, proses konversi, dan keluaran yang dihasilkan oleh kedua rangkaian. Pembahasan diawali dengan pemaparan parameter penelitian dan komponen yang digunakan, kemudian dilanjutkan dengan konfigurasi serta proses perakitan Buck Converter dan Boost Converter. Hasil pengaturan dan pengujian selanjutnya dianalisis berdasarkan data pengukuran yang diperoleh selama eksperimen, sehingga dapat diketahui perbedaan karakteristik kedua rangkaian dalam menghasilkan tegangan yang dibutuhkan oleh beban. Uraian pada bab ini menjadi dasar dalam menjawab rumusan masalah penelitian dan merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

4.1 Karakteristik Buck Converter dan Boost Converter

4.1.1 Parameter

Parameter pengujian digunakan sebagai acuan untuk memperoleh data mengenai karakteristik kerja rangkaian Buck Converter dan Boost Converter yang digunakan dalam penelitian. Parameter utama yang digunakan dalam pengujian meliputi tegangan input, tegangan output, arus input, arus output, daya input, daya output, efisiensi, dan kondisi tegangan keluaran selama beban beroperasi. Tegangan input digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan yang diberikan kepada sisi masukan konverter. Tegangan output digunakan untuk mengetahui kemampuan konverter menghasilkan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan lampu LED. Arus input dan arus output digunakan untuk mengetahui karakteristik aliran arus sebelum dan sesudah proses konversi. Data tegangan dan arus tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam menentukan daya input dan daya output rangkaian

Tabel 4. 1 Parameter Pengujian Buck dan Boost Converter

No.	Parameter	Satuan	Keterangan
1	Tegangan input	V	Tegangan yang diberikan dari sumber ke konverter
2	Tegangan output	V	Tegangan yang dihasilkan konverter menuju beban
3	Arus input	A	Arus yang mengalir dari sumber menuju konverter
4	Arus output	A	Arus yang mengalir dari konverter menuju beban
5	Daya input	W	Daya listrik yang diterima konverter dari sumber
6	Daya output	W	Daya listrik yang diteruskan konverter menuju beban
7	Efisiensi	%	Perbandingan daya output terhadap daya input
8	Stabilitas tegangan output	V	Perubahan tegangan keluaran selama pengujian
9	Kondisi beban	—	Kondisi operasional lampu LED selama pengujian

Pengukuran tegangan dilakukan pada sisi input dan output masing-masing konverter. Pada Boost Converter, tegangan input berasal dari dua baterai 18650 yang disusun seri dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V, sedangkan tegangan output diarahkan menjadi 12,0 V. Pada Buck Converter, tegangan input berasal dari SMPS

sebesar 24 V DC dan tegangan output diatur menjadi 12,0 V. Nilai 12,0 V digunakan sebagai titik pengaturan karena sesuai dengan tegangan kerja lampu LED DC yang digunakan sebagai beban penelitian.

Arus input dan arus output menjadi parameter penting karena perubahan tegangan tidak dapat dianalisis secara terpisah dari arus yang mengalir pada rangkaian. Pada Boost Converter, tegangan mengalami peningkatan sehingga karakteristik arus pada sisi input dan output perlu diamati untuk mengetahui kebutuhan daya selama proses step-up. Pada Buck Converter, tegangan mengalami penurunan dari 24 V menjadi 12,0 V sehingga pengukuran arus diperlukan untuk melihat kondisi daya yang diteruskan menuju beban. Pengukuran kedua parameter tersebut memberikan dasar untuk menghitung daya listrik pada masing-masing sisi converter

Daya input dan daya output dihitung menggunakan hubungan antara tegangan dan arus. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ P_{out} &= V_{out} \times I_{out} \end{aligned}$$

Keterangan:

- P_{in} = daya input (W)
- P_{out} = daya output (W)
- V_{in} = tegangan input (V)
- V_{out} = tegangan output (V)
- I_{in} = arus input (A)
- I_{out} = arus output (A)

Nilai daya input menunjukkan besarnya daya listrik yang disediakan oleh sumber untuk menjalankan converter, sedangkan daya output menunjukkan besarnya daya yang diteruskan converter menuju lampu LED. Perbedaan antara kedua nilai

tersebut digunakan sebagai salah satu dasar untuk melihat adanya kehilangan daya selama proses konversi.

Parameter berikutnya adalah efisiensi konversi. Efisiensi dihitung berdasarkan perbandingan antara daya output dan daya input dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan:

η = efisiensi converter (%)

P_{out} = daya output (W)

P_{in} = daya input (W)

Nilai efisiensi yang semakin mendekati 100% menunjukkan bahwa proporsi daya yang diteruskan dari sisi input menuju sisi output semakin besar. Sebaliknya, nilai efisiensi yang lebih rendah menunjukkan adanya bagian daya yang tidak diteruskan kepada beban selama proses konversi. Selain parameter daya dan efisiensi, pengujian juga memperhatikan stabilitas tegangan keluaran. Parameter ini digunakan untuk melihat kemampuan converter mempertahankan tegangan output pada nilai yang telah ditetapkan ketika lampu LED berada dalam kondisi operasi. Tegangan output pada kedua rangkaian diarahkan pada 12,0 V, kemudian perubahan nilai tegangan selama pengujian dapat dicatat sebagai data kestabilan. Apabila dilakukan beberapa kali pengukuran, perubahan tegangan dapat dinyatakan melalui selisih antara nilai tegangan tertinggi dan terendah:

$$\Delta V = V_{max} - V_{min}$$

Keterangan:

ΔV = perubahan tegangan output (V)

V_{max} = tegangan output tertinggi (V)

V_{min} = tegangan output terendah (V)

4.1.2 Rangkaian Buck Converter

Rangkaian Buck Converter pada penelitian ini disusun untuk menurunkan tegangan DC dari sumber 24 V menjadi tegangan keluaran 12,0 V yang digunakan untuk mengoperasikan lampu LED DC 12 V/5 W. Sumber tegangan diperoleh dari Power Supply Switching (SMPS) yang menerima masukan listrik AC 220 V dan menghasilkan tegangan keluaran DC sebesar 24 V. Tegangan DC tersebut kemudian diberikan kepada modul Buck Converter sebagai tegangan masukan. Modul Buck Converter melakukan proses penurunan dan pengaturan tegangan sebelum diteruskan menuju lampu LED sebagai beban. Susunan rangkaian dimulai dari sumber listrik AC 220 V yang dihubungkan ke bagian input Power Supply Switching. Keluaran DC dari SMPS terdiri atas terminal positif dan negatif yang masing-masing menjadi sumber bagi sisi input Buck Converter. Terminal V+ pada SMPS dihubungkan ke terminal IN+ Buck Converter, sedangkan terminal V- dihubungkan ke terminal IN-. Hubungan tersebut membentuk jalur masukan DC menuju modul Buck Converter.

Pada sisi keluaran, terminal VOUT+ dan VOUT- pada Buck Converter digunakan untuk menyalurkan tegangan hasil konversi menuju beban. Berdasarkan konfigurasi yang digunakan, sakelar ON/OFF ditempatkan pada jalur positif menuju lampu LED, sedangkan jalur negatif dihubungkan secara langsung. Lampu LED DC 12 V/5 W berfungsi sebagai beban yang menerima tegangan hasil penurunan dari Buck

Converter. Urutan tersebut memperlihatkan bahwa SMPS dan Buck Converter mempunyai fungsi yang berbeda. SMPS bertugas menyediakan sumber DC dari sumber listrik AC, sedangkan Buck Converter melakukan penyesuaian tegangan DC dari 24 V menjadi 12,0 V. Lampu LED tidak menerima tegangan 24 V secara langsung karena tegangan tersebut lebih tinggi daripada tegangan kerja beban.

Berdasarkan susunan rangkaian tersebut, terdapat tiga bagian utama yang membentuk sistem pengujian, yaitu sumber tegangan, bagian konversi, dan beban. Sumber tegangan berasal dari SMPS dengan keluaran 24 V DC. Bagian konversi menggunakan modul Buck Converter untuk menurunkan tegangan tersebut. Bagian beban menggunakan lampu LED DC 12 V/5 W sebagai objek yang menerima tegangan keluaran converter.

Tabel 4. 2 Susunan Hubungan Komponen Rangkaian Buck Converter

No.	Komponen	Terminal/Jalur	Terhubung ke	Fungsi dalam Rangkaian
1	Sumber AC	220 V AC	Input SMPS	Menyediakan sumber listrik
2	SMPS	V+	IN+ Buck Converter	Menyalurkan tegangan DC positif
3	SMPS	V-	IN- Buck Converter	Menyalurkan tegangan DC negatif
4	Buck Converter	VOU+	Sakelar/jalur positif LED	Menyalurkan tegangan hasil konversi
5	Buck Converter	VOU-	Jalur negatif LED	Menyalurkan jalur negatif keluaran
6	Sakelar	Jalur positif	Lampu LED	Mengendalikan penyambungan beban
7	Lampu LED	Positif/negatif	Output Buck Converter	Sebagai beban pengujian

Setelah rangkaian tersusun, tegangan dari SMPS sebesar 24 V DC masuk melalui terminal IN+ dan IN- pada Buck Converter. Modul kemudian melakukan proses step-down sehingga tegangan keluarannya dapat diatur menggunakan trimpot yang tersedia pada modul. Pengaturan dilakukan sebelum lampu LED digunakan sebagai beban, sehingga nilai tegangan keluaran dapat disesuaikan terlebih dahulu dengan kebutuhan beban. Pada pengujian ini, tegangan keluaran ditetapkan sebesar 12,0

V. Hubungan antara tegangan masukan dan tegangan keluaran pada rangkaian dapat dinyatakan secara sederhana melalui persamaan rasio tegangan:

$$\text{Rasio konversi} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\%$$

Dengan nilai pengujian:

$$\text{Rasio konversi} = \frac{12,0}{24} \times 100\% = 50\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang digunakan dalam pengujian berada pada 50% dari tegangan masukan. Perubahan tingkat tegangan yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_{in} - V_{out} \\ \Delta V &= 24 - 12 = 12 \text{ V}\end{aligned}$$

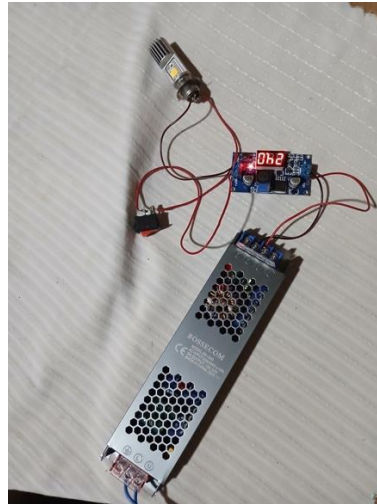
Sehingga terjadi penurunan tegangan sebesar 12 V, dari 24 V DC pada sisi input menjadi 12,0 V DC pada sisi output.

Tabel 4. 3 Distribusi Tegangan pada Rangkaian Buck Converter

Titik Pengukuran	Tegangan	Keterangan
Input SMPS	220 V AC	Sumber listrik awal
Output SMPS	24 V DC	Sumber DC bagi converter
Input Buck Converter	24 V DC	Tegangan sebelum proses step-down
Output Buck Converter	12,0 V DC	Tegangan setelah proses step-down
Beban LED	12 V DC	Tegangan kerja beban

Rangkaian tersebut memperlihatkan bahwa perubahan tegangan utama terjadi pada modul Buck Converter. SMPS menyediakan tegangan DC sebesar 24 V, kemudian modul melakukan penurunan tegangan hingga mencapai 12,0 V. Tegangan hasil konversi tersebut selanjutnya diberikan kepada lampu LED 12 V/5 W melalui jalur keluaran dan sakelar. Susunan ini menjadi konfigurasi dasar yang digunakan pada

pengujian Buck Converter sebelum dilakukan pengambilan data tegangan, arus, daya, dan efisiensi pada tahap pengujian berikutnya.



Gambar 4. 1 Rangkain Buck Converter dengan beban lampu LED
Sumber: Dokumentasi peneliti, 2026

4.1.3 Rangkaian Boost Converter

Rangkaian Boost Converter pada penelitian ini digunakan untuk menaikkan tegangan DC yang berasal dari dua buah baterai 18650 agar dapat memenuhi kebutuhan tegangan lampu LED DC 12 V/5 W. Kedua baterai ditempatkan pada battery holder dan disusun secara seri sehingga menghasilkan tegangan nominal sekitar 7,4 V. Pada kondisi baterai terisi penuh, tegangan sumber dapat mencapai sekitar 8,4 V. Tegangan tersebut masih berada di bawah tegangan kerja lampu LED sehingga diperlukan rangkaian Boost Converter sebagai bagian konversi untuk meningkatkan tegangan sebelum diberikan kepada beban.

Susunan rangkaian diawali dengan menghubungkan battery holder sebagai sumber DC menuju sisi input Boost Converter. Kabel positif dari battery holder dihubungkan ke terminal **IN+**, sedangkan kabel negatif dihubungkan ke terminal **IN-**.

Jalur positif sumber dilengkapi dengan sakelar ON/OFF yang berfungsi menghubungkan dan memutus sumber tegangan menuju modul. Penempatan sakelar pada jalur positif memungkinkan proses pengoperasian rangkaian dikendalikan tanpa mengubah hubungan kabel negatif.

Pada sisi keluaran, terminal **OUT+** pada Boost Converter dihubungkan menuju kabel positif lampu LED, sedangkan terminal **OUT-** dihubungkan menuju kabel negatif lampu LED. Hubungan tersebut membuat lampu LED menerima tegangan yang telah diproses oleh Boost Converter. Tegangan keluaran tidak langsung ditetapkan sejak awal, tetapi terlebih dahulu disesuaikan menggunakan potensiometer pada modul hingga display menunjukkan nilai tegangan yang diperlukan.

Susunan tersebut memperlihatkan fungsi masing-masing bagian dalam rangkaian. Baterai berperan sebagai sumber energi DC, sakelar berfungsi mengendalikan hubungan sumber dengan converter, Boost Converter melakukan peningkatan tegangan, sedangkan lampu LED berfungsi sebagai beban. Display digital pada modul digunakan untuk membantu pemantauan tegangan selama proses pengaturan keluaran. Selanjutnya, hubungan antar-komponen pada rangkaian Boost Converter disusun seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Susunan Hubungan Komponen Rangkaian Boost Converter

No.	Komponen	Terminal/Jalur	Terhubung ke	Fungsi dalam Rangkaian
1	Battery holder	Positif (+)	Sakelar ON/OFF	Menyalurkan sumber positif
2	Battery holder	Negatif (-)	IN- Boost Converter	Menyalurkan jalur negatif
3	Sakelar	Jalur positif	IN+ Boost Converter	Menghubungkan dan memutus sumber
4	Boost Converter	IN+	Sakelar	Menerima tegangan positif
5	Boost Converter	IN-	Battery holder	Menerima tegangan negatif
6	Boost	OUT+	Positif lampu LED	Menyalurkan tegangan keluaran

	Converter			
7	Boost Converter	OUT-	Negatif lampu LED	Menyalurkan jalur negatif keluaran
8	Lampu LED	Positif/negatif	OUT+ / OUT-	Sebagai beban pengujian

Setelah hubungan komponen terbentuk, baterai 18650 dimasukkan ke dalam battery holder dengan memperhatikan kesesuaian polaritas positif dan negatif. Sakelar kemudian digunakan untuk menghubungkan sumber baterai dengan Boost Converter. Tegangan yang berasal dari baterai masuk melalui terminal IN+ dan IN-, kemudian diproses oleh rangkaian konverter untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi. Pada tahap awal, lampu LED belum digunakan sebagai beban sebelum tegangan keluaran disesuaikan.

Pengaturan tegangan dilakukan dengan memanfaatkan potensiometer yang tersedia pada modul Boost Converter. Setelah sakelar diaktifkan, nilai tegangan pada display diamati dan potensiometer diputar secara bertahap hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V. Pengaturan tersebut dilakukan agar tegangan yang diberikan kepada lampu LED sesuai dengan tegangan kerja yang digunakan dalam penelitian. Setelah nilai keluaran mencapai 12,0 V, lampu LED dapat dihubungkan dan dioperasikan sebagai beban pengujian.

Karakteristik perubahan tegangan pada rangkaian dapat dihitung berdasarkan selisih antara tegangan output dan tegangan input. Dengan menggunakan tegangan nominal baterai sebesar 7,4 V dan tegangan keluaran 12,0 V, perubahan tegangan dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta V = V_{out} - V_{in}$$

$$\Delta V = 12,0 - 7,4 = 4,6 \text{ V}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi nominal terjadi peningkatan tegangan sebesar 4,6 V. Tegangan keluaran juga dapat dibandingkan terhadap tegangan masukannya menggunakan persentase perubahan tegangan:

$$\begin{aligned}\% \Delta V &= \frac{V_{out} - V_{in}}{V_{in}} \times 100\% \\ \% \Delta V &= \frac{12,0 - 7,4}{7,4} \times 100\% \\ \% \Delta V &\approx 62,16\%\end{aligned}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran 12,0 V memiliki tingkat kenaikan sekitar 62,16% dibandingkan tegangan nominal sumber 7,4 V. Nilai ini menggambarkan karakteristik step-up pada kondisi nominal yang digunakan sebagai dasar pengujian. Perlu diperhatikan bahwa nilai 7,4 V merupakan tegangan nominal dua baterai 18650 yang disusun seri, sehingga nilai aktual pada saat pengujian dapat berbeda bergantung pada kondisi pengisian baterai. Apabila tegangan input aktual hasil pengukuran tersedia, nilai tersebut lebih tepat digunakan dalam perhitungan karakteristik rangkaian

Tabel 4. 5 Distribusi Tegangan pada Rangkaian Boost Converter

Titik Pengukuran	Tegangan	Keterangan
Baterai 18650	$\pm 7,4$ V DC*	Sumber tegangan nominal
Input Boost Converter	$\pm 7,4$ V DC*	Tegangan sebelum proses step-up
Output Boost Converter	12,0 V DC	Tegangan setelah proses step-up
Lampu LED	12 V DC	Tegangan kerja beban

Pada rangkaian tersebut, perubahan tingkat tegangan utama terjadi pada Boost Converter. Sumber baterai menyediakan tegangan yang lebih rendah daripada kebutuhan lampu LED, kemudian tegangan tersebut dinaikkan hingga mencapai 12,0 V. Tegangan keluaran selanjutnya diberikan kepada lampu LED sebagai beban. Susunan

ini memungkinkan sumber baterai dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V digunakan untuk mengoperasikan beban yang membutuhkan tegangan 12 V.



Gambar 4. 2 Rangkaian Boost Converter
Sumber: Dokumentasi peneliti, 2026

4.1.4 Proses Perakitan Rangkaian

Proses perakitan rangkaian dilakukan setelah komponen dan bahan yang diperlukan untuk sistem Buck Converter dan Boost Converter dipersiapkan. Perakitan dilakukan dengan memperhatikan jalur masukan, jalur keluaran, polaritas positif dan negatif, serta posisi sakelar pada masing-masing rangkaian. Dua konfigurasi rangkaian dirakit secara terpisah karena memiliki karakteristik sumber tegangan dan proses konversi yang berbeda. Rangkaian Boost Converter menggunakan dua buah baterai 18650 yang ditempatkan pada battery holder sebagai sumber tegangan, sedangkan rangkaian Buck Converter menggunakan Power Supply Switching (SMPS) sebagai sumber tegangan DC. Kedua rangkaian menggunakan lampu LED DC 12 V sebagai beban pengujian.

Pada perakitan Boost Converter, battery holder 2×18650 digunakan sebagai tempat sumber tegangan DC. Kedua baterai dipasang secara seri sehingga menghasilkan

tegangan nominal sekitar 7,4 V, sedangkan tegangan baterai dalam kondisi penuh dapat mencapai sekitar 8,4 V. Kabel positif dari battery holder dihubungkan menuju sakelar ON/OFF, kemudian keluaran sakelar diteruskan ke terminal IN+ pada modul Boost Converter. Kabel negatif battery holder dihubungkan langsung ke terminal IN-. Susunan tersebut menjadikan sakelar sebagai pengendali penyambungan dan pemutusan sumber tegangan menuju modul konverter.

Sisi keluaran Boost Converter kemudian dihubungkan dengan lampu LED DC sebagai beban. Terminal OUT+ pada modul dihubungkan ke kabel positif lampu LED, sedangkan terminal OUT- dihubungkan ke kabel negatif lampu LED. Seluruh sambungan kabel diperiksa kembali untuk memastikan tidak terdapat pertukaran polaritas antara terminal positif dan negatif. Setelah sambungan dipastikan sesuai, baterai 18650 dipasang ke dalam battery holder dengan memperhatikan posisi kutub positif dan negatif pada masing-masing baterai.

Perakitan Buck Converter dilakukan menggunakan konfigurasi sumber yang berbeda. Sumber awal berasal dari listrik AC 220 V yang diberikan kepada Power Supply Switching (SMPS). Kabel AC dengan steker digunakan untuk menghubungkan sumber listrik ke terminal masukan SMPS. Power supply tersebut berfungsi menyediakan tegangan keluaran sebesar 24 V DC yang kemudian digunakan sebagai masukan bagi modul Buck Converter.

Keluaran DC dari SMPS terdiri atas terminal positif dan negatif. Terminal V+ pada SMPS dihubungkan ke terminal IN+ Buck Converter, sedangkan terminal V- dihubungkan ke terminal IN-. Setelah hubungan antara SMPS dan Buck Converter

selesai, sisi keluaran Buck Converter dihubungkan dengan lampu LED DC 12 V. Sakelar ON/OFF ditempatkan pada jalur positif keluaran Buck Converter, sementara jalur negatif diteruskan menuju lampu LED. Proses penyambungan setiap terminal pada kedua rangkaian dilakukan menggunakan kabel yang telah dipersiapkan. Pada bagian yang membutuhkan penyambungan permanen, digunakan solder dan timah untuk memperkuat hubungan kabel. Tang potong digunakan untuk menyesuaikan panjang kabel, sedangkan obeng digunakan dalam pemasangan kabel pada terminal sekrup modul. Peralatan tersebut digunakan selama proses perakitan agar setiap bagian rangkaian dapat terpasang sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan.

Tabel 4. 6 Susunan Komponen pada Proses Perakitan

No.	Konfigurasi	Komponen/Bahan	Fungsi dalam Rangkaian
1	Boost	Battery holder 2×18650	Tempat dua baterai sebagai sumber DC
2	Boost	Modul Boost Converter	Menaikkan tegangan DC sumber
3	Boost	Sakelar ON/OFF	Menghubungkan dan memutuskan sumber tegangan
4	Boost	Lampu LED DC	Beban keluaran
5	Buck	SMPS AC-DC 24 V	Mengubah sumber AC menjadi 24 V DC
6	Buck	Modul Buck Converter	Menurunkan dan mengatur tegangan DC
7	Buck	Sakelar ON/OFF	Mengendalikan penyambungan beban
8	Buck	Lampu LED DC 12 V	Beban keluaran
9	Keduanya	Kabel	Penghubung antarkomponen
10	Keduanya	Solder dan timah	Penyambungan kabel
11	Keduanya	Obeng	Pemasangan kabel pada terminal
12	Keduanya	Tang potong	Pemotongan dan penyesuaian kabel

Berdasarkan proses perakitan tersebut, kedua konfigurasi memiliki susunan sumber–konverter–beban yang sama secara prinsip, tetapi menggunakan sumber dan jalur konversi yang berbeda. Boost Converter memperoleh masukan dari baterai 2×18650 dan mengarahkannya menuju lampu LED melalui proses peningkatan tegangan. Buck Converter memperoleh masukan 24 V DC dari SMPS dan meneruskannya menuju lampu LED melalui proses penurunan tegangan. Kedua

rangkaian dilengkapi sakelar sehingga proses pemberian tegangan kepada rangkaian dapat dikendalikan selama pengujian.

Setelah seluruh sambungan selesai, pemeriksaan dilakukan terhadap jalur kabel dan polaritas terminal sebelum sumber tegangan diberikan. Pemeriksaan ini terutama dilakukan pada terminal IN+, IN-, OUT+, dan OUT- pada modul konverter. Pada Boost Converter, pemeriksaan difokuskan pada hubungan baterai dengan sisi input dan hubungan lampu LED dengan sisi output. Pada Buck Converter, pemeriksaan dilakukan pada hubungan keluaran SMPS dengan input converter serta hubungan output converter dengan lampu LED.

Hasil proses perakitan menunjukkan bahwa komponen pada kedua konfigurasi dapat disusun menjadi satu sistem konversi daya yang siap digunakan untuk tahap pengaturan tegangan keluaran. Rangkaian Boost Converter telah tersusun dengan sumber baterai sebagai input dan lampu LED sebagai beban, sedangkan rangkaian Buck Converter telah tersusun dengan SMPS 24 V DC sebagai input dan lampu LED 12 V sebagai beban. Tahap berikutnya adalah melakukan pengaturan tegangan keluaran masing-masing converter sebelum beban digunakan pada proses pengujian.

4.1.5 Pengaturan Tegangan Keluaran

Pengaturan tegangan keluaran dilakukan setelah proses perakitan rangkaian Buck Converter dan Boost Converter selesai. Tahap ini merupakan bagian penting sebelum pengujian beban, karena kedua rangkaian menggunakan sumber dengan tingkat tegangan yang berbeda, sedangkan beban yang digunakan memiliki kebutuhan tegangan 12 V DC. Pengaturan dilakukan secara langsung pada modul konverter menggunakan

potensiometer atau trimpot yang tersedia pada masing-masing modul. Nilai tegangan keluaran diamati melalui display digital yang terdapat pada modul. Proses pengaturan dilakukan sebelum lampu LED dihubungkan sebagai beban agar tegangan keluaran dapat disesuaikan terlebih dahulu dengan nilai yang ditetapkan dalam penelitian.

Pada Boost Converter, sumber tegangan berasal dari dua buah baterai 18650 yang dipasang secara seri pada battery holder. Tegangan nominal gabungan kedua baterai berada pada sekitar 7,4 V, sedangkan tegangan dalam kondisi penuh dapat mencapai sekitar 8,4 V. Tegangan tersebut kemudian diberikan ke terminal input Boost Converter melalui IN+ dan IN-. Setelah sumber terhubung, sakelar diaktifkan sehingga modul memperoleh tegangan masukan. Potensiometer pada modul kemudian diputar secara bertahap sambil mengamati nilai tegangan yang ditampilkan pada display digital.

Pengaturan dilakukan sampai display menunjukkan tegangan keluaran sebesar 12,0 V. Nilai tersebut ditetapkan sebagai tegangan kerja yang akan diberikan kepada lampu LED DC 12 V. Setelah tegangan keluaran mencapai nilai yang ditentukan, posisi pengatur tegangan dipertahankan dan rangkaian dipersiapkan untuk tahap pengujian menggunakan beban. Tahapan ini juga memastikan bahwa proses peningkatan tegangan dari sumber baterai menuju keluaran converter telah berada pada nilai yang diperlukan oleh beban.

Pada Buck Converter, proses pengaturan dilakukan dengan sumber masukan yang berasal dari SMPS sebesar 24 V DC. Tegangan keluaran SMPS dihubungkan ke terminal IN+ dan IN- pada modul Buck Converter. Setelah power supply diaktifkan, modul menerima tegangan masukan sebesar 24 V DC. Tegangan keluaran kemudian

disesuaikan menggunakan trimpot W103/potensiometer yang terdapat pada modul. Nilai tegangan diamati melalui display digital hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Pengaturan pada Buck Converter menghasilkan penurunan tegangan dari 24 V DC menjadi 12,0 V DC. Nilai keluaran tersebut kemudian digunakan sebagai suplai bagi lampu LED DC 12 V. Pengaturan dilakukan sebelum beban dioperasikan sehingga lampu tidak langsung menerima tegangan 24 V dari SMPS. Kondisi ini juga menjadi dasar untuk memastikan bahwa kedua konfigurasi converter memiliki tegangan keluaran yang sama ketika memasuki tahap pengujian beban.

Tabel 4. 7 Pengaturan Tegangan Keluaran Buck dan Boost Converter

Parameter	Boost Converter	Buck Converter
Sumber tegangan	2 × baterai 18650	SMPS AC-DC
Tegangan input nominal	±7,4 V DC	24 V DC
Komponen pengatur	Potensiometer	Trimpot W103
Indikator	Display digital	Display digital
Tegangan output yang ditetapkan	12,0 V DC	12,0 V DC
Jenis pengaturan	Step-up	Step-down
Beban yang digunakan	Lampu LED DC 12 V	Lampu LED DC 12 V

Perbedaan tegangan input dan output pada kedua rangkaian dapat dinyatakan melalui perubahan tegangan sebagai berikut:

Boost Converter:

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_{out} - V_{in} \\ \Delta V &= 12,0 - 7,4 \\ \Delta V &= 4,6 \text{ V}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan tegangan nominal baterai, Boost Converter mengalami kenaikan tegangan sebesar **4,6 V**. Nilai ini

digunakan sebagai gambaran perubahan tingkat tegangan secara nominal, bukan sebagai hasil pengukuran aktual baterai pada saat pengujian.

Buck Converter:

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_{in} - V_{out} \\ \Delta V &= 24,0 - 12,0 \\ \Delta V &= 12,0 \text{ V}\end{aligned}$$

Pada Buck Converter terjadi penurunan tegangan sebesar **12,0 V**. Tegangan keluaran 12,0 V tersebut merupakan setengah dari tegangan masukan 24 V, sehingga secara perbandingan:

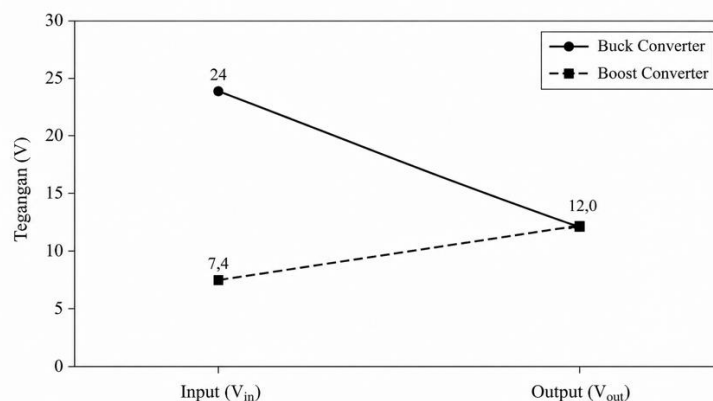
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% = \frac{12,0}{24,0} \times 100\% = 50\%$$

Artinya, tegangan keluaran yang ditetapkan pada Buck Converter berada pada 50% dari tegangan masukannya. Hasil pengaturan menunjukkan bahwa kedua modul dapat diarahkan pada tegangan keluaran 12,0 V DC, meskipun proses yang digunakan berbeda. Boost Converter melakukan peningkatan dari sumber baterai yang berada di bawah tegangan kerja LED, sedangkan Buck Converter melakukan penurunan dari sumber SMPS yang berada di atas tegangan kerja LED. Kesamaan nilai keluaran tersebut diperlukan agar lampu LED memperoleh tegangan kerja yang sama pada kedua konfigurasi ketika pengujian dilakukan:

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Hasil Pengaturan Tegangan Keluaran

No.	Parameter	Boost Converter	Buck Converter
1	Tegangan input	$\pm 7,4$ V DC*	24 V DC
2	Tegangan output	12,0 V DC	12,0 V DC
3	Perubahan tegangan	+4,6 V*	-12,0 V
4	Persentase output terhadap input	$\pm 162,16\%$ *	50%
5	Karakteristik konversi	Step-up	Step-down
6	Beban	LED 12 V	LED 12 V

Berdasarkan hasil pengaturan tegangan keluaran, kedua converter menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC yang disesuaikan dengan kebutuhan lampu LED. Buck Converter menunjukkan karakteristik penurunan tegangan dari 24,0 V menjadi 12,0 V, sedangkan Boost Converter menunjukkan karakteristik peningkatan tegangan dari tegangan nominal 7,4 V menjadi 12,0 V. Perbandingan tegangan input dan output kedua converter selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memperjelas perbedaan karakteristik perubahan tegangan.



Gambar 4. 3

Grafik Perbandingan Tegangan Input dan Output Buck Converter dan Boost Converter

4.2 Kinerja Buck Converter dan Boost Converter

4.2.1 Spesifikasi Buck Converter

Modul Buck Converter yang digunakan merupakan modul Step-Down DC-DC dengan voltmeter digital berbasis LM2596S atau LM2596S-ADJ. Modul ini digunakan untuk menurunkan tegangan DC dari sumber SMPS 24 V menjadi tegangan keluaran 12,0 V yang diperlukan oleh lampu LED. Pengaturan tegangan keluaran dilakukan menggunakan trimpot presisi W103, sedangkan nilai tegangan dapat diamati melalui layar voltmeter digital yang terpasang pada modul. Modul memiliki terminal VIN+, VIN-, VOUT+, dan VOUT- yang digunakan sebagai titik sambungan sumber dan beban.

Berdasarkan spesifikasi modul yang digunakan, tegangan masukan berada pada rentang 4,0–40 V DC, dengan ketentuan tegangan masukan harus lebih tinggi daripada tegangan keluaran. Rentang tegangan keluaran yang dapat diatur berada pada 1,25–37 V DC. Modul memiliki kemampuan arus keluaran sekitar 2 A secara nominal dan dapat mencapai maksimum sekitar 3 A pada kondisi tertentu, dengan penggunaan heatsink dianjurkan ketika modul digunakan pada arus di atas 2 A. Spesifikasi tersebut menunjukkan bahwa modul memiliki kemampuan pengaturan tegangan yang cukup luas untuk kebutuhan penelitian, sementara penggunaannya pada penelitian ini diarahkan pada tegangan keluaran 12,0 V.

Tabel 4. 9 Spesifikasi Modul Buck Converter

Parameter	Spesifikasi
Jenis modul	DC-DC Step-Down Buck Converter
IC utama	LM2596S / LM2596S-ADJ
Tegangan input	4,0–40 V DC
Tegangan output	1,25–37 V DC adjustable

Arus output nominal	± 2 A
Arus output maksimum	Hingga ± 3 A
Pengatur tegangan	Trimpot W103
Indikator tegangan	Voltmeter digital 3 digit
Tombol display	S1, pemilih tampilan input/output
Terminal input	VIN+ dan VIN-
Terminal output	VOU+ dan VOU-
Sumber penelitian	SMPS 24 V DC
Output penelitian	12,0 V DC
Beban	Lampu LED DC 12 V/5 W

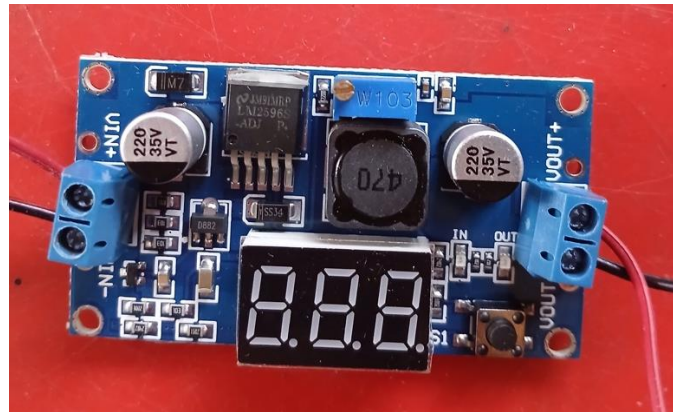
Voltmeter digital pada modul memiliki tampilan 3 digit tujuh segmen yang digunakan untuk memantau tegangan. Tombol S1 memungkinkan tampilan berpindah antara tegangan input dan tegangan output. Fasilitas tersebut memberikan kemudahan dalam proses pengamatan nilai tegangan selama pengujian. Trimpot W103 digunakan untuk melakukan penyesuaian tegangan keluaran sampai diperoleh nilai yang ditetapkan, yaitu 12,0 V DC. Pada konfigurasi penelitian, sumber 24 V DC dari SMPS diberikan ke bagian input modul. Tegangan tersebut kemudian diturunkan melalui Buck Converter dan diatur hingga menghasilkan keluaran 12,0 V DC. Secara matematis, rasio tegangan keluaran terhadap masukan pada kondisi pengujian dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% = \frac{12}{24} \times 100\% = 50\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang digunakan dalam penelitian berada pada 50% dari tegangan masukan Buck Converter. Selisih antara tegangan input dan output adalah:

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_{in} - V_{out} \\ \Delta V &= 24 - 12 = 12 \text{ V}\end{aligned}$$

Hasil tersebut sesuai dengan karakteristik modul sebagai Step-Down Converter, yaitu menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah daripada tegangan masukannya.



Gambar 4. 4 Modul Buck Converter berbasis LM2596S-ADJ
Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2026.

4.2.2 Spesifikasi Boost Converter

Modul Boost Converter yang digunakan merupakan DC-DC Step-Up Boost Converter high-power yang dilengkapi dengan voltmeter digital dan heatsink aluminium. Modul ini digunakan untuk meningkatkan tegangan sumber dari dua baterai 18650 yang disusun seri menuju tegangan keluaran 12,0 V DC. Modul yang digunakan memiliki rentang tegangan input 3–35 V DC, sedangkan tegangan output dapat diatur pada rentang 5–45 V DC, dengan ketentuan tegangan keluaran harus lebih tinggi daripada tegangan input. Berdasarkan bahan spesifikasi yang tersedia, modul Boost Converter menggunakan XL6009/LTC1871 sebagai komponen atau modul utama. Kemampuan arus input maksimum berada pada sekitar 9 A, sedangkan penggunaan kontinu direkomendasikan sekitar 6 A. Kemampuan daya keluaran berada pada kisaran

75–100 W, bergantung pada kondisi pendinginan. Modul telah dilengkapi heatsink aluminium yang berfungsi membantu pelepasan panas ketika modul bekerja pada beban yang lebih tinggi.

Tabel 4. 10 Spesifikasi Modul Boost Converter

Parameter	Spesifikasi
Jenis modul	DC-DC Step-Up Boost Converter
Komponen/modul utama	XL6009 / LTC1871
Tegangan input	3–35 V DC
Tegangan output	5–45 V DC adjustable
Arus input maksimum	±9 A
Arus input kontinu yang disarankan	±6 A
Daya output	±75–100 W
Pengatur tegangan	Trimpot W104/W103
Indikator tegangan	Voltmeter digital 3 digit
Tombol display	Pemilih tampilan input/output
Pendingin	Heatsink aluminium
Terminal input	Terminal blok sekrup
Terminal output	Terminal blok sekrup
Sumber penelitian	2 × baterai 18650
Tegangan input nominal penelitian	±7,4 V DC
Output penelitian	12,0 V DC
Beban	Lampu LED DC 12 V/5 W

Pengaturan tegangan keluaran dilakukan menggunakan potensiometer presisi atau trimpot yang tersedia pada modul. Display digital digunakan untuk memantau nilai tegangan selama proses pengaturan. Pada penelitian ini, tegangan keluaran diarahkan pada nilai 12,0 V DC agar sesuai dengan kebutuhan lampu LED. Pengaturan dilakukan sebelum beban digunakan sehingga tegangan yang diberikan kepada lampu berada pada nilai yang telah ditentukan. Sumber Boost Converter berasal dari dua baterai 18650 yang disusun seri. Secara nominal, kedua baterai menghasilkan tegangan sekitar 7,4 V. Perubahan tegangan menuju keluaran 12,0 V dapat dihitung sebagai berikut:

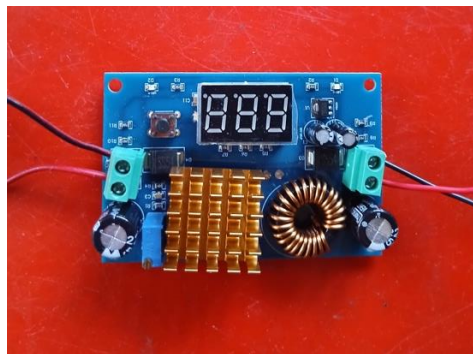
$$\Delta V = V_{out} - V_{in}$$

$$\Delta V = 12 - 7,4 = 4,6 \text{ V}$$

Persentase tegangan keluaran terhadap tegangan masukan nominal adalah:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% = \frac{12}{7,4} \times 100\% \approx 162,16\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang digunakan sekitar 162,16% dari tegangan nominal sumber, atau mengalami peningkatan sekitar 62,16% dibandingkan tegangan masukannya. Perhitungan ini menggunakan tegangan nominal baterai 7,4 V sehingga tidak menggantikan hasil pengukuran aktual tegangan baterai pada saat pengujian.



Gambar 4. 5 Modul Boost Converter High-Power dengan Voltmeter Digital
Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2026.

Heatsink pada modul Boost Converter menjadi salah satu karakteristik fisik yang membedakannya dari modul Buck Converter yang digunakan. Keberadaan heatsink ditujukan untuk membantu pelepasan panas pada komponen daya ketika modul bekerja dengan beban yang lebih tinggi. Pada penelitian ini, modul digunakan untuk mengubah tegangan sumber baterai menjadi 12,0 V untuk memenuhi kebutuhan lampu LED 12 V/5 W.

4.2.3 Hasil Pengujian Buck Converter

Hasil pengujian Buck Converter menunjukkan bahwa modul menerima tegangan masukan sebesar 24 V DC dari Power Supply Switching (SMPS). Tegangan tersebut kemudian diturunkan melalui modul Buck Converter dan diatur menggunakan trimpot hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Nilai keluaran tersebut sesuai dengan tegangan kerja lampu LED yang digunakan sebagai beban, yaitu 12 V/5 W. Perubahan tegangan yang terjadi dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta V = V_{in} - V_{out}$$

$$\Delta V = 24 - 12$$

$$\Delta V = 12 \text{ V}$$

Persentase tegangan keluaran terhadap tegangan masukan dihitung dengan:

$$\begin{aligned} & \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{12}{24} \times 100\% = 50\% \end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada pada 50% dari tegangan masukannya. Karakteristik ini sesuai dengan fungsi Buck Converter sebagai rangkaian step-down. Tegangan 24 V dari SMPS tidak diberikan secara langsung kepada lampu LED, tetapi terlebih dahulu disesuaikan melalui converter sehingga diperoleh tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban.

Tabel 4. 11 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter

Parameter	Hasil	Analisis
Tegangan input	24 V DC	Tegangan sumber dari SMPS
Tegangan output	12,0 V DC	Sesuai kebutuhan LED
Penurunan tegangan	12,0 V	Terjadi proses step-down
Rasio output/input	50%	Output berada pada setengah tegangan input
Beban	LED 12 V/5 W	Beban dapat dioperasikan
Kondisi rangkaian	Beroperasi	Konversi tegangan berhasil

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa Buck Converter dapat digunakan sebagai penghubung antara sumber DC 24 V dan beban LED 12 V. Pengaturan melalui trimpot memungkinkan tegangan keluaran disesuaikan sebelum beban dihubungkan. Keberhasilan lampu LED menyala pada tegangan keluaran 12,0 V menunjukkan bahwa rangkaian telah memenuhi kebutuhan dasar pengujian dari sisi kesesuaian tegangan.

4.2.4 Hasil Pengujian Boost Converter

Hasil pengujian Buck Converter menunjukkan bahwa modul menerima tegangan masukan sebesar 24 V DC dari *Power Supply Switching* (SMPS). Tegangan tersebut kemudian diturunkan melalui modul Buck Converter dan diatur menggunakan trimpot hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Nilai keluaran tersebut sesuai dengan tegangan kerja lampu LED yang digunakan sebagai beban, yaitu 12 V/5 W. Perubahan tegangan yang terjadi dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta V = V_{in} - V_{out}$$

$$\Delta V = 24 - 12$$

$$\Delta V = 12 \text{ V}$$

Persentase tegangan keluaran terhadap tegangan masukan dihitung dengan:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{12}{24} \times 100\% = 50\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada pada 50% dari tegangan masukannya. Karakteristik ini sesuai dengan fungsi Buck Converter sebagai rangkaian step-down. Tegangan 24 V dari SMPS tidak diberikan secara langsung kepada lampu LED, tetapi terlebih dahulu disesuaikan melalui converter sehingga diperoleh tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban.

Tabel 4. 12 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter

Parameter	Hasil	Analisis
Tegangan input	24 V DC	Tegangan sumber dari SMPS
Tegangan output	12,0 V DC	Sesuai kebutuhan LED
Penurunan tegangan	12,0 V	Terjadi proses step-down
Rasio output/input	50%	Output berada pada setengah tegangan input
Beban	LED 12 V/5 W	Beban dapat dioperasikan
Kondisi rangkaian	Beroperasi	Konversi tegangan berhasil

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa Buck Converter dapat digunakan sebagai penghubung antara sumber DC 24 V dan beban LED 12 V. Pengaturan melalui trimpot memungkinkan tegangan keluaran disesuaikan sebelum beban dihubungkan. Keberhasilan lampu LED menyala pada tegangan keluaran 12,0 V menunjukkan bahwa rangkaian telah memenuhi kebutuhan dasar pengujian dari sisi kesesuaian tegangan.

4.2.5 Analisis Tegangan, Arus, dan Daya

Hasil pengujian Buck Converter menunjukkan bahwa modul menerima tegangan masukan sebesar 24 V DC dari Power Supply Switching (SMPS). Tegangan tersebut kemudian diturunkan melalui modul Buck Converter dan diatur menggunakan trimpot

hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Nilai keluaran tersebut sesuai dengan tegangan kerja lampu LED yang digunakan sebagai beban, yaitu 12 V/5 W. Perubahan tegangan yang terjadi dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta V = V_{in} - V_{out}$$

$$\Delta V = 24 - 12$$

$$\Delta V = 12 \text{ V}$$

Persentase tegangan keluaran terhadap tegangan masukan dihitung dengan:

$$\begin{aligned} & \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{12}{24} \times 100\% = 50\% \end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada pada 50% dari tegangan masukannya. Karakteristik ini sesuai dengan fungsi Buck Converter sebagai rangkaian step-down. Tegangan 24 V dari SMPS tidak diberikan secara langsung kepada lampu LED, tetapi terlebih dahulu disesuaikan melalui converter sehingga diperoleh tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban.

Tabel 4. 13 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter

Parameter	Hasil	Analisis
Tegangan input	24 V DC	Tegangan sumber dari SMPS
Tegangan output	12,0 V DC	Sesuai kebutuhan LED
Penurunan tegangan	12,0 V	Terjadi proses step-down
Rasio output/input	50%	Output berada pada setengah tegangan input
Beban	LED 12 V/5 W	Beban dapat dioperasikan
Kondisi rangkaian	Beroperasi	Konversi tegangan berhasil

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa Buck Converter dapat digunakan sebagai penghubung antara sumber DC 24 V dan beban LED 12 V. Pengaturan melalui trimpot memungkinkan tegangan keluaran disesuaikan sebelum

beban dihubungkan. Keberhasilan lampu LED menyala pada tegangan keluaran 12,0 V menunjukkan bahwa rangkaian telah memenuhi kebutuhan dasar pengujian dari sisi kesesuaian tegangan.

4.2.6 Analisis Perubahan Beban

Hasil pengujian Buck Converter menunjukkan bahwa modul menerima tegangan masukan sebesar 24 V DC dari Power Supply Switching (SMPS). Tegangan tersebut kemudian diturunkan melalui modul Buck Converter dan diatur menggunakan trimpot hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Nilai keluaran tersebut sesuai dengan tegangan kerja lampu LED yang digunakan sebagai beban, yaitu 12 V/5 W. Perubahan tegangan yang terjadi dapat dinyatakan sebagai:

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_{in} - V_{out} \\ \Delta V &= 24 - 12 \\ \Delta V &= 12 \text{ V}\end{aligned}$$

Persentase tegangan keluaran terhadap tegangan masukan dihitung dengan:

$$\begin{aligned}\frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% \\ = \frac{12}{24} \times 100\% = 50\%\end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada pada 50% dari tegangan masukannya. Karakteristik ini sesuai dengan fungsi Buck Converter sebagai rangkaian step-down. Tegangan 24 V dari SMPS tidak diberikan secara langsung kepada lampu LED, tetapi terlebih dahulu disesuaikan melalui converter sehingga diperoleh tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban.

Tabel 4. 14 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter

Parameter	Hasil	Analisis
Tegangan input	24 V DC	Tegangan sumber dari SMPS
Tegangan output	12,0 V DC	Sesuai kebutuhan LED
Penurunan tegangan	12,0 V	Terjadi proses step-down
Rasio output/input	50%	Output berada pada setengah tegangan input
Beban	LED 12 V/5 W	Beban dapat dioperasikan
Kondisi rangkaian	Beroperasi	Konversi tegangan berhasil

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa Buck Converter dapat digunakan sebagai penghubung antara sumber DC 24 V dan beban LED 12 V. Pengaturan melalui trimpot memungkinkan tegangan keluaran disesuaikan sebelum beban dihubungkan. Keberhasilan lampu LED menyala pada tegangan keluaran 12,0 V menunjukkan bahwa rangkaian telah memenuhi kebutuhan dasar pengujian dari sisi kesesuaian tegangan.

Hasil pengujian Buck Converter menunjukkan bahwa modul menerima tegangan masukan sebesar 24 V DC dari Power Supply Switching (SMPS). Tegangan tersebut kemudian diturunkan melalui modul Buck Converter dan diatur menggunakan trimpot hingga diperoleh tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Nilai keluaran tersebut sesuai dengan tegangan kerja lampu LED yang digunakan sebagai beban, yaitu 12 V/5 W. Perubahan tegangan yang terjadi dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta V = V_{in} - V_{out}$$

$$\Delta V = 24 - 12$$

$$\Delta V = 12 \text{ V}$$

Persentase tegangan keluaran terhadap tegangan masukan dihitung dengan:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{12}{24} \times 100\% = 50\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada pada 50% dari tegangan masukannya. Karakteristik ini sesuai dengan fungsi Buck Converter sebagai rangkaian step-down. Tegangan 24 V dari SMPS tidak diberikan secara langsung kepada lampu LED, tetapi terlebih dahulu disesuaikan melalui converter sehingga diperoleh tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban.

Tabel 4. 15 Analisis Hasil Pengujian Buck Converter

Parameter	Hasil	Analisis
Tegangan input	24 V DC	Tegangan sumber dari SMPS
Tegangan output	12,0 V DC	Sesuai kebutuhan LED
Penurunan tegangan	12,0 V	Terjadi proses step-down
Rasio output/input	50%	Output berada pada setengah tegangan input
Beban	LED 12 V/5 W	Beban dapat dioperasikan
Kondisi rangkaian	Beroperasi	Konversi tegangan berhasil

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa Buck Converter dapat digunakan sebagai penghubung antara sumber DC 24 V dan beban LED 12 V. Pengaturan melalui trimpot memungkinkan tegangan keluaran disesuaikan sebelum beban dihubungkan. Keberhasilan lampu LED menyala pada tegangan keluaran 12,0 V menunjukkan bahwa rangkaian telah memenuhi kebutuhan dasar pengujian dari sisi kesesuaian tegangan.

4.3 Efisiensi dan Kestabilan Sistem Konversi Daya

4.3.1 Perbandingan Karakteristik Buck Converter dan Boost Converter

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan Buck Converter dan Boost Converter memberikan karakteristik konversi tegangan yang berbeda sesuai dengan kondisi sumber listrik yang digunakan. Kedua rangkaian sama-sama diarahkan untuk

menyediakan tegangan 12,0 V DC bagi lampu LED 12 V/5 W, tetapi proses untuk mencapai tegangan tersebut tidak sama. Buck Converter menerima tegangan 24 V DC dari Power Supply Switching (SMPS), kemudian menurunkannya menjadi 12,0 V DC. Boost Converter menerima sumber dari dua baterai 18650 yang disusun seri dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V, kemudian menaikkan tegangan tersebut hingga 12,0 V DC. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa pemilihan jenis converter sangat berkaitan dengan perbedaan tingkat tegangan antara sumber dan beban.

Pengujian juga memperlihatkan bahwa converter bukan hanya berfungsi sebagai pengubah nilai tegangan, tetapi menjadi bagian penghubung antara karakteristik sumber energi dengan kebutuhan beban. Pada Buck Converter, tegangan sumber yang lebih tinggi perlu dikurangi sebelum diberikan kepada lampu LED. Pada Boost Converter, kondisi yang terjadi berlawanan karena tegangan sumber lebih rendah daripada tegangan kerja LED. Kedua rangkaian akhirnya menghasilkan tegangan keluaran yang sama, tetapi karakteristik input dan proses konversinya berbeda. Perbedaan tersebut menjadi dasar utama dalam memahami kinerja masing-masing rangkaian pada penelitian ini.

Buck Converter dan Boost Converter memiliki prinsip kerja yang berlawanan dalam hal perubahan tingkat tegangan. Buck Converter digunakan ketika tegangan sumber berada di atas tegangan yang dibutuhkan beban, sedangkan Boost Converter digunakan ketika tegangan sumber berada di bawah tegangan kerja beban. Kondisi tersebut terlihat jelas pada hasil penelitian, yaitu sumber 24 V DC pada Buck Converter diturunkan menjadi 12,0 V, sedangkan sumber nominal 7,4 V pada Boost Converter

dinaikkan menjadi 12,0 V. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kedua converter memiliki fungsi yang saling melengkapi dalam sistem konversi daya DC.

Tabel 4. 16 Perbandingan Karakteristik Buck dan Boost Converter

Karakteristik	Buck Converter	Boost Converter
Sumber	SMPS	2× baterai 18650
Tegangan input nominal	24 V DC	$\pm 7,4$ V DC
Tegangan output	12,0 V DC	12,0 V DC
Arah konversi	Menurunkan tegangan	Menaikkan tegangan
Perubahan tegangan	-12,0 V	+4,6 V*
Beban	LED 12 V/5 W	LED 12 V/5 W
Pengaturan output	Trimpot	Potensiometer/trimpot
Kondisi beban	LED beroperasi	LED beroperasi

Dari karakteristik tersebut terlihat bahwa Buck Converter memiliki rentang penyesuaian yang berasal dari sumber tegangan relatif tinggi, sedangkan Boost Converter memungkinkan sumber baterai dengan tegangan lebih rendah digunakan untuk beban 12 V. Penggunaan Buck Converter pada sumber 24 V memberikan keuntungan berupa kesesuaian antara sumber SMPS dan kebutuhan beban setelah tegangan diturunkan. Boost Converter memberikan fungsi yang berbeda karena memungkinkan energi dari baterai 18650 dimanfaatkan untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan sumbernya. Kesamaan tegangan keluaran pada kedua rangkaian menjadi hal penting dalam pengujian. Lampu LED menerima tegangan 12,0 V baik dari Buck Converter maupun Boost Converter. Kondisi tersebut membuat perbedaan performa kedua rangkaian tidak dapat dinilai hanya berdasarkan kemampuan menyalakan LED. Karakteristik sumber, arah konversi, arus yang digunakan, daya yang diproses, serta rugi-rugi pada rangkaian perlu diperhatikan ketika penilaian kinerja dilakukan secara lebih menyeluruh.

Masing-masing konfigurasi memiliki keunggulan yang sesuai dengan karakteristik sumbernya. Buck Converter memiliki keunggulan pada penggunaannya sebagai penurun tegangan dari sumber DC yang lebih tinggi menuju tegangan kerja beban. Pada penelitian ini, sumber 24 V dari SMPS dapat diturunkan menjadi 12,0 V sehingga dapat digunakan untuk mengoperasikan LED 12 V/5 W. Modul yang digunakan juga memiliki trimpot untuk melakukan pengaturan tegangan keluaran serta display digital yang membantu proses pemantauan tegangan.

Boost Converter memiliki keunggulan pada kemampuannya meningkatkan tegangan dari sumber baterai yang lebih rendah. Dua baterai 18650 dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V dapat digunakan untuk menghasilkan keluaran 12,0 V. Karakteristik tersebut memberikan kemungkinan penggunaan sumber baterai pada beban yang membutuhkan tegangan lebih tinggi daripada tegangan sumber. Modul Boost Converter yang digunakan juga dilengkapi dengan pengaturan tegangan dan display digital sehingga proses penyesuaian keluaran dapat dilakukan sebelum beban dioperasikan.

Di samping keunggulan tersebut, kedua rangkaian memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pengujian yang dilakukan belum menyediakan data arus input dan output secara lengkap sehingga perhitungan daya aktual dan efisiensi numerik belum dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan converter yang paling hemat energi. Pengujian juga menggunakan satu jenis beban, yaitu lampu LED 12 V/5 W, sehingga karakteristik converter terhadap variasi beban belum dapat digambarkan secara luas. Kondisi ini membatasi ruang interpretasi hasil penelitian pada kemampuan dasar kedua

converter dalam melakukan penyesuaian tegangan dan mengoperasikan beban yang telah ditentukan.

Keterbatasan lainnya terdapat pada penggunaan tegangan nominal baterai sebagai acuan pada Boost Converter. Nilai sekitar 7,4 V merupakan nilai nominal dua baterai 18650 yang disusun seri, sedangkan tegangan aktual dapat berubah sesuai kondisi baterai. Pengukuran tegangan aktual pada saat pengujian akan memberikan gambaran yang lebih tepat mengenai kondisi input converter. Meskipun begitu, data yang tersedia tetap menunjukkan fungsi dasar Boost Converter dalam meningkatkan tegangan menuju nilai 12,0 V yang diperlukan oleh beban.

4.3.2 Evaluasi Efisiensi dan Kinerja Sistem Konversi Daya

Selanjutnya, evaluasi kinerja sistem pada penelitian ini dilakukan dengan melihat kesesuaian antara tegangan sumber, hasil konversi, dan kebutuhan beban. Parameter tersebut memberikan gambaran paling jelas dari data pengujian yang tersedia. Buck Converter menghasilkan perubahan dari 24 V menjadi 12,0 V, sedangkan Boost Converter menghasilkan perubahan dari sekitar 7,4 V menjadi 12,0 V. Kedua hasil tersebut sesuai dengan kebutuhan tegangan lampu LED yang digunakan.

Tabel 4. 17 Evaluasi Kinerja Sistem

Parameter Evaluasi	Buck Converter	Boost Converter
Kesesuaian tegangan input	Sesuai dengan karakteristik step-down	Sesuai dengan karakteristik step-up
Tegangan output	12,0 V	12,0 V
Kesesuaian dengan LED	Sesuai	Sesuai
LED dapat beroperasi	Ya	Ya
Pengaturan tegangan	Dapat dilakukan	Dapat dilakukan
Data arus aktual	Belum tersedia	Belum tersedia
Efisiensi aktual	Belum dapat ditentukan	Belum dapat ditentukan

Evaluasi tersebut menunjukkan bahwa kedua converter telah memenuhi fungsi dasar yang menjadi kebutuhan pengujian. Buck Converter berhasil menyesuaikan sumber 24 V menjadi 12,0 V, sedangkan Boost Converter berhasil menyesuaikan sumber nominal 7,4 V menjadi 12,0 V. Keberhasilan tersebut memperlihatkan bahwa kedua modul dapat digunakan sebagai rangkaian pengondisi tegangan untuk lampu LED 12 V/5 W. Penilaian terhadap kualitas konversi secara lebih mendalam masih memiliki batas karena tidak tersedia data arus input dan output. Data tersebut diperlukan untuk menghitung daya aktual dan efisiensi. Artinya, hasil penelitian yang diperoleh sudah dapat menunjukkan keberhasilan fungsi konversi tegangan, tetapi belum cukup untuk menentukan converter yang memiliki efisiensi energi paling tinggi.

Hasil akhir pengujian menunjukkan bahwa Buck Converter dan Boost Converter menghasilkan karakteristik perubahan tegangan yang berbeda sesuai dengan kondisi sumber yang digunakan. Pada Buck Converter, tegangan masukan sebesar 24 V DC yang berasal dari Power Supply Switching (SMPS) diturunkan melalui modul converter hingga mencapai 12,0 V DC pada sisi keluaran. Perubahan tersebut menunjukkan adanya penurunan tegangan sebesar 12,0 V, sehingga tegangan keluaran berada pada 50% dari tegangan masukannya. Nilai tersebut diperoleh dari perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan, yaitu $12/24 \times 100\% = 50\%$. Hasil ini memperlihatkan karakteristik step-down sesuai dengan fungsi Buck Converter yang digunakan dalam penelitian.

Pada Boost Converter, sumber tegangan diperoleh dari dua buah baterai 18650 yang disusun secara seri dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V. Tegangan tersebut kemudian

diberikan kepada Boost Converter dan dinaikkan melalui proses konversi hingga mencapai 12,0 V DC pada sisi keluaran. Berdasarkan tegangan nominal sumber, terdapat peningkatan tegangan sebesar sekitar 4,6 V. Perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan nominal masukan menghasilkan nilai sekitar 162,16%, yang diperoleh dari $12/7,4 \times 100\%$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada lebih tinggi daripada tegangan sumber sehingga rangkaian bekerja sesuai karakteristik step-up.

Kedua konfigurasi menggunakan beban yang sama, yaitu lampu LED DC 12 V/5 W. Pada masing-masing pengujian, tegangan keluaran converter diatur hingga mencapai 12,0 V sebelum diberikan kepada lampu LED. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesesuaian antara tegangan keluaran hasil konversi dengan tegangan kerja beban yang digunakan. Lampu LED dapat dioperasikan pada kedua konfigurasi setelah tegangan keluaran mencapai nilai tersebut. Dengan demikian, hasil pengujian memberikan bukti pengamatan bahwa kedua rangkaian dapat menyediakan tegangan 12,0 V untuk beban LED yang digunakan.

Perbedaan hasil antara kedua rangkaian terutama terlihat pada arah perubahan tegangan. Buck Converter mengubah tegangan dari 24 V menjadi 12,0 V, sedangkan Boost Converter mengubah tegangan nominal sekitar 7,4 V menjadi 12,0 V. Dengan demikian, Buck Converter mengalami perubahan sebesar $-12,0$ V, sementara Boost Converter mengalami perubahan sekitar $+4,6$ V berdasarkan tegangan nominal baterai. Kedua perubahan tersebut menunjukkan fungsi masing-masing converter dalam menyesuaikan tingkat tegangan sumber dengan kebutuhan beban.

Nilai tegangan tersebut juga menunjukkan bahwa kesamaan tegangan keluaran tidak berarti kedua converter memiliki karakteristik kerja yang sama. Buck Converter memerlukan proses penurunan karena tegangan sumber 24 V lebih tinggi daripada kebutuhan LED 12 V. Sebaliknya, Boost Converter memerlukan proses peningkatan

karena tegangan nominal sumber sekitar 7,4 V lebih rendah daripada kebutuhan LED. Oleh karena itu, pemilihan jenis converter dalam konfigurasi penelitian berkaitan langsung dengan posisi tegangan sumber terhadap tegangan kerja beban.

Hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa keberadaan modul converter menjadi bagian penting dalam kedua konfigurasi. Pada Buck Converter, modul berfungsi menyesuaikan sumber 24 V DC agar tidak diberikan langsung kepada LED 12 V. Pada Boost Converter, modul digunakan untuk meningkatkan tegangan baterai yang secara nominal hanya sekitar 7,4 V agar dapat mencapai 12,0 V. Kedua kondisi tersebut memperlihatkan fungsi converter sebagai pengatur tingkat tegangan antara sumber dan beban. Perbedaan arah konversi menjadi karakteristik utama yang membedakan penerapan kedua modul tersebut.

Namun, hasil pengujian tegangan tersebut belum dapat digunakan untuk menyatakan bahwa salah satu converter lebih efisien dibandingkan converter lainnya. Efisiensi tidak ditentukan hanya berdasarkan perubahan tegangan input dan output, tetapi membutuhkan informasi daya yang masuk dan daya yang keluar dari converter. Daya masukan dan daya keluaran masing-masing ditentukan berdasarkan hubungan tegangan dan arus, yaitu $P_{in} = V_{in} \times I_{in}$ dan $P_{out} = V_{out} \times I_{out}$. Selanjutnya, efisiensi dapat ditentukan menggunakan persamaan $\eta = (P_{out}/P_{in}) \times 100\%$. Karena data arus input dan arus output aktual tidak tercantum dalam hasil pengujian yang tersedia, nilai daya dan efisiensi kedua converter tidak dapat ditentukan secara numerik.

Kondisi yang sama berlaku pada penentuan rugi-rugi daya. Besarnya rugi-rugi dapat diperoleh melalui selisih antara daya masukan dan daya keluaran dengan

persamaan $P_{loss} = P_{in} - P_{out}$. Tanpa data arus pada sisi input dan output, besarnya daya masukan, daya keluaran, maupun rugi-rugi daya belum dapat dihitung. Oleh karena itu, pembahasan hasil akhir dibatasi pada parameter yang memang diperoleh selama pengujian, terutama tegangan input, tegangan output, perubahan tegangan, karakteristik konversi, dan kondisi operasi lampu LED.

Berdasarkan hasil tersebut, Buck Converter menunjukkan perubahan tegangan dari 24 V menjadi 12,0 V, sedangkan Boost Converter menunjukkan perubahan dari tegangan nominal $\pm 7,4$ V menjadi 12,0 V. Kedua konfigurasi menghasilkan tegangan keluaran yang sama dan digunakan untuk mengoperasikan beban LED 12 V/5 W. Perbedaan sebesar 12,0 V pada Buck Converter dan sekitar 4,6 V pada Boost Converter menunjukkan bahwa masing-masing rangkaian bekerja dengan karakteristik konversi yang berbeda. Hasil tersebut menjadi dasar untuk memahami perbedaan penggunaan Buck dan Boost Converter dalam sistem konversi tegangan DC.

Dengan demikian, hasil akhir pengujian memberikan gambaran bahwa konfigurasi Buck Converter sesuai untuk kondisi sumber yang memiliki tegangan lebih tinggi daripada kebutuhan beban, sedangkan Boost Converter digunakan ketika tegangan sumber berada di bawah kebutuhan beban. Pada penelitian ini, kondisi tersebut ditunjukkan melalui perubahan 24 V menjadi 12,0 V pada Buck Converter dan sekitar 7,4 V menjadi 12,0 V pada Boost Converter. Lampu LED 12 V/5 W dapat dioperasikan setelah masing-masing converter diatur pada tegangan keluaran 12,0 V. Hasil tersebut menjadi dasar pembahasan terhadap karakteristik dan kinerja kedua

converter pada bagian sebelumnya tanpa memberikan kesimpulan mengenai efisiensi yang belum didukung oleh data pengukuran arus dan daya.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai perbandingan kinerja Buck Converter dan Boost Converter pada beban lampu LED, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik Buck Converter dan Boost Converter dalam mengatur tegangan pada beban lampu LED ditunjukkan melalui perbedaan kondisi sumber dan arah konversi yang digunakan. Buck Converter menerima tegangan input sebesar 24 V DC dari Power Supply Switching (SMPS) dan menurunkannya menjadi 12,0 V DC, sehingga terjadi penurunan tegangan sebesar 12,0 V atau menghasilkan tegangan output sebesar 50% dari tegangan input. Sementara itu, Boost Converter menggunakan dua baterai 18650 yang disusun seri dengan tegangan nominal sekitar 7,4 V dan menaikkannya menjadi 12,0 V DC, sehingga terjadi peningkatan tegangan sekitar 4,6 V atau tegangan output mencapai sekitar 162,16% dari tegangan nominal input. Kedua konfigurasi tersebut dapat digunakan untuk memberikan tegangan 12,0 V kepada lampu LED dengan spesifikasi 12 V/5 W, sehingga perbedaan utama karakteristik keduanya terletak pada arah konversi, yaitu Buck Converter sebagai penurun tegangan dan Boost Converter sebagai penaik tegangan. Adapun karakteristik arus belum dapat dibandingkan secara kuantitatif karena data hasil pengukuran arus input dan output tidak tersedia dalam hasil pengujian.

2. Kinerja Buck Converter dan Boost Converter berdasarkan variasi duty cycle belum dapat dinilai secara kuantitatif karena penelitian yang dilakukan tidak menyediakan data pengukuran pada beberapa nilai duty cycle. Hasil pengujian yang tersedia menunjukkan bahwa kedua modul dapat diatur menggunakan potensiometer atau trimpot hingga menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12,0 V DC. Pada Buck Converter, tegangan keluaran tersebut diperoleh dari input 24 V DC, sedangkan pada Boost Converter diperoleh dari sumber nominal sekitar 7,4 V DC. Dengan demikian, hasil yang dapat ditegaskan dari pengujian adalah kemampuan kedua rangkaian dalam melakukan pengaturan tegangan keluaran sesuai kebutuhan beban, sedangkan hubungan antara perubahan duty cycle terhadap efisiensi daya dan kestabilan tegangan output belum dapat ditentukan secara numerik. Penilaian terhadap efisiensi membutuhkan data daya input dan output, sedangkan penilaian kestabilan membutuhkan hasil pengukuran tegangan keluaran pada beberapa kondisi atau waktu pengujian.
3. Tingkat efisiensi dan kestabilan sistem konversi daya Buck-Boost Converter dalam menghasilkan penerangan LED belum dapat ditentukan dalam bentuk persentase berdasarkan data pengujian yang tersedia. Pengujian menunjukkan bahwa kedua konfigurasi menghasilkan tegangan keluaran 12,0 V DC dan dapat digunakan untuk mengoperasikan lampu LED 12 V/5 W, sehingga dari sisi kesesuaian tegangan, kedua rangkaian dapat digunakan sebagai penghubung antara sumber dan beban. Namun, nilai efisiensi memerlukan data daya input dan daya output, sedangkan kestabilan tegangan memerlukan data perubahan tegangan keluaran selama pengoperasian. Oleh karena itu, kesimpulan mengenai

sistem yang lebih hemat energi atau lebih stabil tidak dapat ditetapkan hanya berdasarkan keberhasilan lampu LED beroperasi pada tegangan 12,0 V. Berdasarkan data yang tersedia, hasil penelitian dapat menyatakan bahwa kedua converter mampu menyesuaikan tegangan sumber menjadi 12,0 V untuk memenuhi kebutuhan beban LED, sedangkan penentuan tingkat efisiensi dan kestabilan secara kuantitatif memerlukan data pengukuran arus, daya, dan perubahan tegangan yang lebih lengkap

5.2 Saran

1. Saran Teoritis

Secara teoritis, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas kajian mengenai karakteristik konversi daya DC-DC, khususnya hubungan antara perubahan tegangan, arus, daya, dan efisiensi pada konfigurasi Buck Converter dan Boost Converter. Pengembangan kajian juga dapat diarahkan pada analisis yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kehilangan daya selama proses konversi sehingga karakteristik masing-masing topologi dapat dipahami secara lebih komprehensif.

2. Saran Akademis

Secara akademis, penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang elektronika daya, khususnya penelitian mengenai penerapan DC-DC converter pada sistem pencahayaan LED. Penelitian berikutnya dapat mengembangkan variabel pengujian dan memperluas kondisi eksperimen sehingga diperoleh data yang lebih

komprehensif mengenai hubungan antara karakteristik sumber, converter, dan beban. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi beban dan kondisi pengujian yang lebih beragam untuk memperoleh hasil yang dapat dibandingkan secara lebih luas.

3. Saran Praktis

Secara praktis, penggunaan Buck Converter maupun Boost Converter perlu disesuaikan dengan karakteristik tegangan sumber dan kebutuhan tegangan beban. Boost Converter dapat digunakan ketika tegangan sumber berada di bawah kebutuhan beban, sedangkan Buck Converter digunakan ketika tegangan sumber lebih tinggi daripada kebutuhan beban. Sebelum converter dihubungkan dengan lampu LED, tegangan keluaran perlu diatur dan diperiksa terlebih dahulu agar sesuai dengan spesifikasi beban. Untuk pengembangan sistem selanjutnya, penggunaan alat ukur dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi serta pemantauan tegangan dan arus selama pengoperasian dapat dilakukan untuk memperoleh pengendalian dan evaluasi kinerja sistem yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmessih, G. Z., Alonso, J. M., Dalla Costa, M. A., Chen, Y.-J., & Tsai, W.-T. (2020). Fully integrated buck and boost converter as a high efficiency, high-power-density off-line LED driver. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35(11), 12238–12251.
- Ahmed, M. M. H. (2023). Analisis Kinerja Buck-Boost Converter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Repository.Ump.Ac.Id*.
- Almanda, D., & Chamdareno, P. G. (2019). Perbandingan Kinerja Konverter Buck Boost Dan Konverter Sepic Sebagai Charger Baterai Berbasis Panel Surya. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–4.
- Alonso, J. M., Viña, J., Gacio, D., Campa, L., Martínez, G., & Osorio, R. (2010). Analysis and design of the quadratic buck-boost converter as a high-power-factor driver for power-LED lamps. *IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, 2541–2546.
- Alonso, J. M., Viña, J., Vaquero, D. G., Martínez, G., & Osorio, R. (2011). Analysis and design of the integrated double buck-boost converter as a high-power-factor driver for power-LED lamps. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 59(4), 1689–1697.
- Ananda, A. D. (2019). Perbandingan Kinerja Buck-Boost Converter Dual Output Dengan Buck-Boost Converter Konvensional. *Repository.Ub.Ac.Id*.
- Azhari, B. (2021). Analisis Performansi DC-DC Buck Boost Converter Dengan Pengendali Logika Fuzzy-PID dan Sliding Mode Controller. *Repository.Ub.Ac.Id*.
- Azmi, S., Muliadi, M., Idwar, I., & Zuhri, R. (2017). Implementasi Alat Ukur Tegangan dan Arus Kerja LED menggunakan Boost Converter. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 8(1), 180–186. <https://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/6768>
- Azmi, T. B. G., Susanto, A. P., Zakariya, A. N., & Radianto, D. O. (2024). Analisis Perbandingan Efisiensi Buck-Boost Converter Dengan Cuk Converter Pada Panel Surya. *Koloni*, 3(2), 82–87. <https://doi.org/10.31004/koloni.v3i2.622>
- Brand, J. S., Spode, N. da S., Abdelmessih, G. Z., Alonso, J. M., Guan, Y., & Dalla Costa, M. A. (2023). Capacitance analysis for volume reduction based on integrated buck and buck-boost LED driver. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 60(2), 2970–2979.
- Cabral, H. G., Marques, A. R., Pedrollo, G. R., De Faria, P. F., & Dos Reis, F. S. (2014). Performance comparison of Buck-boost family converters for driving led lamps. *2014 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications*, 1–8.
- Cahyadi, L. W., Andromeda, T., & Facta, M. (2017). Kinerja Konverter Arus Searah

- Tipe Buck Converter Dengan Umpan Balik Tegangan Berbasis TL494. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(1), 161–167.
- Darwiyani, M. Z., Andromeda, T., & Warsito, A. (2017). Perancangan Synchronous Buck-Boost Converter Berbasis Mikrokontroler Atmega16. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(4), 644–650.
- Eguchi, K., Kuwahara, K., & Ishibashi, T. (2020). Analysis of an LED lighting circuit using a hybrid buck–boost converter with high gain. *Energy Reports*, 6, 250–256.
- Febriandhi, M. I. (2024). Analisis Penerapan Buck-Boost Converter pada Sistem Charging Baterai dengan Kendali Sliding Mode Control. *Repository.Itk.Ac.Id*.
- Hakim, M. L., Handoko, S., & Karnoto, K. (2017). Analisis Perbandingan Buckboost Converter Dan Cuk Converter Dengan Pemicuan Mikrokontroller Atmega 8535 Untuk Aplikasi Peningkatan Kinerja Panel Surya. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 18(3), 137–144.
- Hakim, R., Wiryajati, I. K., & Citarsa, I. B. F. (2024). Evaluasi Kinerja Buck-Boost Konverter Berbasis Kontroler Konvensional. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 12(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4262>
- Ilham, I., Sulistyowati, R., Sujono, H. A., & Erwanti, N. S. (2024). Rancang Bangun PID Controlled Buck Boost Converter Sebagai Penstabil Tegangan Pembangkit Listrik Picohydro Portable. *SinarFe7*, 6(1), 1–6.
- Ilman, S. M., & Putra, F. A. S. (2024). Analisis kondisi tunak dan simulasi konverter DC-DC buck-boost. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 4(3), 231–238.
- Istonirsya, S. H. (2023). Desain Buckboost converter Dengan Mppt P&O Untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus Dan Tegangan. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), 231–240.
- Junaid, K. A. M., Sukhi, Y., Anjum, N., Jeyashree, Y., Ahamed, A. F., Debbarma, S., Chaudhary, G., Priyadarshini, S., Shylashree, N., & Garg, S. (2023). PV-based DC-DC buck-boost converter for LED driver. *E-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 5, 100271.
- Kasthala, S., Sreekumar, A. V., & Chandran, N. (2025). A comparative analysis of High Power Converter Topologies for LED Lamps. *2025 International Conference on Advancements in Power, Communication and Intelligent Systems (APCI)*, 1–6.
- Okta, M. W. N. (2021). Analisa Rancang Bangun Buck-Boost Converter Untuk Sistem Charging Battery. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(1).
- Pallapati, R. B., & Chinthamalla, R. (2024). A novel led driver with enhanced efficiency using a buck–boost converter and dc–dc buck converter. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 12(4), 3494–3504.
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Harahap, P. (2023). Thermoelectric utilization uses

- parabolic reflectors as an energy source. *AIP Conference Proceedings*, 2702(1), 50004.
- Pulungan, A. B., Sukardi, S., & Ramadhani, T. (2018). Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif. *Jurnal EECCIS*, 12(2), 93–97.
- Putri, I. A. T. M. (2025). Simulation-Based Design and Performance Evaluation of a Four-Switch Buck-Boost Converter for Formula SAE Electric Vehicle. *Etd.Repository.Ugm.Ac.Id*.
- Reza Maulidin, Yunta, P. J. P., & Indriyani, L. (2022). Rancang Buck Boost Converter Untuk Mengatur Energi Pada Baterai. *JETI (Jurnal Elektro Dan Teknologi Informasi)*, 1(1), 19–24. <https://doi.org/10.26877/jeti.v1i1.47>
- Rohana, R., Hardi, S., Nasaruddin, N., & Away, Y. (2023). External Lightning Protection System Modeling on Photovoltaic Using ATP Draw. *2023 10th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 84–89.
- Rosani, A. D. (2019). Desain dan Implementasi Constant Current Control DC Electronic Load dengan Topologi Bidirectional Buck-Boost Converter untuk Pengujian Karakteristik Baterai Lead Acid. *Repository.Its.Ac.Id*.
- Safii, M. I., Pujianto, M. C., & Dewantara, B. Y. (2019). Analisa Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Buck Boost Konverter. *Prosiding Seminakel*, 29–35.
- Saputra, N. E., Firmansyah, R., & Wicaksono, H. B. (2025). Pengaturan Tegangan Pada Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy-PI. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(3), 245–249.
- Saragi, D. P., Ashari, M., Zulkarnain, S. A. B., Sinaga, D. J., & Pratama, S. (2025). Simulasi Dan Analisis Konverter Buck Untuk Penurunan Tegangan Pada Beban Spesifik. *Jurnal Teknik AMATA*, 6(1), 19–23.
- Satapathy, L. M., Harshita, A., Saif, M., Dalai, P. K., & Jena, S. (2018). Comparative analysis of boost and buck-boost converter in photovoltaic power system under varying irradiance using MPPT. *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, 1828–1833.
- Satyakar Veeramallu, V. K., Porpandiselvi, S., & Narasimharaju, B. L. (2019). Analysis and implementation of soft- switched bidirectional buck- boost DC- DC converter for solar PV- fed LED street lighting systems. *International Journal of Circuit Theory & Applications*, 47(12).
- Setiadi, H. (2024). Perimbangan Maximum Buck-Boost Konverter Dengan Power Point Tracker Pada Solar Charging Control. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 4(1), 22–29.
- Setyawan, I., & Suprianto, B. (2019). Rancang bangun prototype solar cell buck boost

- converter menggunakan kontrol fuzzy di implementasikan pada aerator tambak udang. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(3).
- Sholihah, F. H., Palguna, K. T. C., & Athalla, M. F. J. (2021). Analisis Pemilihan Konverter Daya DC-DC pada Pembangkit Listrik EBT. *Jurnal Suara Teknik*, 6–10.
- Sitepu, A. H. (2024). Studi Kinerja Buck-Boost Converter untuk Perolehan Daya Maksimum pada Penggunaan Solar Panel. *Repositori.Usu.Ac.Id*.
- Sutrisno, A. P., & Gozali, R. B. M. (2022). Perancangan Konverter Boost Kuadratik Pada Solar Panel Menggunakan Kontrol PID. *SinarFe7*, 5(1), 66–71.
- Taufik, M., Tumbelaka, B. Y., & Taufik, T. (2017). Analisis Kinerja Flyback Current-Fed Push-Pull DC-DC Converter pada Mode Buck. *Prosiding Seniati*, 3(1), B41-1.
- Wirayati, I. K., & Satiawan, I. N. W. (2024). Analisis dan Simulasi Efisiensi Kinerja Sepic Konverter Berbasis Kontroler Konvensional. *Sci-Tech Journal*, 3(1), 83–93.
- Wirayati, I. K., Satiawan, I. N. W., Citarsa, I. B. F., Budi, I. M., Suksmadana, S., & Supriono, S. (2024). Simulasi Dan Analisis Model Matematika Three State Buck-Boost Converter (TBBC) Dengan Kendali State Feedback. *Prosiding Saintek*, 6, 83–91.
- Wiwaha, B. B. P., Wirayati, I. K., & Satiawan, I. N. W. (2024). Peningkatan Kinerja Konverter Buck Boost Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy. *Syntax Idea*, 6(9), 4027–4043.
- Yadlapalli, R. T., & Kotapati, A. (2017). Efficiency analysis of Quadratic buck converter for LED lamp driver applications. *2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI)*, 210–214.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Habib Hariwansyah
 NPM : 2207220112
 Judul : Analisis Perbandingan Kinerja Buck-Bost Converter Pada Lampu LED (Light Emitting Diode)

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	24/ 12 - 2021	Revisi rumus dan login permodel	
2	28/ 12 - 2021	Revisi format tabel dan pendahuluan	
3	20/ 1 - 2022	Revisi perhitungan rumus dan rumus efisiensi	
4	21/ 2 - 2022	Revisi flowchart dan Riset	
5	10/ 2 - 2022	Acc Lembar	
6			

Mengetahui
Dosen Pembimbing

10/2-22
Acc Lembar

Noorly Evalina, ST., MT



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

The Main Campus, Kapt. Muchtar Basri Street No.3 Medan - 20238, Telp. (061) 661059

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

NAMA : HABIB HARIWANSYAH

NPM : 2207220102

Judul Tugas Akhir : "ANALISIS KINERJA BUCK CONVERTER DAN BOOST
 CONVERTER PADA LAMPU (LED 5) WAT"

”

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	28/8 - 2022	Perbaikan TA sesuai arahan pgsj	x Sudir
2	30/8 - 2022	Perbaikan analisis TA	x Sudir
3	4/9 - 2022	Perbaikan kesimpulan	x Sudir
4	6/9 - 2022	Aec Sidag	x Sudir
5			

Dosen Pembimbing

6/9 - 2022
 Aec Sidag
 (NOORLY EVALINA, S.T, M.T)