

TESIS

**SMD LED DRIVER CIRCUIT USING SWITCHED STRING
METHOD**

Disusun dan Diajukan oleh

SRY DEFI
D032182006



DOSEN PEMBIMBING :
Prof. Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT
Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MSEE

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

Judul Thesis : SMD LED Driver Circuit Using Switched
String Method
Nama : Sry Defi
NIM : D032182006
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Komputer, Kendali dan Elektronika

ABSTRAK

Sry Defi. SMD LED Driver Circuit Using Switched String Method. (dibimbing oleh **Faizal Arya Samman** dan **Rhiza S. Sadjad**).

Penelitian ini bertujuan menguji efisiensi sebuah rangkaian pemasok daya LED untuk menyalakan lampu LED SMD tipe 3528 dengan spesifikasi arus 25mA dan tegangan 3,2V. Eksperimen menggunakan LED tipe ini menjadi acuan untuk pemilihan LED tipe D1N5765 dari pustaka peranti-lunak PSpice yang digunakan dalam simulasi. Rangkaian ini menggunakan metode switching dengan teknik modulasi lebar pulsa (pulse width modulation/PWM) yang mampu menghasilkan keluaran arus dan tegangan dengan efisiensi yang baik. PWM yang dibangkitkan dengan frekuensi switching 10Khz digunakan untuk menyala-padamkan MOSFET. Siklus tugas (duty cycle) diatur untuk memperoleh keluaran arus dan tegangan berdasarkan karakteristik LED. Hasil simulasi rangkaian menunjukkan efisiensi pada arus dan tegangan sesuai dengan spesifikasi LED yaitu 85,4%. Pada semua kasus terbukti bahwa efisiensi akan lebih baik untuk siklus tugas yang lebih besar. Berdasarkan hasil ujicoba, parameter pada komponen kapasitor efisiensinya meningkat sebesar 85,6% dan parameter pada sumber tegangan efisiensinya meningkat sebesar 91,4% terhadap rangkaian.

Kata Kunci: Pemasok Daya LED, Teknik Modulasi Lebar Pulsa, Arus dan Tegangan Keluaran, Efisiensi.

ABSTRACT

Sry Defi. SMD LED Driver Circuit Using Switched String Method. (supervised by **Faizal Arya Samman** and **Rhiza S. Sadjad**).

This study aims to test the efficiency of an LED power supply circuit to power a 3528 SMD LED lamp with a current specification of 25mA and a voltage of 3.2V. Experiments using this type of LED became a reference for the selection of LED type D1N5765 from the PSpice software library used in the simulation. This circuit uses a switching method with pulse width modulation (PWM) technique which is able to produce current and voltage output with good efficiency. PWM generated with a switching frequency of 10Khz is used to turn on and off the MOSFET. The duty cycle is set to obtain a current and voltage output based on the characteristics of the LED. The results of the circuit simulation show the efficiency of current and voltage according to the LED specifications, namely 85.4%. In all cases it is evident that efficiency will be better for larger duty cycles. Based on the test results, the efficiency of the capacitor component increased by 85.6% and the efficiency of the voltage source increased by 91.4% for the circuit.

Keywords: Led Driver, Pulse Width Modulation, Current and Output Voltage, Efficiency.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat, hidayah, taufik dan pertolongan-Nya dalam menyelesaikan proposal tesis yang berjudul “**SMD LED DRIVER CIRCUIT USING SWITCHED STRING METHOD**” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Pascasarjana pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi Wa Sallam, beserta keluarga dan para sahabatnya yang telah membimbing kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, sangatlah sulit untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karenanya, penulis berterima kasih kepada kedua orang tua **Mursalim Baharuddin**. dan **Syamsiah Djamaluddin, Bsc** yang senantiasa selalu memberikan dukungan moril maupun materil serta doa yang senantiasa terus dipanjatkan dan sekaligus menjadi pendengar yang baik dikala penulis ingin berbagi cerita terkait kendala maupun progres pada saat pengejaan tesis ini. Ucapan terima kasih juga kepada saudara - saudara saya yang turut memberikan dukungan dalam bentuk doa dan senda gurau serta semangat agar penulis tetap ceria dan semangat dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis juga menghaturkan ucapan terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT** selaku pembimbing I dan Bapak **Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MSEE**. selaku pembimbing II dalam kesediaannya menyisihkan waktu, tenaga, dan ilmu dalam segala permasalahan dalam

pembuatan tesis ini, serta seluruh tim penguji yang banyak memberikan arahan dan kritik yang membangun agar tesis ini semakin baik.

Penulis tentu tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada teman – teman seperjuangan Angkatan 2018 atas kerjasama dan kekompakannya selama ini, serta teman – teman di Laboratorium *Laboratorium Elektronika dan Divais Departemen Teknik Elektro* yang telah berbaik hati berbagi pengalaman dan masukan. Semoga kedepannya kita tetap menjaga kekompakan ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Dengan demikian, penulis tetap mengharapkan saran dan kritik dengan harapan semoga tulisan ini bisa memberikan manfaat kepada seluruh pihak. Akhir kata penulis mendoakan semoga Allah Subhana Wa Ta'ala terus memberikan taufik dan hidayah – Nya kepada semua pihak untuk dapat terus melakukan terobosan – terobosan dan inovasi baru dalam peningkatan kualitas ilmu pengetahuan. Aamiin ya Rabbal Alamin

Gowa, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH	3
C. TUJUAN PENELITIAN	3
D. MANFAAT PENELITIAN	3
E. BATASAN MASALAH	4
F. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. LANDASAN TEORI.....	7
1. LED (Light Emitting Diode)	7
2. Rangkaian Susunan LED	8
3. Rangkaian LED Susunan Seri	8
4. Rangkaian LED Susunan Paralel	10
5. Rangkaian LED Susunan Seri dan Paralel	13
6. LED Driver.....	15
7. Switching.....	15
B. STATE OF THE ART	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. JENIS PENELITIAN	22
B. TAHAPAN PENELITIAN	22
C. DESAIN PENELITIAN	23
D. DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	24
E. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN	25
F. INSTRUMEN PENELITIAN	25
G. POSISI PENELITIAN	26

BAB IV MODEL RANGKAIAN DAN MODEL SIMULASI TEKS.....	27
A. MODEL RANGKAIAN.....	27
B. KONFIGURASI RANGKAIAN.....	28
C. MODEL SIMULASI TEKS.....	29
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. HASIL EKSPERIMEN RANGKAIAN DENGAN LED SMD 3528	31
B. HASIL SIMULASI RANGKAIAN DENGAN LED D1N5765.....	33
C. VALIDASI LED SMD 3528 DAN LED D1N5765	36
D. RANGKAIAN PEMASOK DAYA LED	36
E. VARIASI KOMPONEN PADA RANGKAIAN PEMASOK DAYA LED	38
BAB V PENUTUP	45
A. KESIMPULAN	45
B. SARAN.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. State of The Art.....	20
Tabel 2. Parameter Rangkaian	28
Tabel 3. Parameter LED SMD 3528.....	28
Tabel 4. Hasil Pengambilan Data Berdasarkan Eksperimen Rangkaian	32
Tabel 5. Hasil Pengambilan Data Simulasi Rangkaian LED Tipe D1N576	33
Tabel 6. Tabel Perbandingan Model Berdasarkan Eksperimen Dan Simulasi....	35
Tabel 7. Hasil Simulasi Metode Switching PSpice	37
Tabel 8. Pengaruh Dutycycle 20Khz Terhadap Rangkaian	38
Tabel 9. Pengaruh Dutycycle 5Khz Terhadap Rangkaian	39
Tabel 10. Pengaruh Induktor 400 μ H Terhadap Rangkaian	39
Tabel 11. Pengaruh Induktor 100 μ H Terhadap Rangkaian	40
Tabel 12. Pengaruh Kapasitor 200 μ F Terhadap Rangkaian	40
Tabel 13. Pengaruh Kapasitor 50 μ F Terhadap Rangkaian	41
Tabel 14. Pengaruh LED Di Seri Terhadap Rangkaian	41
Tabel 15. Pengaruh LED Di Paralel Terhadap Rangkaian	42
Tabel 16. Pengaruh Vs 18V (Tegangan Masukan) Pada Rangkaian	42
Tabel 17. Pengaruh Vs 4,5V (Tegangan Masukan) Pada Rangkaian	43
Tabel 18. Hasil Analisis Efisiensi Terhadap Rangkaian.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Simbol LED	7
Gambar 2. Susunan Rangkaian LED Seri.....	8
Gambar 3. Susunan Rangkaian LED Paralel	11
Gambar 4. Rangkaian LED Paralel Dengan R Seri.....	12
Gambar 5. Rangkaian LED Susunan Seri dan Paralel	14
Gambar 6. Sinyal PWM dengan amplitudo tetap.....	16
Gambar 7. Pembangkitan PWM secara analog	18
Gambar 8. PWM dalam siklus kerja (duty cycle) yang berbeda	19
Gambar 9. Diagram sistem pengujian.....	23
Gambar 10. Diagram alir penelitian	24
Gambar 11. Diagram pelaksanaan penelitian	26
Gambar 12. Rangkaian Pemasok Daya LED dengan node	27
Gambar 13. Rangkaian LED	31
Gambar 14. Rangkaian eksperimen LED dengan LED SMD tipe 3528.....	32
Gambar 15. Rangkaian simulasi LED dengan tipe D1N576	33
Gambar 16. Model LED	34
Gambar 17. Grafik berdasarkan tegangan keluaran VD LED.....	35
Gambar 18. Simulasi PSpice dari Rangkaian pemasok daya LED dengan metode switching.....	36

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

SMD	-	Surface Mounted Device
DC	-	Direct Current
PWM	-	Pulse Width Modulation
<i>L</i>	-	Induktor
<i>D</i>	-	dioda
<i>M</i>	-	Mosfet
<i>C</i>	-	kapasitor
<i>I</i>	-	Arus
<i>V</i>	-	Tegangan
η	-	Effesiensi daya

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan listrik di Indonesia tiap tahunnya mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Hal ini dipicu dengan percepatan pembangunan di berbagai bidang sehingga mendorong kebutuhan akan kelistrikan di Indonesia jauh lebih meningkat. Tahun kemarin percepatan pertumbuhan penjualan listrik diperkirakan mencapai angka 6.5% tetapi realisasinya hanya mampu mencapai 5.14%. Hal ini tidak lepas dari beberapa faktor yang menjadi penghambat antara lain kelangkaan bahan bakar minyak serta makin menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil atau batu bara juga mengambil peran sehingga masalah ini menjadi hal menarik untuk dipecahkan.

Beberapa tahun terakhir, Light Emitting Diode (LED) telah meningkat di berbagai aplikasi, seperti rumah dan industri, lampu lalu lintas, atau aplikasi otomotif[1], karena menampilkan beberapa keunggulan dibandingkan sumber cahaya yang biasa digunakan seperti sebagai lampu pijar, halogen, atau lampu neon[2]. Keunggulannya dari segi masa pakai yang lebih lama, konsumsi daya rendah, ketahanan, komponen ramah lingkungan, peredupan halus, dan kemanjuran bercahaya yang luar biasa [3]. Sebagai hasil dari pertumbuhan pesat dalam aplikasi LED, permintaan

pada sirkuit driver yang sesuai telah meningkat. Sirkuit driver LED dibagi menjadi tipe linier dan tipe sakelar. Rangkaian linear hemat biaya dan lebih sederhana, namun efisiensinya tergantung dari rasio konversi tegangan. sirkuit ini digunakan untuk aplikasi daya rendah [4-5]. Sebaliknya, Rangkaian mode-sakelar dapat menaikkan efisiensi daya. sirkuit ini digunakan untuk aplikasi daya yang tinggi.

Dalam hal efisiensi daya, menerapkan rangkaian driver mode-sakelar mempunyai kelebihan lebih besar dibandingkan dengan regulator linier [6]. Secara khusus, energi yang efisien dapat dilihat sebagai parameter kunci dalam merancang driver LED. Driver LED dapat melindungi LED dari fluktuasi tegangan atau arus. Perubahan tegangan dapat menyebabkan perubahan arus yang disuplai ke LED. Oleh karena itu, terlalu banyak atau terlalu sedikit arus dapat menyebabkan output cahaya bervariasi atau menurun lebih cepat karena suhu yang lebih tinggi di dalam LED.

Untuk memancarkan output cahaya yang seragam, dan akurasi tinggi dalam menjaga arus tetap konstan pada periode yang luas [7-8], maka akan dirancang sebuah sirkuit driver menggunakan metode switching dengan teknik Pulse width Modulation (PWM). PWM dipilih karena memberikan fleksibilitas peredupan lebih baik untuk LED dibandingkan dengan teknik peredupan DC lainnya [9].

B. Rumusan Masalah

Banyak penelitian yang telah mengusulkan rangkaian pemasok daya LED, tetapi hal ini belum mampu mengatasi kestabilan tegangan yang diinginkan dan daya yang lebih efisien pada pemasok daya LED dalam sistem pembangkit listrik ramah lingkungan photovoltaic.

Dalam penelitian ini tegangan keluaran dan arus yang efisien merupakan hal penting yang ingin diperoleh pada rangkaian pemasok daya LED dengan arus dan daya yang mampu menghasilkan efisiensi rangkaian yang teruji, sehingga pengujian berbasis simulasi dilakukan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak PSpice. Pengujian berdasarkan kendali PWM dilakukan dengan lima parameter simulasi yaitu dutycycle, frekuensi, inductor, kapasitor, jumlah LED, dan sumber tegangan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan diatas antara lain:

1. Menghasilkan rangkaian pemasok daya LED dengan efisiensi yang baik.
2. Mengetahui pengaruh nilai komponen terhadap rangkaian berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan lima parameter simulasi.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat terhadap masyarakat, mendorong pengiritan energi sebagai bahan penghemat energi listrik dirumah.
2. Manfaat bagi peneliti, berguna untuk menambah pengetahuan dan kemampuanskill mengenai proses atau kinerja dari LED Driver itu sendiri.
3. Manfaat terhadap dunia akademik
Sebagai bahan masukan atau referensi untuk pengembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu elektronika daya.

E. Batas-Batas Masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup penelitian ini, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Pengujian dilakukan terhadap rangkaian LED Driver yang dirancang untuk disimulasikan.
2. Parameter penentu yang digunakan sebagai data analisis berupa arus dan tegangan
3. Beban yang digunakan adalah beban Resistif
4. Pengujian menggunakan program PSpice A/D Lite, untuk mensimulasikan rangkaian LED Driver tersebut.

F. Sistematika Penulisan

Adapun Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah :

Bab I Pendahuluan

Bab I berisi penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian sehingga dapat memberigambaran tentang penelitian yang dilakukan. Penjelasan tentang urutan dan isi setiap bagian dalam laporan penelitian ini dijelaskan di bagian sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab II berisi penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian dan kerangka pemikiran. Diuraikan pula tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Landasan teori merupakan suatu penjelasan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka primer seperti buku, artikel, jurnal, prosiding dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui perkembangan penelitian yang relevan dengan judul atau tema penelitian yang dilakukan dan juga sebagai arahan dalam memecahkan masalah yang diteliti.

Bab III Metode Penelitian

Bab III ini merupakan penjelasan tentang tahapan – tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian dan metode yang akan digunakan.

Bab IV Hasil Dan Pembahasan

Pada bab IV ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan penelitian serta implikasi dari penelitian yang dilakukan. Hasil merupakan suatu

penjelasan tentang data kuantitatif yang dikumpulkan sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan. Pembahasan merupakan suatu penjelasan tentang pengolahan data dan interpretasinya, baik dalam bentuk deskriptif ataupun penarikan inferensinya. Implikasi penelitian merupakan suatu penjelasan tentang tindak lanjut penelitian yang terkait dengan aspek sistem, maupun aspek penelitian lanjutan.

Bab V Kesimpulan Dan Saran

Pada bab V ini berisi ringkasan temuan, rangkuman kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan pernyataan secara general atau spesifik yang berisi hal-hal penting dan menjadi temuan penelitian yang bersumber pada hasil dan pembahasan. Saran merupakan pernyataan atau rekomendasi peneliti yang berisi hal-hal penting sebagaimana yang telah disampaikan.

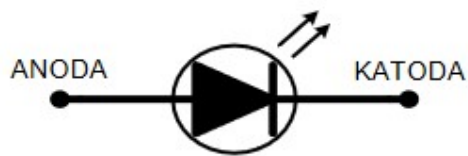
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. LED (Light Emitting Diode)

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Simbol LED terlihat pada gambar 1



Gambar 1 Simbol LED

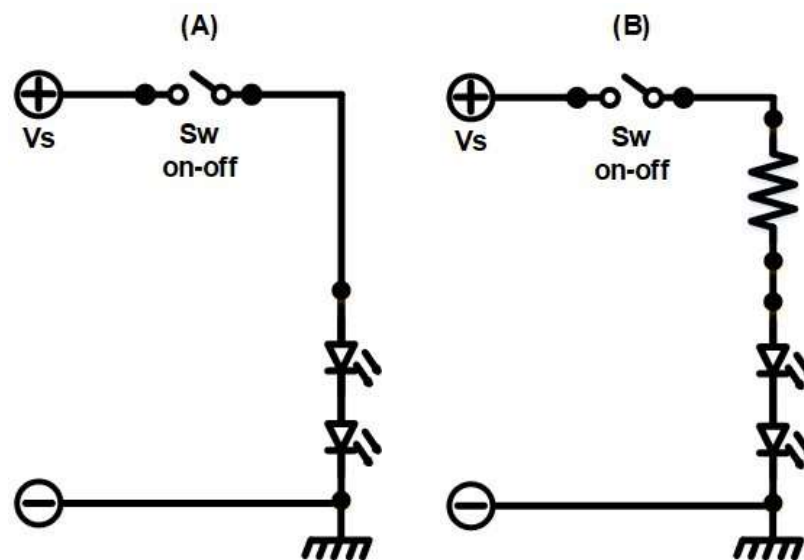
LED memiliki kaki 2 buah seperti dengan dioda yaitu kaki anoda dan kaki katoda. Pada gambar diatas kaki anoda memiliki ciri fisik lebih panjang dari kaki katoda. Pada saat masih baru, kemudian kaki katoda pada LED ditandai dengan bagian body yang dipapasan rata. Pemasangan LED agar dapat menyala adalah dengan memberikan tegangan bias maju yaitu dengan memberikan tegangan positif ke kaki anoda dan tegangan negatif ke kaki katoda. Konsep pembatas arus pada dioda adalah dengan memasang resistor secara seri pada salah satu kaki LED.

2. Rangkaian Susunan LED

Untuk mencatu LED pada umumnya digunakan sumber tegangan DC untuk masing-masing LED tergantung pada jenis dan spesifikasinya dengan kisaran antara 3,2 volt hingga 3,6 volt. Namun dalam beberapa rangkaian karena disesuaikan dengan kebutuhan daya dan intensitas cahayanya diperlukan suatu susunan agar semua LED bisa saling menyala sehingga dihasilkan akumulasi daya dan cahaya sesuai dengan yang diinginkan. Ada berbagai jenis rangkaian diantaranya rangkaian seri, paralel dan kombinasi seri paralel.

3. Rangkaian LED Susunan Seri

Dua LED yang disusun secara seri akan membutuhkan tegangan dua kali lebih besar. Jika ada tiga Led yang disusun seri maka tegangan yang dibutuhkannya akan menjadi tiga kali lebih besar, dan seterusnya.



Gambar 2 Susunan Rangkaian LED Seri

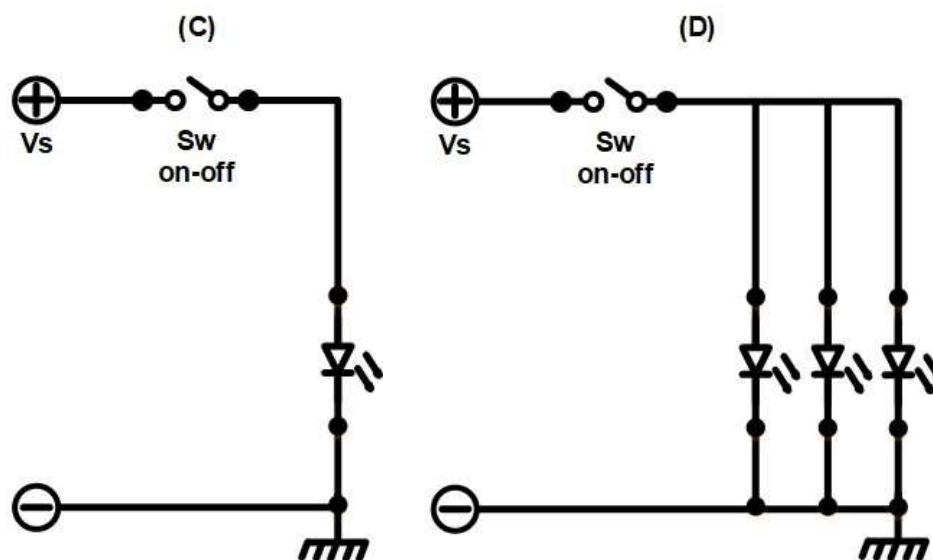
Pada gambar 2(A) tampak LED yang disusun secara seri. Jika satu LED membutuhkan tegangan 3,1V (untuk LED topi/payung), maka untuk dua LED yang disusun seperti itu V_s perlu sebesar 6,2V. Karena itu LED yang disusun seri seperti pada gambar 2(A) bisa langsung diterapkan pada V_s yang bertegangan 6V, misalnya dari baterai atau accu 6V tanpa memerlukan resistor lagi. Apabila V_s bertegangan 12V maka diperlukan resistor R seperti tampak pada gambar 2(B).

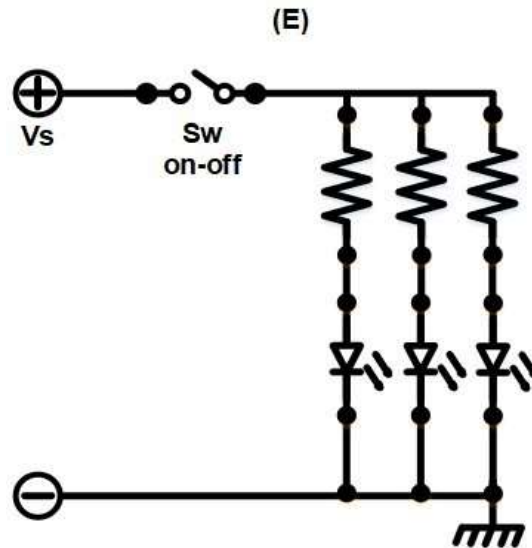
Di sini VLED adalah penjumlahan tegangan dua LED, sedangkan ILED adalah arus yang ditarik oleh LED. Karena LED disusun secara seri, maka arus yang melalui LED pertama adalah arus yang melalui LED kedua juga, sehingga di sini arus LED adalah tetap untuk perhitungan satu LED, yaitu 20mA (tidak menjadi dua kali lipat). Sekalipun (misalnya) ada seratus LED yang disusun secara seri, arusnya tetap saja 20mA, hanya tegangannya saja yang menjadi perlu lebih besar sesuai dengan banyaknya LED yang disusun. Namun perlu diperhatikan bahwa dengan menyambungkan secara seri, ada kemungkinan terjadi ketidak sinkronan kerja di antara LED tersebut. Semua LED yang terlibat dalam sambungan seri haruslah mempunyai karakteristik yang benar-benar sama, tidak boleh ada yang berbeda. Jika dalam satu barisan seri ada LED yang berbeda karakteristik (misalnya ada perbedaan jenis atau perbedaan tegangan majunya karena berlainan pabrik/merk atau manufaktur) maka tegangan yang terbagi kepada setiap LED akan berlain-lainan pula. Ini bisa menyebabkan terjadinya pelimpahan tegangan yang berlebihan kepada

salah satu LED, dan jika LED tersebut tidak mampu bertahan maka ia akan segera rusak. Dalam susunan seri, jika ada satu LED yang mati karena rusak, maka semua LED lainnya di dalam satu barisan seri tersebut akan ikut tidak menyala.

4. Rangkaian LED Susunan Paralel

LED yang disusun secara paralel tidaklah membutuhkan tegangan berkali lipat sebagaimana banyaknya LED. Jika satu LED membutuhkan tegangan 3,1V, maka sepuluh LED tetap hanya membutuhkan tegangan 3,1V. Sekalipun ada seratus LED disusun secara Paralel, tegangan yang dibutuhkan tetap saja 3,1V.





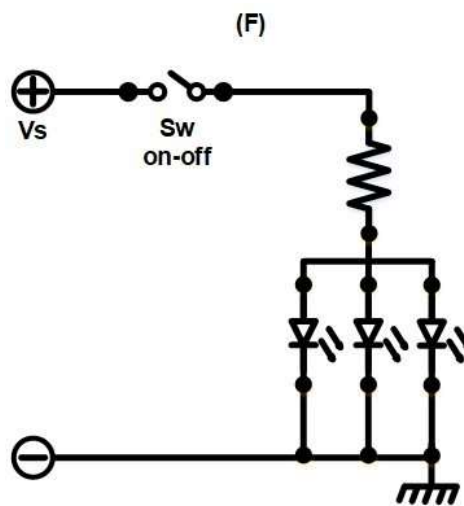
Gambar 3 Susunan Rangkaian LED Paralel

Namun arus yang dikonsumsi akan menjadi berlipat sebagaimana banyaknya LED. Perhatikan gambar 3(C) dan 3(D) di atas, pada gambar 3(C) tampak sebuah LED yang disambungkan kepada sumber tegangan V_s . Pada rangkaian ini akan menarik arus sebesar 20mA. Pada gambar 3(D) tiga buah LED disusun secara paralel, maka arus yang dikonsumsi oleh ketiga LED secara keseluruhan adalah $3 \times 20\text{mA} = 60\text{mA}$.

LED yang disusun secara paralel seperti pada gambar 3(C) dan 3(D) hanya dimungkinkan jika V_s bertegangan sebagaimana tegangan kerja (tegangan maju) LED, seperti misalnya dari sebuah baterai HP (Hand Phone) yang hanya bertegangan 3,7V. Apabila LED hendak dihubungkan dengan tegangan yang lebih tinggi, maka setiap LED Harus diseri dengan resistor R sebagaimana pada gambar 3(E). Mengenai perhitungan nilai R

untuk setiap LED telah dibahas pada ulasan sebelumnya, jadi, tidak perlu dibahas ulang di sini.

Berbeda dengan penyusunan LED secara seri, pada penyusunan LED secara paralel seperti ini arus yang dikonsumsi menjadi tiga kali lipat (sesuai banyaknya LED) padahal tegangannya adalah sama. Bandingkanlah antara tiga LED yang disusun secara seri dengan tiga LED yang disusun secara paralel dengan sumber tegangan V_s sebesar 12V. Pada bagian sebelumnya telah diketahui bahwa tiga LED yang disusun secara seri dengan akan mengkonsumsi daya sebesar arus yang melalui rangkaian seri dikalikan dengan tegangan total LED. Sedangkan pada rangkaian paralel daya yang dikonsumsi adalah tegangan V_s dikalikan dengan arus total yang dikonsumsi masing-masing LED. Selain penyusunan sebagaimana diperlihatkan pada gambar di atas, ada cara lain untuk penyusunan LED secara paralel. Perhatikan gambar berikut :



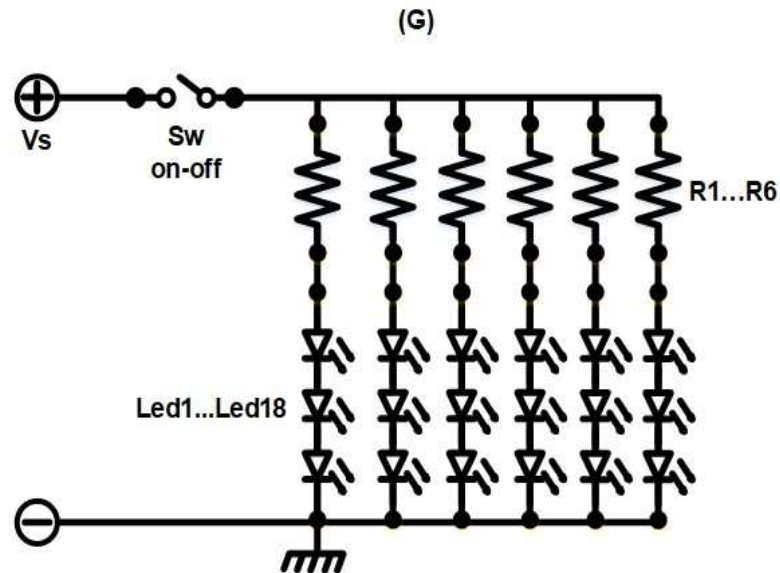
Gambar 4 Rangkaian LED Paralel Dengan R Seri

Tiga LED disusun secara paralel dengan langsung, lalu ketiga LED itu disambungkan kepada sumber tegangan V_s melalui sebuah resistor (gambar 4(F)). Ini berarti ketiga LED (yang disusun secara paralel) di-seri dengan resistor R_1 . Dengan penyusunan seperti ini arus yang melalui resistor adalah jumlah besaran arus dari ketiga LED. Jika satu LED menarik arus 20mA, maka arus yang melalui resistor adalah $3 \times 20\text{mA} = 60\text{mA}$.

Perlu diketahui bahwa dengan susunan paralel yang seperti ini ketiga LED sebaiknya mempunyai karakteristik yang benar-benar sama. Jika tidak, tegangan yang terlimpahkan kepada LED tersebut bisa menyimpang dari yang diperhitungkan dan bisa saja mengakibatkan kerusakan pada sebagian LED.

5. Rangkaian LED Susunan Seri dan Paralel

LED yang banyak yang hendak dinyalakan sebagai lampu penerangan bisa disusun dengan menggabungkan sambungan seri dan paralel seperti diperlihatkan pada gambar 5(G) berikut ini.



Gambar 5 Rangkaian LED Susunan Seri dan Paralel

Pada gambar 5(G) tampak bahwa setiap barisan seri terdiri dari sebuah resistor dan tiga buah LED, semuanya ada 6 barisan. Berarti susunan secara keseluruhan adalah susunan seri R dengan 3 LED seri yang diparalel sebanyak 6 baris. Dengan demikian perhitungan untuk menentukan nilai resistansi seri adalah sama dengan persamaan di atas. Sedangkan besarnya nilai daya yang diserap oleh LED adalah pada setiap baris arus yang melalui LED seri dikalikan tegangan total LED rangkaian seri. Sedangkan daya total yang diserap oleh LED adalah daya setiap baris dikalikan jumlah barisnya [10].

6. Led driver

Driver LED adalah catu daya yang menampilkan output sesuai dengan karakteristik listrik array LED. Driver LED dirancang untuk dapat memberikan arus dan tegangan konstan dalam pengoperasian berbagai LED. LED merupakan system pencahayaan yang mengandalkan sirkuit penggerak untuk terus beroperasi.

7. Switching

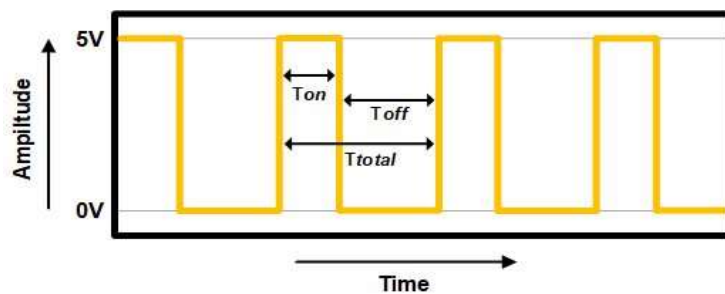
Pada sistem penyaklaran terdapat beberapa jenis teknik modulasi yang digunakan. Namun pada penelitian kali ini teknik modulasi yang digunakan adalah pulse width modulation (PWM).

a. Pengaturan Pulse Width Modulation (PWM)

Metode Pulse Width Modulation (PWM) adalah metode yang cukup efektif untuk mengatur nilai keluaran rangkaian. PWM ini bekerja dengan cara membuat gelombang persegi yang memiliki perbandingan pulsa tinggi terhadap pulsa rendah yang biasanya diskalakan dari 0 hingga 100%. Gelombang persegi ini memiliki frekuensi tetap (biasanya max 10 KHz) namun terdapat lebar pulsa tinggi dan rendah dalam 1 periode yang akan diatur. Perbandingan pulsa tinggi terhadap pulsa rendah ini akan menentukan jumlah daya yang diberikan ke beban (R).

Secara umum PWM adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal atau tegangan yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, yang akan digunakan untuk mentransfer data pada telekomunikasi ataupun

mengatur tegangan sumber yang konstan untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Penggunaan PWM sangat banyak, mulai dari pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulasi tegangan (voltage regulation), efek audio (audio effect) dan penguatan (gain), serta aplikasi-aplikasi lainnya.



Gambar 6 Sinyal PWM dengan amplitudo tetap

Terlihat pada Gambar 6, pengaturan PWM adalah sinyal digital yang amplitudonya tetap, namun lebar siklus kerja (duty cycle) yang aktif setiap periode dapat diubah-ubah. Periodenya adalah waktu pulsa tinggi (1) T_{on} ditambah waktu pulsa rendah (0) T_{off} , sehingga didapat :

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (2.1)$$

Siklus kerja adalah lamanya pulsa tinggi (1) T_{on} dalam satu perioda. Jika

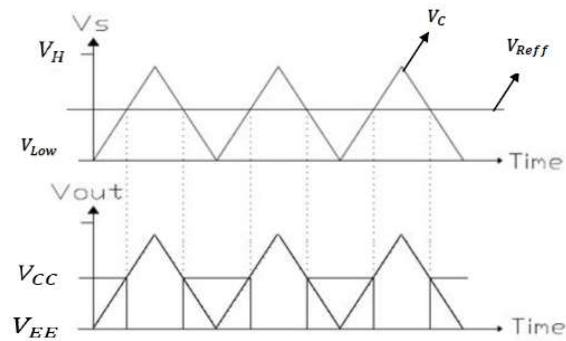
$f(t)$ adalah sinyal PWM, maka besar siklus kerja (duty cycle) adalah :

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on}+T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (2.2)$$

b. Sinyal Pulse Width Modulation (PWM)

PWM atau Pulse Width Modulation adalah salah satu cara untuk mendapatkan tegangan yang memiliki kondisi terbuka penuh (on) atau tertutup penuh (off). Cara paling sederhana untuk mendapatkan sinyal PWM adalah dengan metode interseksi, yang membutuhkan gelombang gergaji atau gelombang segitiga sebagai gelombang pembawa dan gelombang DC sebagai komparator atau gelombang referensi seperti terlihat pada Gambar 7. Frekuensi gelombang gergaji akan sama dengan frekuensi PWM. Komparator digunakan sebagai penghasil gelombang kotak dengan membandingkan masukannya.

Saat masukan sinyal segitiga masih lebih rendah dari sinyal DC pembandingnya maka keluaran komparator akan rendah, dan ketika sinyal segitiga telah lebih tinggi dari sinyal DC maka keluaran komparator akan tinggi. Pada saat mengubah nilai tegangan DC, maka akan mempengaruhi perbandingan panjang gelombang tinggi (V_H) dan rendah (V_{Low}) atau yang disebut dengan siklus kerja (duty cycle) D.



Gambar 7 Pembangkitan *PWM* secara analog

Kondisi on dan off pada PWM digunakan sebagai pengendali saklar elektronis semikonduktor yang berpengaruh pada pengendalian tegangan dan arus yang mengalir melalui beban yang dituliskan dengan :

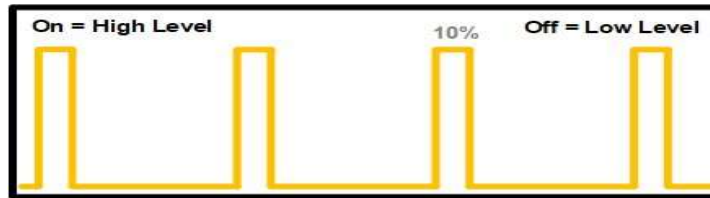
$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (2.3)$$

Sehingga,

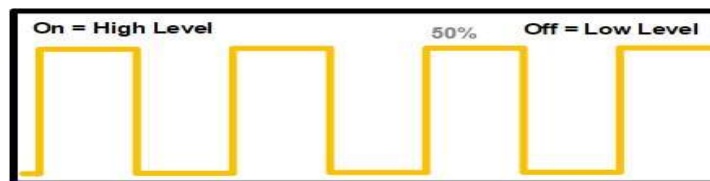
$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (2.4)$$

Pada Gambar 9, tegangan referensi (V_{Ref}) adalah tegangan yang dapat dinaik-turunkan dan gelombang pembawa (V_c), sehingga pada grafik

yang ditunjukkan pada Gambar 8 dihasilkan gelombang PWM dengan siklus kerja (duty cycle) berbeda.



(a) Rendah



(b) Menengah



(c) Tinggi

Gambar 8 PWM dalam siklus kerja (duty cycle) yang berbeda

Pada Gambar 8 grafik PWM (a) terlihat bahwa sinyal tinggi per periodenya, sangat kecil (hanya 10%). Pada grafik PWM (b) terlihat sinyal tingginya hampir sama dengan sinyal rendah-nya (50%), sedangkan pada grafik PWM (c) terlihat bahwa sinyal tinggi-nya lebih besar dari sinyal rendah-nya (90%).

Jika dimisalkan tegangan masukan yang melalui rangkaian tersebut sebesar 10 V. Maka jika digunakan grafik PWM (a), nilai tegangan keluaran rata-ratanya sebesar 1 V (10% dari V masukan), jika digunakan grafik PWM (b), maka tegangan keluaran rata-ratanya sebesar 5 V (50%), sedangkan jika menggunakan grafik PWM (a), maka tegangan keluaran rata-ratanya sebesar 9 V (90%).

B. State Of the Art

Tabel 1 State of the art

No	Peneliti	Judul	Tahun	Metode	Hasil
1	Sangani Prasanth, Udaya Bhasker Manthati, Vishnu Sidharthan P dan Srinivas Punna	Efficient Interleaved Buck Converter Driver for LED Applications	2019	Metode Interleaved buck converter (IBC)	Interleaved Buck Converter (IBC) untuk meningkatkan kinerja LED. Interleaved buck converter (IBC) beroperasi dengan arus input kontinu, riak arus output yang rendah dengan induktansi kecil dan frekuensi operasi tinggi. Konverter prototipe dengan input 20 V dan output 6,5V–5A diimplementasikan untuk memverifikasi analisis teoretis.
2	Ravindranath Tagore dan Dr. Anuradha	Efficiency Analysis of Quadratic Buck Converter for LED Lamp Driver Applications	2017	Menggunakan metode Quadratic Buck Converter	Tujuan makalah ini memverifikasi kinerja Quadratic buck converter (QBC) sebagai driver LED. Pengoperasian frekuensi switching yang lebih tinggi mengurangi ukuran komponen tetapi dengan konsekuensi kerugian switching yang meningkat dan efisiensi yang berkurang. Hasil simulasi, mengkonversi 311V-170V dan analisis efisiensi diperoleh kisaran 70-80%.

3	Mahsa Shirinzad, Saeed Soleimani, dan Ehsan Adib	A Single Soft Switched Resonant LED Driver Circuit	2016	Menggunakan Metode Switched	Makalah ini menyajikan Sirkuit Driver LED Resonan Soft Switched Tunggal, Menggunakan topologi satu tahap dan mengurangi jumlah komponen, membuat driver LED yang diusulkan ini cocok untuk aplikasi yang sensitif terhadap biaya. Hasil simulasi yang disajikan memverifikasi analisis teoritis converter 12V/60V disajikan.
4	Mithali Manohar dan Dr. R.B. Lohani	Low Cost-Efficient Buck Converter Gate Driver for LED Lights for Solar Applications	2018	Menggunakan metode closed-loop current-controlled buck	membahas konfigurasi sederhana untuk driver LED PWM arus konstan. Tiga persyaratan biaya, efisiensi, dan keamanan dicapai oleh rangkaian driver FET gerbang sederhana yang menggunakan komponen yang tersedia secara umum. Efisiensi 90% dicatat selama pengujian.
5	Dênis C. Pereira, Wesley J. de Paula, Pedro L. Tavares	Current Multilevel Pfc Buck Rectifier Applied To A High-Power Cob Led Driver	2017	Metode multilevel (N-cell, N-inductor)	Karya ini mengusulkan driver LED berdasarkan konsep NCNI untuk mencapai fluks bercahaya ekstra tinggi pada lampu sorot luar ruang. Analisis simulasi fokus pada kelayakan konverter untuk aplikasi arus tinggi. Driver ini telah menghadirkan efisiensi keseluruhan hampir 90%.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan inovasi dari penelitian penelitian terdahulu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode simulasi menggunakan pemrograman PSpice. Penelitian ini menampilkan hasil simulasi dari rangkaian DC-DC LED Driver yang telah dirancang untuk menyalakan lampu LED SMD 3528. Dalam hal ini rangkaian yang telah dirancang, dimodelkan terlebih dahulu berdasarkan pemberian titik sambung (node) disetiap komponen. Kemudian uji coba dilakukan berdasarkan parameter, mengujicoba pengaruh frekuensi, induktor, kapasitor, jumlah LED paralel, jumlah LED seri, dan tegangan masukan terhadap rangkaian. Hasil simulasi rangkaian yang dirancang dengan tegangan keluaran stabil dan efisiensi yang baik akan diusulkan dalam sistem pemasok daya LED sebagai implementasi dari hasil pengujian.

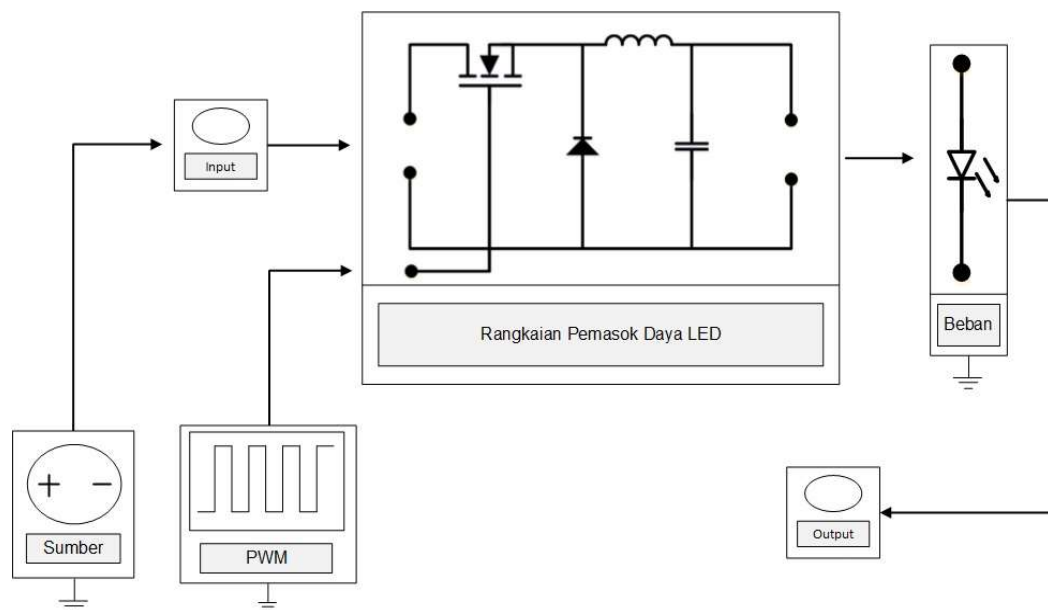
B. Tahapan Penelitian

1. Study literatur, Langkah pertama yaitu melakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi sebanyak-banyaknya dalam penelitian ini. Peneliti melakukan beberapa Pustaka meliputi buku-buku, laporan thesis, jurnal internasional dan scopus yang terkait dengan LED Driver.

2. Tahapan berikutnya adalah identifikasi parameter untuk rangkaian LED Driver yang telah dirancang. Dalam identifikasi parameter tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari rangkaian tersebut.
3. selanjutnya tahapan simulasi dilakukan berdasarkan jenis-jenis pengujian yang dilakukan yaitu pengaruh frekuensi, kapasitor, inductor, jumlah LED parallel, jumlah LED seri dan tegangan masukan terhadap rangkaian.
4. Terakhir pembuatan laporan, tahap ini sebagai tahap akhir dimana hasil penelitian telah tercapai dalam kesimpulan dan saran.

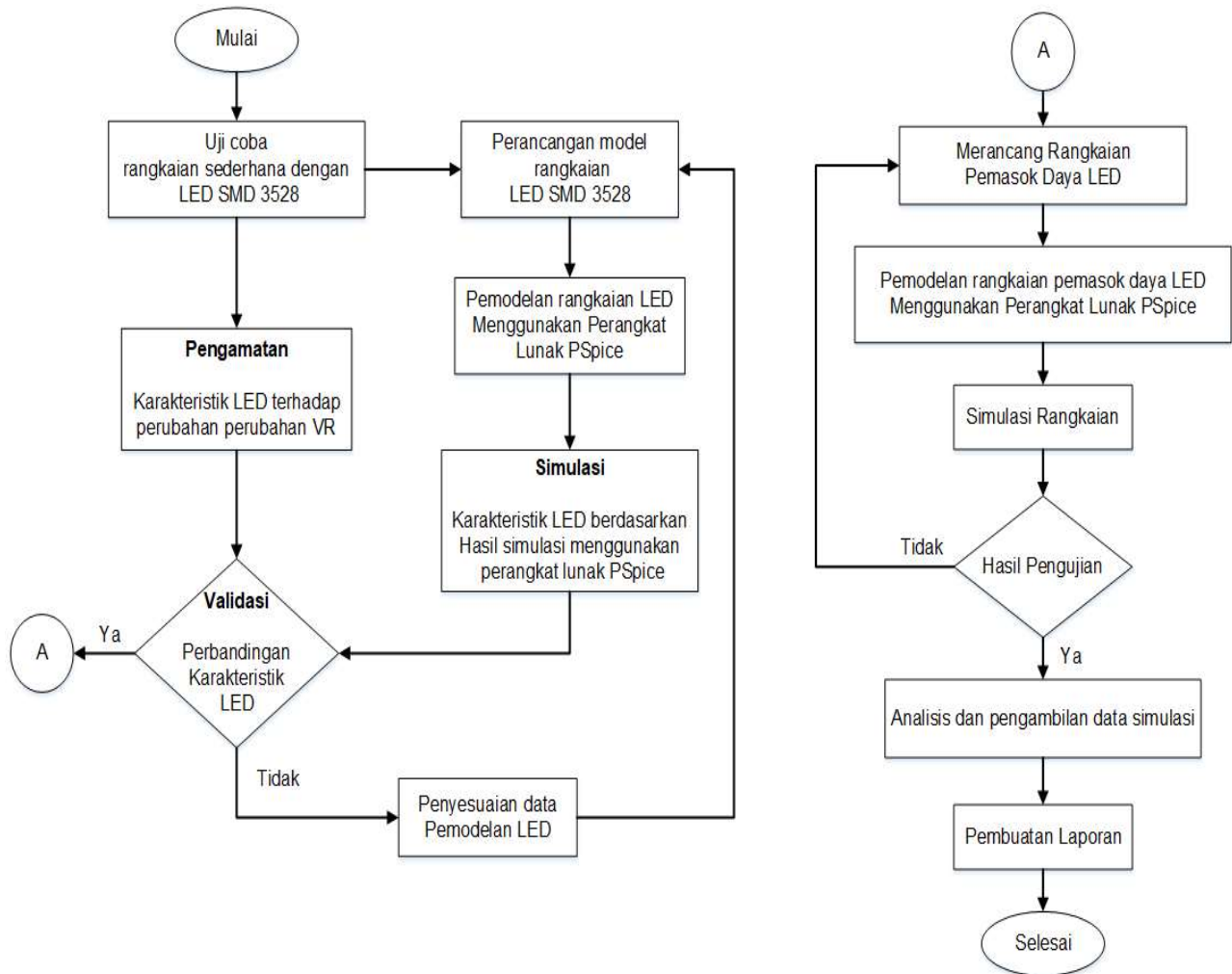
C. Desain Penelitian

Pada Gambar 9 menunjukkan keseluruhan sistem pada pengujian rangkaian. Dalam sistem yang ada peneliti berfokus pada keluaran pemasok daya LED yang efisien.



Gambar 9 Desain Penelitian

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 10 Diagram alir penelitian

E. Waktu Dan Lokasi Penelitian

a. Waktu

Penelitian akan dilaksanakan selama 6 bulan dimulai pada Maret sampai September 2021

b. Lokasi Penelitian

Lokasi pelaksanaan penelitian bertempat di Ruang Laboratorium Elektronika dan Divais Departemen Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin

F. Instrumentasi dan Materi Penelitian

1. Laptop

- Merk ASUS
- Processor Intel Core i5
- RAM 8 GB
- HDD 1 TB

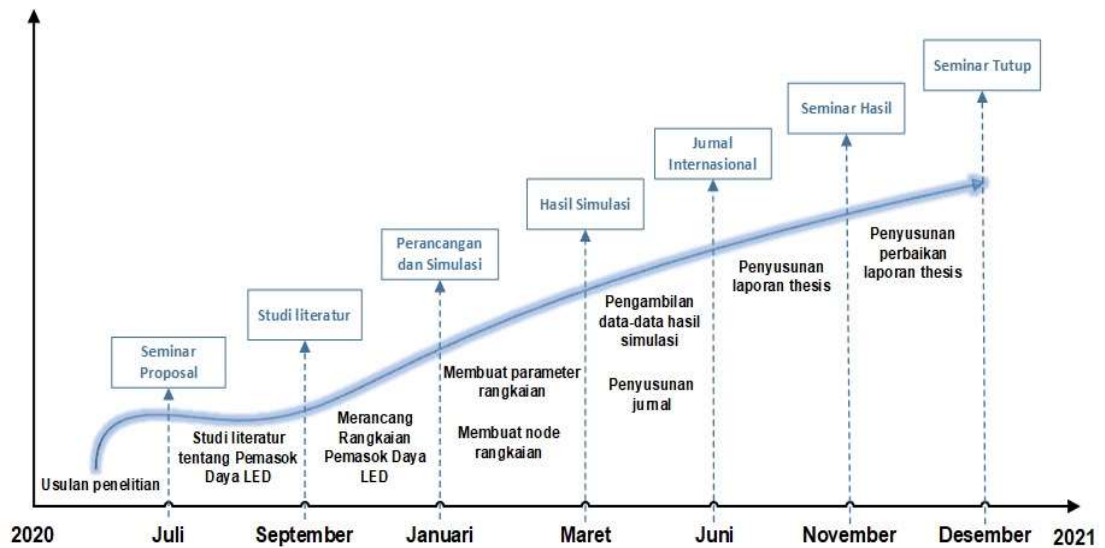
2. Perangkat *library* (MOSFET, capacitor, inductor, resistor dan lain-lain)

3. Software :

- a. Pspice AD Lite,
- b. CIS Capture
- c. Model Editor
- d. Microsoft Visio,
- e. MATLAB,

G. Posisi Penelitian

Penelitian ini memakan waktu enam bulan untuk diselesaikan. Mulai dari judul penelitian yang diusulkan dan membuat penelitian mencakup analisis dengan menggunakan perangkat lunak. Langkah-langkah penelitian dan waktu seminar ditunjukkan pada gambar 11.



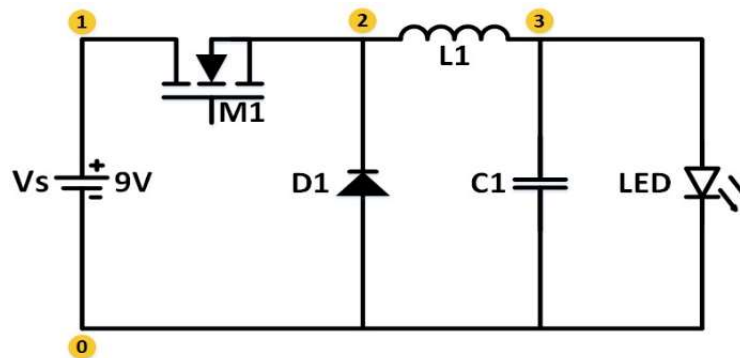
Gambar 11 Diagram pelaksanaan penelitian

BAB IV

MODEL RANGKAIAN DAN MODEL SIMULASI TEKS

A. Model Rangkaian

Dalam pembahasan berikut menyajikan model rangkaian Pemasok Daya LED yang akan disimulasikan. Rangkaian tersebut dimodelkan dengan penambahan node-node di tiap titik sambung pada rangkaian, kemudian dimasukkan kedalam sistem pengujian menggunakan software PSpice.



Gambar 12 Rangkaian Pemasok Daya LED dengan node

Selanjutnya Seperti yang terlihat pada gambar 12, komponen fast recovery diode berfungsi mengamankan arus feedback akibat proses switching, komponen inductor digunakan untuk menyimpan energi ketika sakelar dihidupkan, capacitor sebagai filter/penghilang noise (gangguan gelombang), mosfet sebagai switching saklar daya yang menghidupkan (on) dan mematikan (off) sistem.

B. Konfigurasi Rangkaian

Seperti yang terlihat pada gambar 12 rangkaian tersebut dirancang menggunakan beberapa komponen yang memiliki nilai berbeda-beda disetiap komponennya. Rangkaian tersebut terdiri dari inductor, diode, capacitor, resistor, MOSFET dan LED. Kinerja rangkaian pemasok daya LED terkonfirmasi oleh perangkat lunak PSpice dengan parameter-parameter ditunjukkan pada tabel 2 dan parameter LED ditunjukkan pada tabel 3 :

Tabel 2: Parameter Rangkaian

Parameter	Value	Unit
Input Voltage	9	VDC
Fast Recovery Diode	6, 300	A, V
Inductor	200	μ H
Capacitor	100	μ F
Mosfet	40, 40	A, V

Tabel 3: Parameter LED SMD 3528

Parameter	Value	Unit
Voltage	3,2	V
Current	25	mA

Berdasarkan rangkaian pemasok daya LED yang diusulkan, nilai tegangan keluaran LED yang dibutuhkan, dapat diatur dengan cara merubah nilai dutycycle dari saklar semikonduktor (MOSFET). MOSFET yang digunakan pada rangkaian ini bertindak sebagai saklar yang dapat membuka dan menutup rangkaian, sehingga arus 25mA dengan tegangan

3,2V dapat dicapai dan dikendalikan dengan dutycycle. Besarnya nilai dutycycle yang diinginkan dapat diatur menggunakan pengendalian pulse width modulation (PWM).

C. Model Simulasi Teks

Pengujian dilakukan menggunakan program simulasi Spice berbasis text. Penggunaan algoritma berbasis text ini sangat memungkinkan keakuratan perhitungan. Untuk mengetahui kinerja dari rangkaian maka pengujian dilakukan menggunakan pengendalian PWM (Pulse Width Modulation) untuk menghasilkan keluaran yang stabil. Rangkaian tersebut diuji berdasarkan variasi duty cycle, induktor, kapasitor frekuensi, tegangan masukan dan jumlah LED.

Berdasarkan model rangkaian pada gambar 12 di atas pembuatan algoritma pengujian disesuaikan dengan titik sambung dari setiap komponen yang ada pada rangkaian tersebut, sehingga algoritma pengujian dapat dituliskan sebagai berikut:

Algorithm 1 Source Code Rangkaian Pemasok Daya LED

```
in 1 0 9V
Vx 1 1a DC 0V
Vy 3 3a DC 0V
L1 2 3 {L}
D11 0 2 D1N3883 ; Diode Fast Recovery
C1 3 0 {C}
DLED1 3a 0 D1N5765; DIODA LED
M2 1a 112 2 2 IRFP040 ; MOSFET with a model IRFP040
```

Algorithm 2 Kode PSPICE Terhadap Pengujian berdasarkan Variasi

```
*.step param D list 4.2u 5u 10u 25u 50u 75u 90u
*.step param L list 1mH 10mH 50mH 100mH 150mH 200mH
```

```
*.step param C list 10uF 30uF 60uF 90uF 120uF 150uF
```

Algorithm 3 Source Kode Pengontrolan PWM

```
Vpulse1 111 3 PULSE ({VRef}{Vgate} {Td} {Tr}{Tf}{D}{T})
```

Algorithm 4 Source Kode Analisis Transien

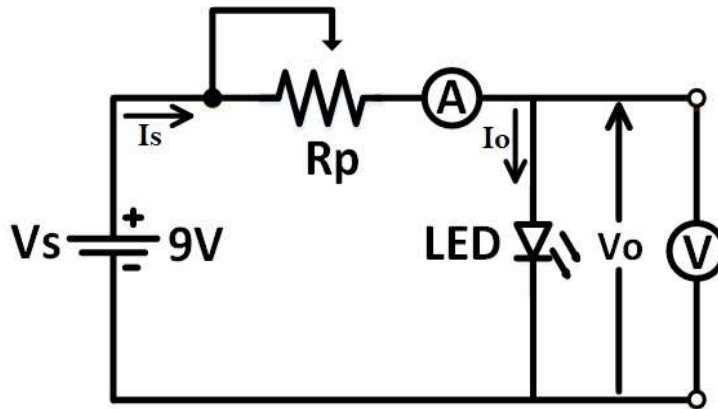
```
.TRAN 0us 1s 10uS UIC  
.OPTIONS ABSTOL=1uA CHGTOL=0.01nC ITL2=100 ITL4=150  
RELTOL=0.1 VNTOL=0.1  
.PROBE V(1,0) , V(3a,0) , V(112,0)  
.PROBE I(Vx)  
.PROBE I(Vy)  
.PROBE I(DLED1)  
.END
```

Pengendalian PWM dimasukkan dalam bentuk subsircuit yang dapat dilihat pada algoritma 3 sedangkan untuk metode pengujian dimasukkan kedalam subsircuit rangkaian seperti yang terlihat pada algoritma 2. Penggunaan .param list dalam simulasi digunakan untuk pengujian dengan nilai yang berbeda dalam sekali eksekusi perintah sehingga dapat memudahkan analisis yang dilakukan. Sedangkan pengujian simulasi dilakukan dengan algoritma analisis transien untuk melihat karakteristik respon rangkaian. Algoritma pengujian dengan menambahkan titik ukur (probe) digunakan sebagai monitoring graphics seperti yang terlihat pada algoritma 4. Dalam pemrograman Pspice memungkinkan untuk melakukan monitoring daya masukan dan daya keluaran rangkaian berdasarkan grafik respon. Hal tersebut dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan besaran daya masukan, besaran daya keluaran dan efisiensi rangkaian menggunakan rumus perhitungan.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

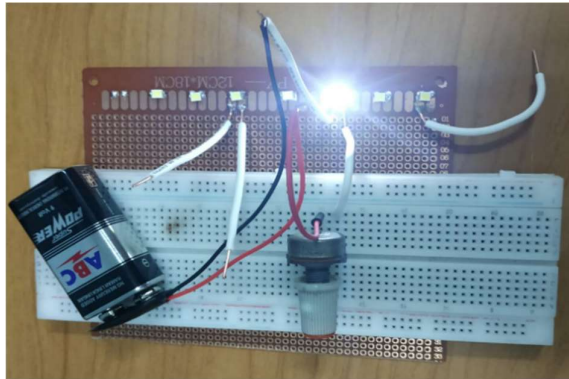
Dalam pembahasan ini menyajikan data dan uji coba yang diambil berdasarkan eksperimen dan simulasi pada rangkaian seperti yang terlihat pada gambar 13, untuk mendapatkan karakteristik LED yang nyata (Real) menggunakan LED SMD 3528.



Gambar 13 Rangkaian LED

A. Hasil Eksperimen Rangkaian Dengan LED SMD 3528

Hasil eksperimen dilakukan menggunakan satu potensiometer dengan nilai $50k\Omega$, satu LED SMD tipe 3528 berwarna putih dan satu battery dengan nilai 9V.



Gambar 13 Rangkaian eksperimen LED dengan LED SMD tipe 3528

Tabel 4: Hasil Pengambilan Data Berdasarkan Eksperimen Rangkaian

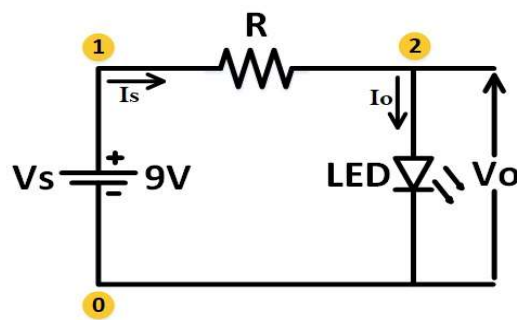
Rp (KΩ)	Vo (V)	Io (mA)	η (%)
12	2,77	0,5	30,7
10	2,79	0,6	31
8	2,8	0,75	31,1
6	2,81	1	31,2
4	2,83	1,5	31,4
2	2,88	3	32
0,8	2,98	7,5	33,1
0,6	3	8,9	33,3
0,232	3,2	25	35,5

Tegangan keluaran V_o diukur dengan voltmeter V dan arus keluaran I_o diukur dengan amperemeter A. Efisiensi dihitung dengan persamaan 4.1 sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% = \frac{V_o \cdot I_o}{V_s \cdot I_s} \times 100\% = \frac{V_o \cdot I_o}{V_s \cdot I_o} \times 100\% = \frac{V_o}{V_s} \times 100\% \dots [4.1]$$

B. Hasil Simulasi Rangkaian Dengan LED D1N5765

Selanjutnya hasil simulasi pada PSpice dilakukan menggunakan satu LED tipe D1N5765, satu resistor yang kemudian nilainya akan diubah-ubah berdasarkan titik ukur yang digunakan untuk pengambilan data, dan diberikan tegangan masukan 9 volt.



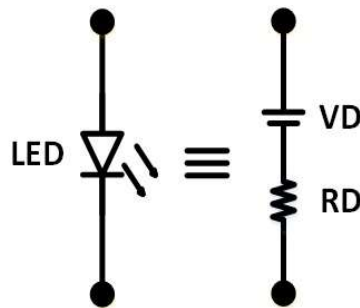
Gambar 15 Rangkaian simulasi LED dengan tipe D1N5765

Tabel 5: Hasil Pengambilan Data Berdasarkan Simulasi Rangkaian
Dengan LED Tipe D1N576

R (KΩ)	Vo (V)	Io (mA)	η (%)
12	2,72	0,5	30,2
10	2,74	0,6	30,4
8	2,76	0,78	30,6
6	2,78	1	30,8
4	2,81	1,5	31,2
2	2,88	3,2	32
0,8	2,98	7,5	33,1
0,6	3	8,9	33,3
0,232	3,2	25	35,5

C. Validasi LED SMD 3528 dan LED D1N5765

Seperti yang terlihat pada tabel 4 dan tabel 5, bahwa karakteristik LED antara eksperimen dan simulasi dapat dikatakan sama berdasarkan karakteristik VD pada LED yang ditunjukkan pada Gambar 16 dan grafik pada Gambar 17.



Gambar 16 Model LED [15]

Nilai-nilai VD dan RD dari model LED dapat dihitung dengan analisis “piecewise linear” sebagai berikut :

Dari data eksperimen (Tabel 4)

$$R_p = 12\text{K}\Omega \rightarrow 2,77 = V_D + I \cdot R_D$$

$$V_D + 0,5 \cdot R_D = 2,77 \quad (1)$$

$$R_p = 10\text{K}\Omega \rightarrow 2,79 = V_D + I \cdot R_D$$

$$V_D + 0,6 \cdot R_D = 2,79 \quad (2)$$

$$\underline{V_D + 0,5 \cdot R_D = 2,77}$$

$$0,1 \cdot R_D = 0,02$$

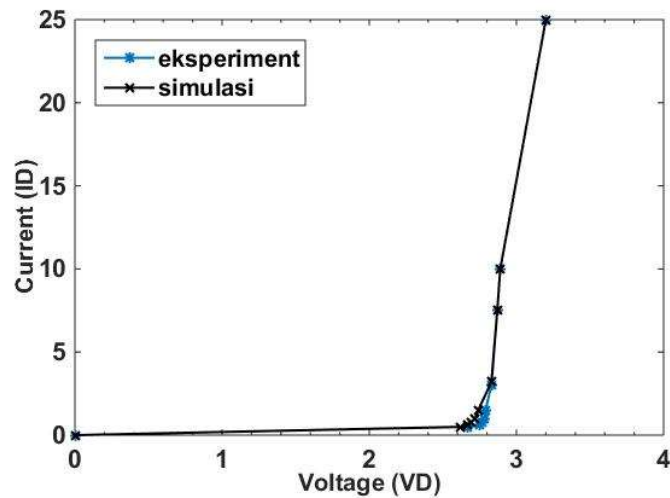
$$R_D = 0,02 / 0,1 = 0,2 \text{ K}\Omega$$

$$\rightarrow V_D + 0,6 \cdot R_D = 2,79$$

$$V_D = 2,79 - 0,6 (0,2)$$

$$V_D = 2,79 - 0,12 = 2,67 \text{ Volt}$$

Dan seterusnya dihitung untuk masing-masing nilai R_p dari Tabel 5, kemudian langkah-langkah yang sama dilakukan untuk data simulasi pada Tabel 6.



Gambar 17 Grafik berdasarkan tegangan keluaran VD LED

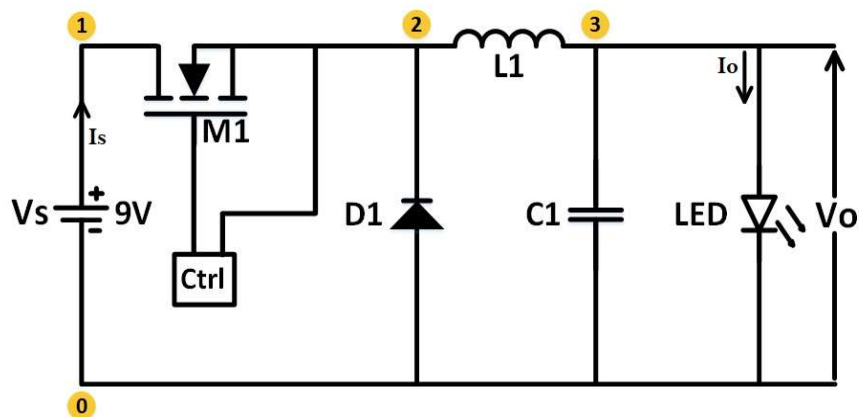
Tabel 6: Tabel Perbandingan Model Berdasarkan Eksperimen Dan Simulasi

Rp (K Ω)	EKSPERIMEN		SIMULASI	
	VD	RD	VD	RD
12	2,67	0,2	2,62	0,2
10	2,75	0,06	2,67	0,11
8	2,77	0,04	2,69	0,09
6	2,77	0,04	2,72	0,06
4	2,79	0,03	2,74	0,04
2	2,83	0,02	2,83	0,02
0,8	2,87	0,014	2,87	0,014
0,6	2,89	0,012	2,89	0,012
0,232	3,2	0,001	3,2	0,001

Dari perbandingan antara model eksperimen dengan model SPICE dapat diketahui bahwa model LED tipe D1N5765 dari SPICE library merupakan kurang lebih sama dengan LED SMD tipe 3528 dengan V_D sekitar 3,2 volt untuk $I_D \geq 5\text{mA}$. Dengan rangkaian pemasok yang sama (baterai 9V) LED D1N5765 dengan model SPICE menghasilkan efisiensi antara 30,2% - 35,5% atau rata-rata 31,9% pada status LED menyala (ON), sedangkan pada LED eksperimen menunjukkan efisiensi antara 30,7% - 35,5% atau rata-rata 32,1%.

D. Rangkaian Pemasok Daya LED

Selanjutnya dengan model LED D1N5765 dari SPICE diuji coba rangkaian pemasok daya menggunakan metode switching pada gambar 18.



Gambar 18 Simulasi SPICE dari Rangkaian pemasok daya LED dengan metode switching

Rangkaian ini menggunakan Sumber tegangan 9V, MOSFET IRFP040, Dioda fast recovery, Inductor 200μH, Capacitor 100μF, dan LED D1N5765. Dengan metode switching, MOSFET dipicu oleh gelombang pulsa 10Khz yang diatur dutycyclenya oleh suatu rangkaian microcontroller ATmega yang konsumsi dayanya diasumsikan $P_m = 2,2 \text{ mW}$ [16], sehingga efisiensi dapat dihitung dengan persamaan [4.2] sebagai berikut dan menghasilkan tabel 7.

$$\eta = \frac{P_o}{P_s + P_m} \times 100\% = \frac{V_o \cdot I_o}{V_s \cdot I_s + P_m} \times 100\% \dots [4.2]$$

Tabel 7: Hasil Simulasi Metode Switching Daya Spice

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
3	2,77	2,4	6,6	1,2	10,8	51,1
4	2,87	4,4	12,6	1,8	16,2	68,6
5	2,93	6,3	18,5	2,8	25,2	67,4
6	2,99	8,8	26,3	4,5	40,5	61,6
7	3,05	12,7	38,7	5,4	48,6	76,3
8	3,11	16,5	51,3	6,9	62,1	79,8
9	3,15	20	63,0	8,6	77,4	79,1
9.8	3.2	24.6	78.72	10	90	85.4

Seperti yang terlihat pada tabel diatas, rangkaian dengan metode switching tersebut mampu meningkatkan efisiensi dibandingkan dengan rangkaian eksperimen. Rangkaian yang menggunakan metode switching, menghasilkan efisiensi 85,4% atau rata-rata 71,2%. Berdasarkan

spesifikasi keluaran arus dan tegangan LED yaitu 24,6mA dan 3,2volt berada pada dutycycle 9.8% dengan efisiensi sebesar 85,4%.

E. Variasi Komponen Pada Rangkaian Pemasok Daya LED

Untuk pembahasan selanjutnya adalah mengujicoba pengaruh nilai-nilai komponen terhadap frekuensi, induktor, kapasitor, jumlah LED paralel, jumlah LED seri, dan tegangan masukan pada rangkaian.

- Pengaruh dutycycle terhadap frequency 20Khz dan 5Khz pada rangkaian

Tabel 8: Pengaruh dutycycle terhadap frequency 20Khz

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
4.1	2.77	2.4	6.648	1.1	9.9	54.9
5.6	2.87	4.4	12.628	2.2	19.8	57.4
6.79	2.93	6.3	18.459	3.3	29.7	57.9
8.228	2.99	8.8	26.312	4.4	39.6	62.9
9.977	3.05	12.7	38.735	5.7	51.3	72.4
11.877	3.11	16.5	51.315	7.4	66.6	74.6
12.656	3.15	20	63	8.6	77.4	79.1
14.87	3.2	25	80	11.2	100.8	77.7

Tabel 9: Pengaruh dutycycle terhadap frequency 5Khz

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
2.168	2.77	2.4	6.648	1.2	10.8	51.1
2.901	2.87	4.4	12.628	2	18	62.5
3.419	2.93	6.3	18.459	2.7	24.3	69.7
4.043	2.99	8.8	26.312	3.6	32.4	76.0
5	3.05	12.7	38.735	5.3	47.7	77.6
5.88	3.11	16.6	51.626	7.5	67.5	74.1
6.36	3.15	20	63	8.8	79.2	77.4
7.3	3.2	25	80	11.5	103.5	75.7

- Pengaruh Inductor 400 μ H dan 100 μ H terhadap rangkaian

Tabel 10: Pengaruh inductor 400 μ H terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
4.3	2.77	2.4	6.648	1.34	12.06	46.6
5.7	2.87	4.4	12.628	2.19	19.71	57.6
6.85	2.93	6.3	18.459	2.5	22.5	74.7
8.08	2.99	9	26.91	3.64	32.76	77.0
10.05	3.05	12.7	38.735	5.52	49.68	74.7
11.8	3.11	16.6	51.626	7.57	68.13	73.4
13.17	3.15	19.8	62.37	9.34	84.06	72.3
14.5	3.2	24.8	79.36	11.25	101.25	76.7

Tabel 11: Pengaruh inductor 100 μ H terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
2.14	2.77	2.4	6.648	1.33	11.97	46.9
2.76	2.87	4.5	12.915	2.58	23.22	50.8
3.4	2.93	6.3	18.459	2.93	26.37	64.6
4.14	2.99	8.9	26.611	3.78	34.02	73.5
5.1	3.05	12.7	38.735	5.85	52.65	70.6
5.97	3.11	16.5	51.315	7.93	71.37	69.7
6.6	3.15	19.8	62.37	9.7	87.3	69.7
7.2	3.2	24.6	78.72	11.19	100.71	76.5

- Pengaruh Capacitor 200 μ F dan 50 μ F terhadap rangkaian

Tabel 12: Pengaruh capacitor 200 μ F terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
3.6	2.77	3.4	9.418	1.64	14.76	55.5
4.67	2.87	5.3	15.211	2.65	23.85	58.4
5.48	2.93	7.6	22.268	3.45	31.05	67.0
6.4	2.99	10.4	31.096	5.03	45.27	65.5
7.4	3.05	13.6	41.48	6.36	57.24	69.8
8.33	3.11	17.4	54.114	7.4	66.6	78.7
9.16	3.15	20.8	65.52	8.93	80.37	79.4
10	3.2	24.6	78.72	10.51	94.59	81.3

Tabel 13: Pengaruh capacitor 50 μ F terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
2.56	2.77	1.8	4.986	0.99	8.91	44.9
3.62	2.87	3.8	10.906	1.64	14.76	64.3
4.694	2.93	5.7	16.701	2.68	24.12	63.5
5.697	2.99	8.6	25.714	3.68	33.12	72.8
6.92	3.05	12.4	37.82	5.12	46.08	78.3
7.98	3.11	16.5	51.315	6.96	62.64	79.1
8.68	3.15	20.1	63.315	7.85	70.65	86.9
9.7	3.2	24.3	77.76	9.85	88.65	85.6

- Pengaruh Jumlah LED pada Rangkaian ketika di seri atau di parallel

Tabel 14: Pengaruh LED diseri terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
6.6	5.55	2.4	13.32	2.2	19.8	60.5
9	5.75	4.4	25.3	4	36	66.2
11.35	5.87	6.3	36.981	6.2	55.8	63.8
14.91	5.98	8.8	52.624	8.3	74.7	68.4
17.66	6.11	12.7	77.597	10	90	84.2
21	6.22	16.5	102.63	14.9	134.1	75.3
24.29	6.31	20	126.2	18.7	168.3	74.0
28.5	6.4	24.9	159.36	23	207	76.2

Tabel 15: Pengaruh LED diparalel terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
3.59	2.77	3.9	10.803	1.6	14.4	65.1
5.32	2.87	7.8	22.386	3.2	28.8	72.2
6.65	2.93	11.9	34.867	4.8	43.2	76.8
7.95	2.99	17.6	52.624	6.7	60.3	84.2
9.9	3.05	24.9	75.945	10.6	95.4	77.8
11.7	3.11	33	102.63	14.8	133.2	75.8
12.91	3.15	39.9	125.685	17.8	160.2	77.4
14.5	3.2	48.9	156.48	22.3	200.7	77.1

- Pengaruh Vs (tegangan masukan) ketika diberi tegangan 18V dan 4,5V terhadap Rangkaian

Tabel 16: Pengaruh Vs (tegangan masukan) 18V terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
2.9	2.77	2.4	6.648	1.1	19.8	30.2
3.761	2.87	4.5	12.915	1.7	30.6	39.4
4.722	2.93	6.3	18.459	2.7	48.6	36.3
5.87	2.99	8.9	26.611	3.9	70.2	36.8
6.95	3.05	12.7	38.735	6	108	35.1
7.9	3.11	16.7	51.937	7.3	131.4	38.9
9	3.15	20.4	64.26	9.3	167.4	37.9
10	3.2	24.6	78.72	11.2	201.6	38.6

Tabel 17: Pengaruh Vs (tegangan masukan) 4,5V terhadap rangkaian

Dutycycle (%)	Vo (V)	Io (mA)	Po (mW)	Is (mA)	Ps (mW)	η (%)
5.99	2.77	2.1	5.817	1.7	7.65	59.1
8.86	2.87	4	11.48	3.5	15.75	64.0
10.6	2.93	6.2	18.166	4.5	20.25	80.9
12.75	2.99	8.8	26.312	6	27	90.1
15.76	3.05	12.6	38.43	8.9	40.05	91.0
21.45	3.11	16.5	51.315	12.8	57.6	85.8
23.19	3.15	19.8	62.37	15.2	68.4	88.3
25.5	3.2	24.8	79.36	18.8	84.6	91.4

Berdasarkan data tabel-tabel diatas pengaruh nilai frekuensi, induktor, kapasitor, jumlah LED paralel, jumlah LED seri, dan tegangan masukan terhadap rangkaian dapat dilihat pada tabel 18, apakah “lebih tinggi” atau “lebih rendah” dari efisiensi nominal 85,4%.

Tabel 18: Hasil Analisis Efisiensi Terhadap Rangkaian

Parameter	Nilai Parameter	η Min. (%)	η Max (%)	η Rata-rata (%)	η Nom (%)
Frekuensi	20 Khz	54.9	79.1	67.1	77.7
	Nominal	51.1	85.4	71.2	85.4
	5 Khz	51.1	77.6	70.5	75.7
Induktor	400 μ H	46.6	77.0	69.1	76.7
	Nominal	51.1	85.4	71.2	85.4
	100 μ H	46.9	76.5	65.3	76.5

Kapasitor	200 μ F	55.5	81.3	69.4	81.3
	Nominal	51.1	85.4	71.2	85.4
	50 μ F	44.9	86.9	71.9	85.6
LED	Seri	60.5	84.2	71.1	76.2
	Nominal	51.1	85.4	71.2	85.4
	Paralel	65.1	84.2	75.8	77.1
Tegangan masukan	18V	30.2	39.4	36.7	38.6
	Nominal	51.1	85.4	71.2	85.4
	4.5V	59.1	91.4	81.3	91.4

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa parameter frekuensi, induktor, dan LED terhadap rangkaian tidak berpengaruh karena efisiensinya lebih rendah dari efisiensi nominal rangkaian 85,4%. Sedangkan untuk parameter kapasitor dan tegangan masukan terhadap rangkaian berpengaruh karena efisiensinya lebih tinggi dari efisiensi nominal rangkaian yaitu sebesar 85,6% untuk kapasitor dan 91,4% untuk tegangan masukan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian ini menyajikan sebuah rangkaian pemasok daya LED untuk menyalakan lampu LED SMD tipe 3528 dengan spesifikasi arus 25mA dan tegangan 3,2V secara lebih efisien. Rangkaian ini menggunakan metode switching dengan Teknik modulasi lebar pulsa yang mampu menghasilkan keluaran arus dan tegangan dengan efisiensi yang baik. PWM yang dibangkitkan dengan frekuensi switching 10Khz digunakan untuk mengontrol Mosfet. Dutycycle diatur untuk memperoleh keluaran arus dan tegangan berdasarkan karakteristik LED. Pengujian dilakukan dengan Simulasi rangkaian pemasok daya LED menggunakan software PSpice, LED yang digunakan pada PSpice yaitu tipe D1N5765 yang karakteristiknya sama dengan SMD 3528. Hasil simulasi rangkaian menunjukkan efisiensi pada arus dan tegangan sesuai spesifikasi LED yaitu 85,4%.

Berdasarkan pengujian simulasi, bahwa parameter frekuensi, induktor, dan LED terhadap rangkaian tidak berpengaruh karena efisiensinya lebih rendah dari efisiensi nominal rangkaian 85,4%. Sedangkan untuk parameter kapasitor dan tegangan masukan terhadap rangkaian berpengaruh karena efisiensinya lebih tinggi dari efisiensi nominal rangkaian yaitu sebesar 85,6% dan 91,4%.

B. Saran

Adapun saran yang penulis dapat berikan untuk menunjang penelitian berikutnya yang memiliki topik yang sama yaitu dalam penelitian ini masih sebatas simulasi dengan pengujian-pengujian teoritis sehingga untuk penelitian berikutnya perlu diadakan pengujian instrumentasi dan membandingkan hasil pengujian dengan hasil simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crawford, M., *LEDs for Solid-State Lighting: Performance Challenges and Recent Advances*. Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of, 2009. 15: p. 1028-1040.
- [2] Lohaus, L., et al. *Energy efficient current control technique for driving high power LEDs*. in *PRIME 2012; 8th Conference on Ph.D. Research in Microelectronics & Electronics*. 2012.
- [3] Chiu, H., et al., *A High-Efficiency Dimmable LED Driver for Low-Power Lighting Applications*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2010. 57(2): p. 735-743.
- [4] D. Yu, N. Ning, S. Wu, et al., "A High Power Factor AC LED Driver With Current Glitch Eleminated," *Analong Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 83, no. 2, pp. 209-216, May 2015.
- [5] Y. Noge, and J.I. Itoh, "Linear PFC regulator for LED lighting with the multi-level structure and low voltage MOSFETs," in *Proc. APEC2014*, pp. 3311-3317.
- [6] Yuequan Hu and Milan M. Jovanovic, "A novel LED driver with adaptive drive voltage," in *Proc. 23rd Annu. IEEE App. Power Electron. Conf.Expo.*, Feb. 2008, pp. 565-571.
- [7] M. H. Rashid, "Power driver topologies and control schemes," in *Proc.22nd Annu. IEEE App. Power Electron Conf.*, Feb. 2007, pp.1319-1325.

- [8] Yijie Wang, J. Marcos Alonso, Xinbo Ruan, "A review of LED drivers and related technologies," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 64, no. 7, pp.5754-5765, Jul. 2017.
- [9] K. H. Loo, Wai-Keung Lun, Siew-Chong Tan, Y. M. Lai, Chi K. Tse, "On driving techniques for LEDs: Toward a generalized methodology," IEEE Trans. Power Electron., vol. 24, no. 12, pp. 2967-2976, Dec. 2009.
- [10] Prasanth S, Sidartan V, "Efficient Interleaved Buck Converter Driver for LED Applications", ICSETS 2019.
- [11] Ravindranath Tagore Yadlapalli, Dr. Anuradha Kotapati, "Efficiency Analysis of Quadratic Buck Converter for LED Lamp Driver Applications", International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI), May 2017.
- [12] Mahsa Shirinzad, Saeed Soleimani, Ehsan Adib, "A Single Soft Switched Resonant LED Driver Circuit", Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), May 2016.
- [13] Mithali Manohar, Dr. R.B. Lohani, "Low Cost-Efficient Buck Converter Gate Driver for LED Lights for Solar Applications" Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), August 2018.
- [14] Dênis C. Pereira, Wesley J. de Paula, Pedro L. Tavares, "Current Multilevel Pfc Buck Rectifier Applied To A High-Power Cob Led

Driver”, Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), Nov 2017.

[15] Millman's, Christos C, Halkias “Integrated Electronics - Analog and Digital Circuit and Systems,” MC GRAW HILL INDIA; 2nd edition (January 1, 2009).

[16] Microchip, “ATmega328P-CMOS 8-bit microcontroller,” data sheet, Sept. 2021.

LAMPIRAN