DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

RANCANG BANGUN *SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER* MENGGUNAKAN METODE *INCREMENT DECREMENT VOLTAGE CONTROL* UNTUK SISTEM *AUXILIARY* PADA MOBIL LISTRIK *URBAN CONCEPT*

diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada program studi teknik elektro

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Farhan Sya'adi Anwar
221910201011

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2025

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Alloh Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, berkah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian skripsi ini, terdapat banyak bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur dan hormat, penulis mempersembahkan skripsi ini kepada :

1. Puji dan syukur kehadirat Alloh Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya yang senantiasa mengiringi setiap langkah perjalanan penulis dalam menyelesaikan karya ini.
2. Kedua orang tua penulis, Ayah Anwar Ali Mussar dan Ibu Indah Wardhani, yang telah memberikan segala dukungan, kasih sayang, motivasi, pengorbanan, serta doa yang luar biasa tanpa henti selama ini. Kalian adalah terbesar penulis bertahan dan tetap berjuang dalam kondisi apapun.
3. Kakak dan adik-adik kandung penulis, Wahidatunnisa Nurfadila Anwar, Muhammad Fajri Romadhani Anwar, Muhammad Faqih Habibi Anwar, Muhammad Fauzan Husaini Anwar, Mahyatunnisa Fathina Anwar, dan Ainunnisa Fauziyyah Anwar yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
4. Dosen Pembimbing Utama penulis, Bapak Ir. Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan dan bimbingan yang terbaik kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Dosen Penguji, Bapak Ir. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., IPU dan Bapak Ir. Moh. Erdianto Triputradi, S.T., M.T., yang telah memberikan evaluasi dan saran terbaik dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Mahasiswi dengan NIM 221910201010, atas segala dukungan, perhatian, dan semangat yang senantiasa diberikan selama proses penyusunan skripsi dan selama berkuliah. Terima kasih telah hadir sebagai tempat berbagi cerita, menjadi pendengar yang baik dalam setiap keluh kesah, serta selalu memberikan motivasi ketika penulis menghadapi berbagai tantangan. Kehadiran, kesabaran, dan energi positif yang diberikan menjadi salah satu alasan penulis dapat terus melangkah hingga berhasil menyelesaikan skripsi

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan senantiasa mendapatkan balasan yang terbaik.

7. Teman-teman seperjuangan Ujang, Alex, Fatoni, Farhan Nabil, Thoriq, Ferdilla yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan yang luar biasa kepada penulis.
8. Keluarga besar UKM Mobil Listrik TITEN, semoga selalu diberikan kesehatan dan kesuksesan.
9. Keluarga besar Laboratorium Konversi dan Sistem Tenaga Listrik 1 angkatan 2021 dan 2022, terutama kepada Mas Adi yang telah membantu sedikit banyaknya dalam pengerjaan alat skripsi ini.
10. Keluarga besar Teknik Elektro 2022 ZEUS dan Tim Promahadesa PESPO Karangharjo yang telah berjuang bersama sejak awal masuk perkuliahan, pengabdian hingga terselesaikannya masa studi ini.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

MOTTO

"Maka nikmat Tuhan yang manakah yang kamu dustakan?"

(Q.S Ar-Rahman : 13)

"Umumnya kehilangan yang mengajari kita nilai dari sesuatu"

(Arthur Schopenhauer)

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Farhan Sya'adi Anwar

NIM : 221910201011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: "RANCANG BANGUN *SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER* MENGGUNAKAN METODE *INCREMENT DECREMENT VOLTAGE CONTROL* UNTUK SISTEM *AUXILIARY* PADA MOBIL LISTRIK *URBAN CONCEPT*" adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya hasil menjiplak. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Juli 2026

Yang Menyatakan,

Muhammad Farhan Sya'adi Anwar

221910201011

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Dipindai dengan CamScanner

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Rancang Bangun *Synchronous Buck Converter* Menggunakan Metode *Increment Decrement Voltage Control* Untuk Sistem *Auxiliaty* Pada Mobil Listrik *Urban Concpet*" karya Muhammad Farhan Sya'adi Anwar telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknik, Universitas Jember pada :

Hari : Senin

Tanggal : 6 Juli 2026

Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

Pembimbing — Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

NIP : 197004041996011001 (.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Ir. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., IPU (.....)

NIP : 197104022003121001

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Moh. Erdianto Triputradi, S.T., M.T. (.....)

NIP : 199807112024061001

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Dipindai dengan CamScanner

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

ABSTRAK

Sistem auxiliary pada mobil listrik urban concept membutuhkan tegangan stabil sebesar 12 Volt DC untuk mengoperasikan perangkat seperti lampu, klakson, dan sistem kontrol elektronik. Sumber energi utama yang digunakan adalah baterai lithium-ion dengan tegangan nominal 48 Volt dan tegangan penuh 54,6 Volt. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dirancang sebuah synchronous buck converter yang mampu menurunkan tegangan dari 54 Volt menjadi 12 Volt secara efisien menggunakan metode increment decrement voltage control berbasis umpan balik rangkaian pembagi tegangan. Pembangkitan sinyal PWM dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Nano pada frekuensi switching 30 kHz menggunakan Timer1 mode *Phase and Frequency Correct*, sementara pengendalian dua MOSFET IRFB4110 pada konfigurasi half-bridge dilakukan oleh IC driver IR2110. Sistem kontrol bekerja dengan membandingkan nilai ADC tegangan keluaran terhadap nilai ADC setpoint sebesar 225,06 yang merepresentasikan tegangan target 12 Volt, kemudian melakukan penyesuaian duty cycle secara bertahap melalui mekanisme increment dan decrement. Hasil pengujian akurasi konverter tanpa algoritma menunjukkan rata-rata error sebesar 4,20% dengan rata-rata efisiensi 85,39%. Setelah diterapkan algoritma increment decrement voltage control, tegangan keluaran pada beban resistor, lampu, dan klakson masing-masing tercatat sebesar 12,04 Volt, 12,07 Volt, dan 11,93 Volt dengan error yang sangat kecil yaitu 0,30%, 0,58%, dan 0,58%. Efisiensi konverter juga mengalami peningkatan pada seluruh variasi beban, dimana efisiensi beban resistor naik dari 80,41% menjadi 84,28%, beban lampu naik dari 5,97% menjadi 7,39%, dan beban klakson naik secara signifikan dari 63,01% menjadi 79,91%. Hasil ini menunjukkan bahwa *synchronous buck converter* dengan metode *increment decrement voltage control* mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dan efisien untuk sistem auxiliary mobil listrik *urban concept*.

Kata kunci: *Synchronous Buck Converter, Increment Decrement, Voltage Control,* Arduino Nano, IR2110, Sistem *Auxiliary,* Mobil Listrik *Urban Concept*

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

ABSTRACT

The auxiliary system in an urban concept electric vehicle requires a stable voltage of 12 Volt DC to operate devices such as lights, horn, and electronic control systems. The primary energy source used is a lithium-ion battery with a nominal voltage of 48 Volts and a full charge voltage of 54.6 Volts. To meet these requirements, a synchronous buck converter was designed to step down the voltage from 54 Volts to 12 Volts efficiently using an increment decrement voltage control method based on a voltage divider feedback circuit. PWM signal generation is performed by an Arduino Nano microcontroller at a switching frequency of 30 kHz using Timer1 in Phase and Frequency Correct mode, while the control of two IRFB4110 MOSFETs in a half-bridge configuration is carried out by the IR2110 driver IC. The control system works by comparing the ADC value of the output voltage against a setpoint ADC value of 225.06, which represents the 12 Volt target voltage, and then gradually adjusting the duty cycle through increment and decrement mechanisms. Accuracy test results of the converter without the algorithm showed an average error of 4.20% with an average efficiency of 85.39%. After applying the increment decrement voltage control algorithm, the output voltage on resistor, lamp, and horn loads were recorded at 12.04 Volts, 12.07 Volts, and 11.93 Volts respectively, with very small errors of 0.30%, 0.58%, and 0.58%. Converter efficiency also improved across all load variations, where resistor load efficiency increased from 80.41% to 84.28%, lamp load from 5.97% to 7.39%, and horn load increased significantly from 63.01% to 79.91%. These results demonstrate that the synchronous buck converter with the increment decrement voltage control method is capable of producing stable and efficient output voltage for the auxiliary system of an urban concept electric vehicle.

Keywords: *Synchronous Buck Converter, Increment Decrement, Voltage Control, Arduino Nano, IR2110, Auxiliary System, Urban Concept Electric Vehicle*

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

RINGKASAN

"Rancang Bangun Synchronous Buck Converter Menggunakan Metode *Increment Decrement Voltage Control* untuk Sistem *Auxiliary* pada Mobil Listrik *Urban Concept*"; Muhammad Farhan Sya'adi Anwar; 221910201011; 2025; Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan teknologi kendaraan listrik atau *Electric Vehicle* (EV) saat ini semakin pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi bersih dan ramah lingkungan. Mobil listrik *urban concept* Universitas Jember merupakan salah satu bentuk kontribusi nyata perguruan tinggi dalam pengembangan teknologi kendaraan listrik untuk kepentingan penelitian maupun kompetisi tingkat nasional seperti KMHE (Kompetisi Mobil Hemat Energi). Dalam sebuah kendaraan listrik, terdapat dua subsistem utama yaitu sistem propulsi sebagai penggerak utama kendaraan dan sistem *auxiliary* yang mendukung kebutuhan kelistrikan tambahan seperti lampu penerangan, klakson, *wiper*, serta sistem kontrol elektronik yang umumnya beroperasi pada tegangan 12 Volt DC. Sumber energi utama pada mobil listrik *urban* Universitas Jember berasal dari baterai lithium-ion dengan tegangan nominal 48 Volt dan tegangan penuh 54,6 Volt, sehingga diperlukan rangkaian DC-DC konverter yang mampu menurunkan tegangan secara efisien dan stabil untuk memenuhi kebutuhan sistem *auxiliary* tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *synchronous buck converter* yang mampu menurunkan tegangan baterai lithium-ion 54 Volt menjadi 12 Volt yang stabil menggunakan metode *voltage control* dengan algoritma *increment decrement* untuk sistem *auxiliary* mobil listrik *urban concept*, serta untuk mengetahui efisiensi daya dari konverter yang dirancang. Pembangkitan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Nano pada frekuensi *switching* 30 kHz menggunakan Timer1 mode *Phase and Frequency Correct*, sementara pengendalian dua MOSFET IRFB4110 pada konfigurasi *half-bridge* dilakukan oleh IC driver IR2110. Sistem umpan balik menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

resistor R1 sebesar 100 kΩ dan R2 sebesar 10 kΩ sebagai sensor tegangan keluaran yang terhubung ke pin analog mikrokontroler Arduino Nano. Komponen daya yang digunakan meliputi induktor 270 µH, kapasitor masukan 470 µF, dan kapasitor keluaran 470 µF yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan komponen perancangan konverter.

Sistem kontrol bekerja berdasarkan prinsip perbandingan nilai ADC tegangan keluaran terhadap nilai ADC *setpoint* sebesar 225,06 yang merepresentasikan tegangan target 12 Volt. Apabila nilai ADC umpan balik lebih rendah dari nilai ADC *setpoint*, maka *duty cycle* PWM akan dinaikkan satu langkah (*increment*) secara berulang hingga tegangan keluaran mendekati nilai referensi. Sebaliknya, apabila nilai ADC umpan balik lebih tinggi dari nilai ADC *setpoint*, maka *duty cycle* PWM akan diturunkan satu langkah (*decrement*) hingga tegangan keluaran kembali ke nilai yang diinginkan. Proses ini berlangsung secara terus-menerus sehingga sistem mampu beradaptasi terhadap variasi beban maupun perubahan tegangan masukan. Proteksi *shoot-through* pada kedua MOSFET dijamin melalui penerapan deadtime yang dibangkitkan atau diatur oleh program arduino sebesar 2 *count timer*. Pada Arduino nano dengan frekuensi *clock* 16 MHz dan prescaler 1, nilai tersebut setara dengan sekitar 125 ns.

Hasil pengujian sensor tegangan menunjukkan rata-rata *error* sebesar 1,63% dan pengujian sensor arus ACS712 menunjukkan rata-rata *error* sebesar 0,81%, yang mengindikasikan bahwa kedua sensor bekerja dengan tingkat akurasi yang baik. Hasil pengujian akurasi *synchronous buck converter* tanpa algoritma menggunakan beban resistor 40 Ω dengan variasi *duty cycle* 10% hingga 90% menunjukkan rata-rata *error* sebesar 4,20% dengan rata-rata efisiensi 85,39%. Setelah diterapkan algoritma *increment decrement voltage control* dengan *duty cycle setpoint* 22%, tegangan keluaran pada beban resistor, lampu, dan klakson masing-masing tercatat sebesar 12,04 Volt, 12,07 Volt, dan 11,93 Volt dengan *error* yang sangat kecil yaitu 0,30%, 0,58%, dan 0,58%. Hal ini berbanding jauh dengan kondisi konverter tanpa algoritma yang menghasilkan tegangan keluaran 12,28 Volt pada beban resistor, 11,51 Volt pada beban lampu, dan 9,36 Volt pada beban klakson dengan *error* masing-masing sebesar 2,3%, 4,5%, dan 22,0%.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Efisiensi konverter juga mengalami peningkatan pada seluruh variasi beban setelah diterapkan algoritma *increment decrement voltage control*. Efisiensi pada beban resistor meningkat dari 80,41% menjadi 84,28%, efisiensi pada beban lampu meningkat dari 5,97% menjadi 7,39%, dan efisiensi pada beban klakson meningkat secara signifikan dari 63,01% menjadi 79,91%. Kenaikan efisiensi yang paling signifikan terjadi pada beban klakson yaitu sebesar 16,9%, hal ini dikarenakan algoritma mampu menyesuaikan *duty cycle* secara optimal terhadap karakteristik beban induktif klakson yang memiliki impedansi berubah-ubah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *synchronous buck converter* dengan metode *increment decrement voltage control* tidak hanya mampu menstabilkan tegangan keluaran konverter di berbagai variasi beban, melainkan juga memberikan dampak berupa peningkatan efisiensi yang signifikan sehingga layak diimplementasikan pada sistem *auxiliary* mobil listrik *urban concept* UKM TITEN EV Universitas Jember.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Alloh Subhanahu wa Ta'ala Yang Maha Esa atas berkat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat meyelesaikan skripsi yang berjudul "Ranacng Bangun *Synchronous Buck Converter* Menggunakan Metode *Increment Decrement Voltage Contro*l Untuk Sistem *Auxiliary* Pada Mobil Listrik *Urban Concept*" yang disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Alloh SWT, atas petunjuk dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kepada kedua orang tua penulis yaitu Bapak Anwar Ali Mussar dan Ibu Indah Wardhani dan keluarga yang telah memberikan segala dukungan, semangat, motivasi dan doa yang luar biasa selama ini.
3. Kakak dan adik-adik kandung penulis, Wahidatunnisa Nurfadila Anwar, Muhammad Fajri Romadhani Anwar, Muhammad Faqih Habibi Anwar, Muhammad Fauzan Husaini Anwar, Mahyatunnisa Fathina Anwar, dan Ainunnisa Fauziyyah Anwar, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan keceriaan agar penulis semangat menyelesaikan perkuliahan ini.
4. Dosen Pembimbing penulis, Bapak Ir. Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, serta membimbing penulis dengan sangat baik dalam proses penyusunan skripsi.
5. Dosen Penguji penulis, Bapak Ir. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., IPU dan Bapak Ir. Moh. Erdianto Triputradi, S.T., M.T., yang telah memberikan segala evaluasi dan saran terbaik dalam penyempurnaan skripsi penulis.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen serta staff pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Segenap keluarga besar Teknik Elektro 2022, UKM Mobil Listrik TITEN, yang telah membantu penulis selama perkuliahan.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan. Penulis meyakini skripsi ini masih jauh dari kata sempurna.

Dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk mencapai hasil yang terbaik. Namun penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak sehingga dapat menyempurnakan tugas akhir ini. Akhir kata yang penulis dapat sampaikan, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembaca.

Jember, 28 Juni 2026

Yang Menyatakan,

Muhammad Farhan Sya'adi Anwar

221910201011

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Dipindai dengan CamScanner

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DAFTAR ISI

COVER ..... **i**
PERSEMBAHAN ..... **ii**
MOTTO ..... **iv**
PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **v**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **vi**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
RINGKASAN ..... **ix**
PRAKATA ..... **xii**
DAFTAR ISI ..... **xiv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvi**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Penelitian 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Penelitian Terkait 4
2.2 *Buck Converter* 4
2.3 *Synchronous Buck Converter* 8
2.4 Algoritma *Increment & Decrement* 9
2.5 *Pulse Width Modulation* (PWM) 10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **11**
3.1 Tempat Penelitian 11
3.2 Waktu Penelitian 11
3.3 Variabel Penelitian 12
3.4 Diagram Alir Penelitian 12
3.5 Desain Penelitian 13
3.5.1 Blok Diagram Alat 13
3.5.2 *Flowchart* Sistem Kerja Algoritma *Increment Decrement Voltage Control* 13

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

3.6 Desain Perhitungan Komponen 14
3.6.1 Spesifikasi Baterai 14
3.6.2 Perencanaan *Synchronous Buck Converter* 14
3.6.3 Rangkaian *Driver* MOSFET 15
3.6.4 Rangkaian Sensor Tegangan 16
3.6.5 Rangkaian Sensor Arus 17
3.6.6 Rangkaian Sistem Keseluruhan 17
3.7 Sistem Kelistrikan Mobil Listrik *Urban Concept* 18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Pengujian Sensor Tegangan 19
4.2 Pengujian Sensor Arus 20
4.3 Pengujian Driver MOSFET 21
4.4 Analisa Hasil *Synchronous Buck Converter* 25
4.4.1 Pengujian Akurasi *Synchronous Buck Converter* 25
4.4.2 Pengujian Efisiensi *Synchronous Buck Converter* 27
4.5 Pengujian Konverter dengan Metode *Voltage Control* 29
4.5.1 Pengujian Akurasi Pembebanan 29
4.5.2 Pengujian Efisiensi Pembebanan 31
BAB V PENUTUP 34
5.1 Kesimpulan 34
5.2 Saran 34
DAFTAR PUSTAKA 35
LAMPIRAN 37

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Ekivalen *Buck Converter* 4
Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan pada *Buck Converter* 5
Gambar 2.3 *Buck Converter* Siklus *Switch ON* 6
Gambar 2.4 *Buck Converter* Siklus *Swittch OFF* 7
Gambar 2.5 Rangkaian *Synchronous Buck Converter* 8
Gambar 2.6 Algoritma *Increment & Decrement* 9
Gambar 2.7 Sinyal PWM 10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 12
Gambar 3.2 Blok Diagram Kerja Alat 13
Gambar 3.3 Flowchart Algoritma *Increment Decrement* 13
Gambar 3.4 Rangkaian *Driver* Mosfet 15
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan 16
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Arus 17
Gambar 3.7 Rangkaian Sistem Keseluruhan *Synchronous Buck Converter* 18
Gambar 3.8 Sistem Kelistrikan Mobil Listrik *Urban Concept* 18
Gambar 4.1 Grafik Akurasi Tegangan Keluaran *Synchronous Buck Converter* ... 27
Gambar 4.2 Grafik Efisiensi *Synchronous Buck Converter* 28
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Akurasi Tegangan Keluaran *Synchronous Buck Converter* 30
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Efisiensi *Synchronous Buck Converter* 32

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait 4
Tabel 3.1 Jadwal Rencana Penelitian 11
Tabel 3.2 Spesifikasi Baterai Tiap *Cell* 14
Tabel 3.3 Spesifikasi *Synchronous Buck Converter* 14
Tabel 3.4 Komponen *Synchronous Buck Converter* 15
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Tegangan 19
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Arus 20
Tabel 4.3 Pengujian PWM *High Side* 21
Tabel 4.4 Pengujian PWM *Low Side* 22
Tabel 4.5 Pengujian *Driver High Side* dan *Low Side* 23
Tabel 4.6 Pengujian Akurasi *Synchronous Buck Converter* 26
Tabel 4.7 Pengujian Efisiensi *Synchronous Buck Converter* 27
Tabel 4.8 Pengujian Pembebanan 30
Tabel 4.9 Pengujian Efisiensi Konverter Tanpa Algoritma 31
Tabel 4.10 Pengujian Efisiensi Konverter Menggunakan Algoritma 32

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi kendaraan listrik atau EV (*Electric Vehicle*) saat ini semakin pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi bersih dan ramah lingkungan. Perguruan tinggi di Indonesia juga berperan aktif dalam mendukung inovasi ini melalui pengembangan prototipe kendaraan listrik untuk kepentingan penelitian maupun kompetisi tingkat nasional seperti KMHE (Kompetisi Mobil Hemat Energi). Salah satunya adalah mobil listrik urban Universitas Jember, yang dirancang sebagai sarana riset mahasiswa dalam bidang rekayasa sistem kelistrikan. Mobil listrik urban merupakan kendaraan roda empat yang tampilannya mirip mobil pada umumnya dan sesuai untuk berkendara di jalanan (Pedoman KMHE, 2025).

Dalam sebuah kendaraan listrik, terdapat dua subsistem utama, yaitu sistem propulsi yang berfungsi sebagai penggerak utama kendaraan, dan sistem *auxiliary* yang mendukung kebutuhan kelistrikan tambahan. Sistem auxiliary meliputi perangkat seperti lampu penerangan, klakson, *wiper*, serta sistem kontrol elektronik. Seluruh perangkat tersebut umumnya bekerja pada tegangan rendah, yaitu 12 Volt DC (Saldi, 2021).

Sumber energi utama pada mobil listrik *urban* Universitas Jember berasal dari baterai lithium-ion dengan tegangan nominal sekitar 48 Volt DC dan 54,6 Volt DC saat penuh. Agar sistem *auxiliary* dapat beroperasi dengan baik, diperlukan suatu rangkaian DC-DC Konverter yang mampu menurunkan tegangan dari 54 Volt menjadi 12 Volt secara efisien dan stabil. Penggunaan *synchronous buck converter* menjadi solusi yang tepat karena topologi ini memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan konverter tipe *non-synchronous.* Hal ini dicapai melalui penggantian dioda dengan MOSFET sinkron, sehingga rugi daya pada proses *switching* dapat diminimalkan (Dionova, 2025).

Namun, tantangan utama dalam perancangan *synchronous buck converter* adalah menjaga agar tegangan keluaran tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban atau fluktuasi pada tegangan masukan. Untuk itu diperlukan sistem kontrol

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

yang andal. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah sistem kontrol dengan metode *voltage control* menggunakan algoritma *increment decrement* dan sistem *feedback* berupa voltage divider sebagai sensor *feedback* yang memiliki keunggulan pada *respon time* yang cepat dibandingkan dengan sensor digital yang kompleks. *Voltage divider* dapat memberikan *feedback* tegangan secara *real-time* dengan *bandwidth* tinggi yang sesuai untuk aplikasi *switching converter* pada frekuensi tinggi (Nurul, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada "RANCANG BANGUN *SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER* MENGGUNAKAN METODE *INCREMENT DECREMENT VOLTAGE CONTROL* UNTUK SISTEM *AUXILIARY* PADA MOBIL LISTRIK *URBAN CONCEPT*". Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan konverter daya dengan efisiensi tinggi, stabilitas tegangan yang baik, serta dapat diimplementasikan secara nyata pada prototipe mobil listrik urban Universitas Jember sebagai salah satu kontribusi dalam pengembangan teknologi kendaraan listrik di lingkungan akademik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, Berikut adalah beberapa rumusan masalah yang akan diselesaikan :

1. Bagaimana merancang *Synchronous Buck Converter* yang mampu menurunkan tegangan baterai lithium-ion 54 Volt menjadi 12 Volt yang stabil dengan metode *voltage control* menggunakan algoritma *increment decrement* untuk sistem auxiliary mobil listrik *Urban Concept*?
2. Bagaimana efisiensi daya dari *synchronous buck converter* yang menggunakan metode *increment decrement voltage control*?

1.3 Batasan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, agar pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pembangkitan PWM menggunakan Arduino Nano.
2. Pengujian *converter* menggunakan beban resistor, dan sistem auxiliary pada mobil *urban concept* berupa lampu dan klakson DC.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

3. Pengujian arus keluaran dibatasi sesuai kebutuhan sistem auxiliary yaitu maksimal 5 Ampere.
4. Pengaturan duty cycle dan setpoint ditetapkan atau diatur melalui program.
5. Penelitian difokuskan pada perancangan dan implementasi konverter, bukan pada sistem keseluruhan kendaraan listrik ataupun karakteristik baterai.
6. Penelitian ini masih bersifat prototype atau purwarupa, sehingga suplai *driver* MOSFET dan mikrokontroler menggunakan baterai eksternal.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut :

1. Merancang *synchronous buck converter* yang mampu menurunkan tegangan baterai lithium-ion 54 V menjadi 12 V yang stabil dengan metode *voltage control* menggunakan algoritma *increment decrement* untuk sistem auxiliary mobil listrik *Urban Concept*.
2. Mengetahui efisiensi daya dari *synchronous buck converter* dengan metode *voltage control* menggunakan algoritma *increment decrement.*

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan rancangan *synchronous buck converter* yang dapat diaplikasikan pada kendaraan listrik, terutama mobil listrik *urban concept*.
2. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya dalam pengembanan DC-DC konverter yang lebih efisien dan cerdas.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

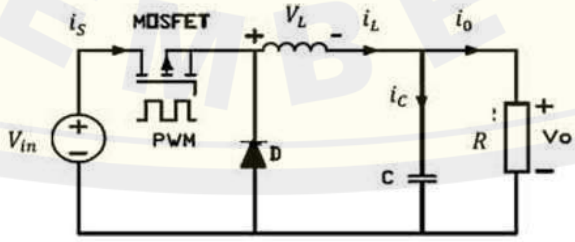
2.1 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

Perbedaan			
Parameter	Lif Tyanggoro, Totok Winarno, Ratna Ika Putri (2024)	Putri Ulandari, Muldi Yuhendri (2024)	Penulis (2025)
Metode Kontrol	PID	Fuzzy Logic Mamdani	Increment & Decrement
Mikrokontroller	STM32F103	Arduino Mega 2560	Arduino Nano
Beban Pengujian	Motor DC	Resistor	Resistor, Lampu, dan Klakson

2.2 *Buck Converter*

Buck Converter merupakan salah satu jenis konverter yang paling banyak diaplikasikan pada elektronika daya maupun pada mikroprosessor. Pada penerapannya, Frekuensi tinggi dan respon transien pada rentang arus beban yang lebar dibutuhkan pada rangkaian ini, *Buck Converter* mampu mengkonversi tegangan dengan potensial yang lebih tinggi menjadi potensial yang lebih rendah (tegangan rendah). *Buck Converter* dapat diaplikasikan pada pada perangkat-perangkat elektronik seperti *driver* komputer, LED, *charging* baterai dan komponen lainnya yang butuh sistem penurunan tegangan (Daniel, 2010).



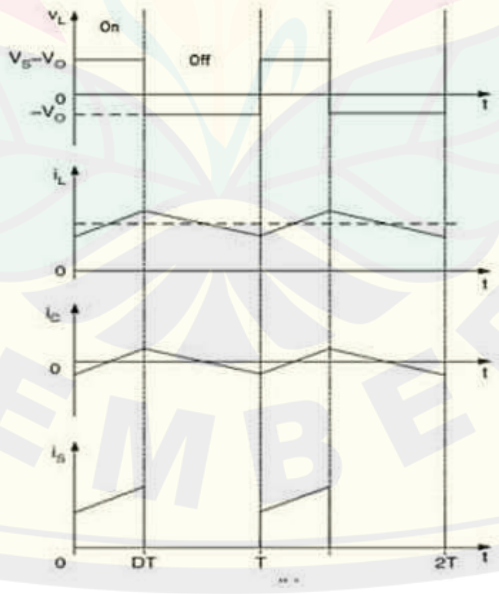
Gambar 2.1 Rangkaian ekivalen Buck Converter

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Buck Converter memiliki dua siklus kerja yakni saat *duty cycle on* (*Switch On*) dan saat *duty cycle off* (*Switch Off)*. *Duty cycle* inilah yang mengatur mekanisme *switching* yang ada pada *buck converter*. Mekanisme *switching* ini nantinya akan menentukan arus yang berada pada induktor dan kapasitor pada sisi keluaran. Pensaklaran atau *switching* pada *buck converter* biasanya menggunakan komponen Dioda, Thyristor, Mosfet, IGBT, dan lain sebagainya.

Pada dasarnya *Buck Converter* terdiri dari komponen-komponen seperti MOSFET, induktor, dioda, kapasitor, dan juga rangkaian kontrol serta beban. *Duty cycle* yang telah dijelaskan diatas nantinya akan digunakan untuk mengatur MOSFET sebagai pencacah arus sehingga nilai tegangan keluaran yang diinginkan dapat tercapai. MOSFET ini dikendalikan dengan rangkaian kontrol yang akan mengendalikan waktu kapan MOSFET akan terbuka dan tertutup melalui *duty cycle*. Induktor pada rangkaian *Buck Converter* digunakan sebagai penyimpanan energi dalam wujud arus, sehingga ketika MOSFET dalam siklus *on*, maka induktor akan melakukan proses *charging*. Adapaun ketika keadaan siklus *off* MOSFET atau terbuka, maka arus tersebut akan dilepaskan menuju beban. Dioda digunakan untuk mengalirkan arus yang dihasilkan induktor ketika MOSFET dalam keadaan terbuka atau siklus *off* (Daniel, 2010).



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan pada *Buck Converter*

(Sumber : jendeladenngabei.blogspot.com)

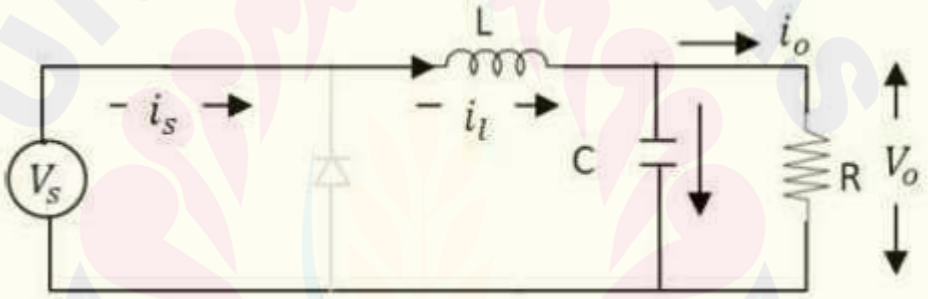
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Gambar 2.2 diatas menunjukkan bentuk gelombang basis dari *Buck Converter* dalam mode konduksi secara berkelanjutan. Total perubahan arus pada induktor disebut sebagai perubahan arus induktor puncak ke puncak atau $\Delta I L$. Potensial simpul pensaklaran dihaluskan oleh tahap keluaran dari komponen LC untuk menghasilkan tegangan keluaran DC. Penyalaan MOSFET sisi tinggi mengatur *duty cycle* dari rangkaian yang di jabarkan dalam persamaan berikut.

$$Duty\ Cycle\ (D) = \frac{Vout}{Vin} \quad \text{.....(2.1)}$$

Jika *duty cycle* atau D bernilai 1 maka MOSFET sisi tinggi saat ini menyala 100% dan tegangan keluaran sama dengan tegangan masukan. Kemudian, bila *duty cycle* 0.1 artinya MOSFET sisi tinggi saat ini menyala 10% dan menghasilkan tegangan keluaran yang hanya 10% nilainya terhadap tegangan masukannya.



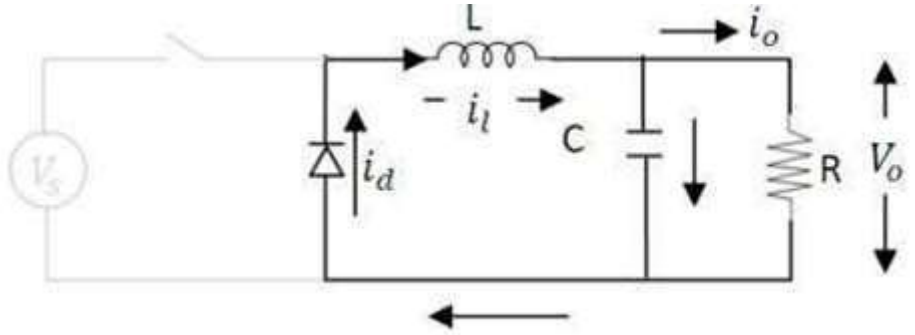
Gambar 2.3 *Buck Converter* Siklus *Switch On*

(Sumber : nyebarilmu.com)

Alur *Buck Converter* siklus *on* atau berkerja dapat dijabarkan sebagai berikut ini dimana dalam *switch* aktif, maka arus dari tegangan sumber (Vs) mengalir melalui induktor (L) dan menuju ke beban kemudian akan kembali ke sumber. Karena tegangan yang diberikan sumber pada induktor konstan, maka arus yang melewati induktor akan meningkat bertahap secara linier (Dane, 2021). Adapun induktor yang digunakan harus mampu menangani arus puncak agar tidak terjadi kondisi saturasi, dimana material inti induktor telah mencapai titik jenuh magnetik maks, sehingga tidak mampu menampung tambahan fluks magnetic.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



Gambar 2.4 *Buck Converter* Siklus *Switch Off*

(Sumber : nyebarilmu.com)

Adapun alur *Buck Converter* siklus *off* atau dalam kondisi *switch* mati, maka sistem tidak mendapatkan sumber tegangan dari Vs yang menyebabkan beban (R) mendapatkan tegangan sumber pengganti yang berasal dari induktor dan kapasitor dimana dioda (*forward bias*) akan menjadi jembatan penghubung. Sehingga dalam tahap ini, arus pada induktor akan turun bertahap secara linier (Dane, 2021).

Komponen utama untuk fase *charging* dan *discharging* pada *buck converter* yaitu induktor dan kapasitor. Induktor pada *buck converter* digunakan untuk menyimpan energi selama siklus *switch* berada dalam posisi *ON* dan melepaskannya saat siklus *switch* berada dalam posisi *OFF*. Induktor juga membantu dalam memperhalus arus keluaran dan mengurangi *ripple* arus pada keluaran *buck converter*. Adapun komponen kapasitor pada *buck converter* diperuntukkan sebagai tempat menyimpan energi selama siklus *switch* berada dalam posisi *OFF* dan melepaskannya saat siklus *switch* berada dalam posisi *ON*. Kapasitor juga membantu untuk memperhalus tegangan keluaran dan mengurangi *ripple* tegangan keluaran *buck converter* (Nugraha, 2022). Besaran nilai arus puncak, kapasitansi C dan besaran induktansi L dapat dihitung dengan rumus :

$$Imax = Iout + (\frac{\Delta IL}{2}) \quad \text{.....(2.2)}$$

$$Lmin = \frac{(Vin - Vout)}{\Delta IL \times F} \times D \quad \text{.....(2.3)}$$

$$Cmin = \frac{\Delta IL}{8 \times F \times \Delta \text{Vout}} \quad \text{.....(2.4)}$$

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Keterangan :

D : *Duty Cycle* (%)

R : Resistansi (Ω)

F : Frekuensi *Switching* (Hz)

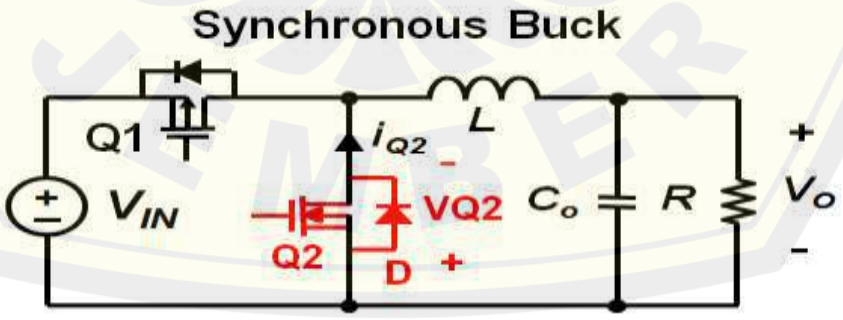
ΔIL : *Ripple* arus induktor (A), biasanya 20-40% dari Arus Keluaran

ΔVout : *Ripple* Tegangan (V), maksimal 1%-2% dari Tegangan Keluaran

Untuk meningkatkan kualitas *ripple* tegangan yang dihasilkan maka penggunaan kapasitor pada rangkaian diperbesar sebanyak 20% dari nilai kapasitor hasil perhitungan.

2.3 *Synchronous Buck Converter*

Synchronous buck converter merupakan topologi yang lebih efisien dari *buck converter non-synchronous*. Perbedaan keduanya terletak pada komponen *switching low side*-nya, dimana pada topologi *non-synchronous* seperti pada gambar rangkaian ekivalen *buck converter* menggunakan dioda, sedangkan pada topologi *synchronous* menggunakan mosfet. Sehingga dalam topologi ini terdapat 2 mosfet yang bekerja secara bergantian dalam 1 siklus bergantung dari *duty cycle*-nya. Dengan begitu *losses* atau kerugian konduksi yang timbul karena penggunaan dioda yang memiliki *forward voltage drop*, diganti dengan rugi resistansi mosfet yang jauh lebih kecil (Bachtiar, 2020). MOSFET dikendalikan secara sinkron untuk menghindari keadaan *shoot-through* (Daniel, 2010). Keadaan *shoot-through* ini dapat terjadi ketika MOSFET sisi tinggi dan sisi rendah menyala bersamaan, yang akan mengakibatkan hubung singkat ke ground.



Gambar 2.5 Rangkaian *Synchronous Buck Converter*

(Sumber : ti.com.cn)

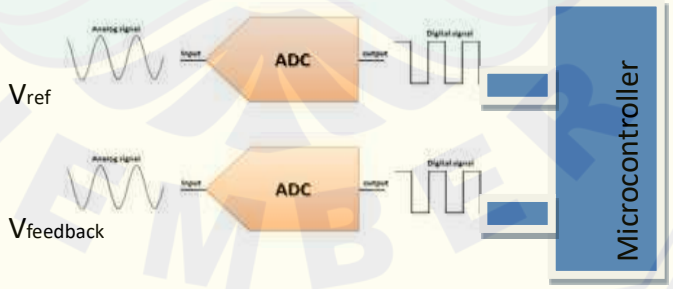
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

2.4 Algoritma *Increment & Decrement*

Algoritma *increment* dan *decrement* merupakan salah satu metode kontrol tegangan atau *voltage control* yang digunakan pada konverter daya yang berbasis pada sistem umpan balik atau *feedback*. Metode ini bekerja dengan prinsip perbandingan dua sinyal hasil konversi ADC yaitu teganngan masukan dan tegangan keluaran yang diukur menggunakan sensor atau rangkaian pembagi tegangan, kemudian masing-masing nilainya dibaca oleh mikrokontroller dalam bentuk data digital (ADC). Selanjutnya nilai tegangan keluaran dibandingkan dengan nilai tegangan masukan atau referensi tertentu untuk menentukan aksi dari *duty cycle* agar tercapainya tegangan keluaran yang stabil sesuai dengan target yang diinginkan melalui algoritma fungsi *increment* dan *decrement* yang ada pada mikrokontroller (Singh, 2016).

Algoritma ini bekerja secara bertahap, sehingga perubahan *duty cycle* tidak dilakukan secara drastis, melainkan dengan langkah kecil yang terkontrol. Jika hasil perbandingan menunjukkan tegangan keluaran lebih rendah dari target, maka *duty cycle* PWM dinaikkan sedikit demi sedikit (*increment*) sampai tegangan keluaran mendekati nilai referensi atau target. Sebaliknya jika tegangan keluaran terdeteksi lebih tinggi, maka *duty cycle* dikurangi (*decrement*) hingga tegangan kembali ke batas yang diinginkan. Proses ini berlangsung terus-menerus, sehingga sistem dapat beradaptasi terhadap variasi beban maupun perubahan tegangan masukan.



Gambar 2.6 Algoritma *Increment & Decrement*

(Sumber : Singh, 2016)

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

2.5 *Pulse Width Modulation* (PWM)

Pulse Width Modulation atau yang lebih dikenal sebagai PWM adalah teknik modulasi sinyal untuk membentuk sinyal persegi dengan *duty cyle* (D) yang dapat diubah-ubah. Teknik ini bekerja dengan cara memanipulasi lebar dari sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode guna mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan cara membandingkan tegangan *carrier* dengan tegangan referensi (Nurqabi 2024). *Duty cyle* yang dimaksud disini merupakan perbandingan antara presentase waktu sinyal pada saat *ON* dengan total periode sinyal, sementara frekuensi sinyal tetap dijaga konstan. *Duty cycle* dari PWM tersebut dapat mengontrol perangkat elektronik dengan mematikan dan menghidupkan secara cepat (Jati & Hapsari, 2022). PWM ini dapat dibangkitkan oleh beberapa sumber seperti mikrokontroler, IC *timer*, IC *modulator*, dan IC *oscillator* berperan dalam mengatur waktu nyala dan matinya MOSFET pada rangkaian konverter.

Gambar 2.7 Sinyal PWM
(Sumber : edukasikini.com)

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium CDast lantai 8 dan Sekretariat Tim Mobil Listrik TITEN Universitas Jember.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian akan dimulai dari bulan Oktober 2025 sampai selesai. Berikut merupakan tabel jadwal pelaksanaan penelitian :

Tabel 3.1 Jadwal Rencana Penelitian

No	Kegiatan	Bulan							
		Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
1	Studi Literatur								
2	Observasi Awal dan Penentuan Komponen								
3	Perancangan dan Pembuatan								
4	Pengujian Alat								
5	Analisis Data dan Kesimpulan								
6	Penulisan Laporan								

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

3.3 Variabel Penelitian

Pada Penelitian ini menggunakan beberapa variabel seperti variabel bebas, terikat, dan terkontrol. Dengan rincian sebagai berikut :

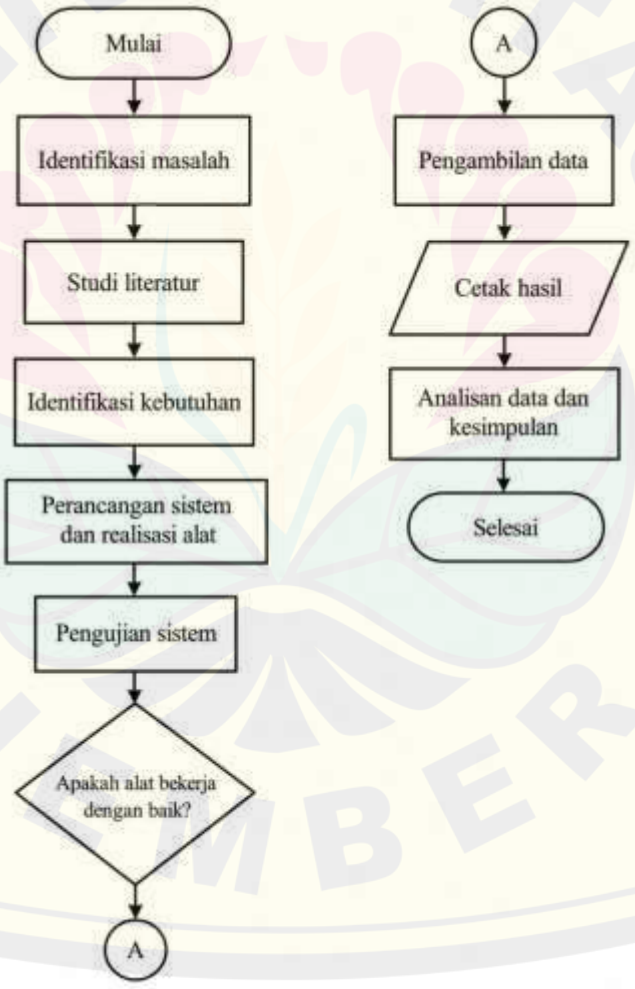
Variabel Bebas : Beban dan *Duty Cycle*

Variabel Terikat : Tegangan, Arus, Daya,dan Efisiensi

Variabel Terkontrol : Frekuensi PWM dan *Duty Cycle*

3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan dalam penelitian dan penyusunan laporan yang digunakan sebagai landasan berpikir dapat dinyatakan dalam bentuk diagram alir :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

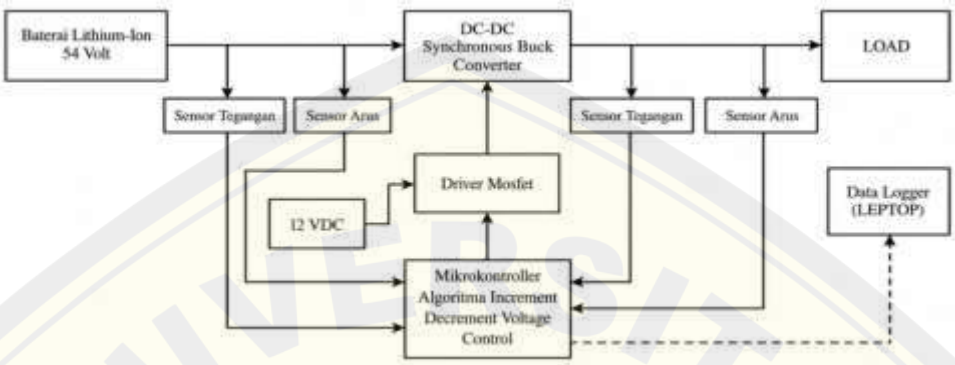
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

3.5 Desain Penelitian

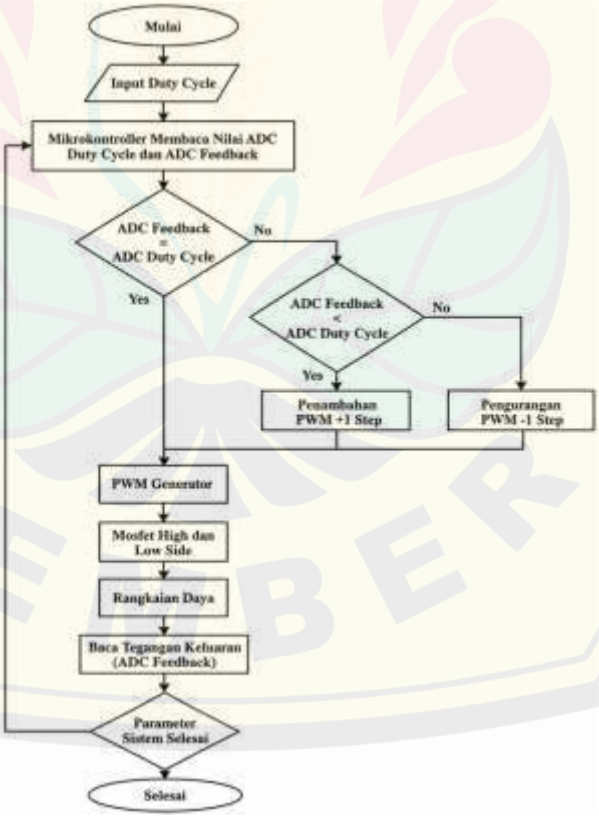
Pada penelitian ini, agar perancangan alat *Synchronous Buck Converter* dapat bekerja dengan baik dan benar, maka diperlukan desain sistem kerja alat dan sistem kontrol yang menjaga tegangan keluaran konverter tetap stabil.

3.5.1 Blok Diagram Alat



Gambar 3.2 Blok Diagram Kerja Alat

3.5.2 *Flowchart* Sistem Kerja Algoritma *Increment Decrement Voltage Control*



Gambar 3.3 *Flowchart* Algoritma *Increment & Decrement*

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

3.6 Desain Perhitungan Komponen

3.6.1 Spesifikasi Baterai

Tabel 3.2 Spesifikasi Baterai Tiap *Cell*

Jenis	Lithium-Ion 18650
Susunan Seri	13
Susunan Paralel	6
Tegangan Nominal/Operasi	3,7 Volt
Tegangan *Cutt-off*	3,2 Volt
Tegangan Penuh	4,2 Volt
Kapasitas	3000 mAh

3.6.2 Perencanaan *Synchronous Buck Converter*

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan nilai komponen dalam mendesain *Synchronous Buck Converter* guna sebagai acuan spesifikasi konverter yang akan direncanakan. Berikut merupakan spesifikasi komponen yang digunakan berdasarkan perhitungan yang dilakukan :

Tabel 3.3 Spesifikasi *Synchronous Buck Converter*

Tegangan Masukan	54 Volt
Tegangan Keluaran	12 Volt
Arus Keluaran Maksimal	5 Ampere
Frekuensi *Switching*	30 kHz

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

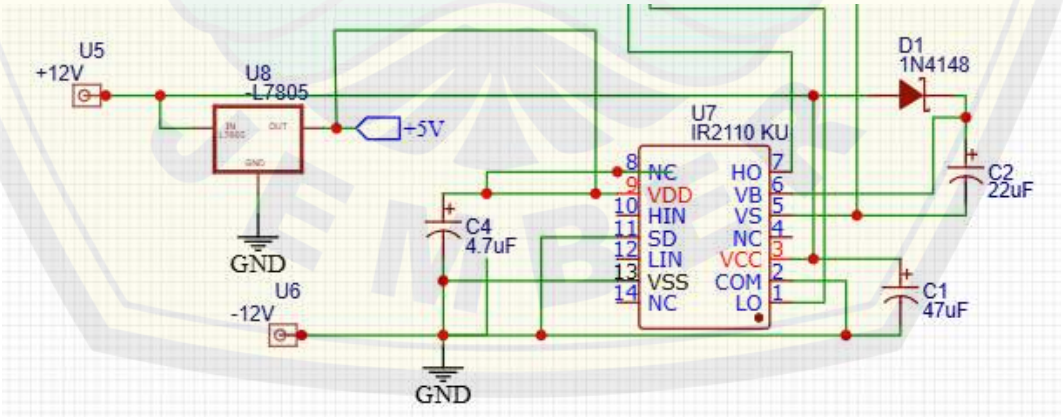
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Tabel 3.4 Komponen *Synchronous Buck Converter*

Frekuensi *Switching*	30 kHz
Induktor	270 uH
Kapasitor Masukan	470 uF
Kapasitor Keluaran	100 uF
Duty Cycle	0,22

3.6.3 Rangkaian *Driver* Mosfet

Pada penelitian ini menggunakan IC IR2110 sebagai *driver* mosfet karena kemampuannya dalam mengendalikan dua saklar daya seperti mosfet (*High Side* dan *Low Side*) dalam konfigurasi *half-bridge* (Shukir, 2021). Hal ini karena dioda pada konfigurasi *buck converter non-synchronous* digantikan oleh mosfet *low side* sehingga perlu dikendalikan agar dapat melakukan *switching* dengan siklus kerja yang berlawanan dengan mosfet *high side.* Rangkaian *driver* mosfet ini digunakan sebagai penguat sinyal untuk menggerakkan mosfet menggunakan sinyal PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroller arduino nano. Sebab sinyal PWM dari arduino nano tidak cukup kuat untuk memicu *gate* mosfet. Sehingga dengan adanya *driver* mosfet dan catu daya 12 Volt digunakan untuk memicu *gate* mosfet untuk melalukan *switching.*



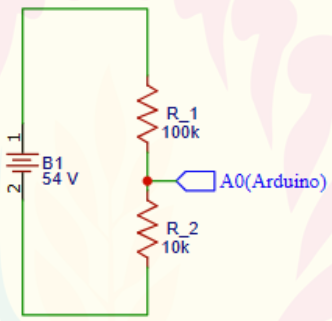
Gambar 3.4 Rangkaian *Driver* Mosfet

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

3.6.4 Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor Tegangan merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengukuran besaran nilai tegangan listrik pada suatu titik dalam rangkaian listrik. Rangkaian sensor tegangan memanfaatkan hukum *kirchoff* dengan membentuk dua resistor yang diseri yang disebut sebagai rangkaian pembagi tegangan atau *voltage divider* (Amer M, 2024). Penggunaan sensor tegangan pada penelitian ini ada 2 yaitu pengukuran pada tegangan masukan dan keluaran, adapun sistem *feedback* untuk kestabilan tegangan keluaran dari konverter menggunakan sensor yang sama dengan yang digunakan untuk pengukuran tegangan keluaran. Dikarenakan tegangan maksimal pin analog pada mikrokontroller arduino nano hanya 5 Volt, maka prinsip resistor pembagi tegangan ini dipergunakan.



Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan

Besar nilai tegangan output dari rangkaian pembagi tegangan dicari dengan menggunakan persamaan :

$Vout = R2/(R1 + R2)\, Vin$ .....(3.1)

Perhitungan Sensor Tegangan :

$$Vout = Vin(\frac{R2}{R1+R2})$$

$$5 = 54\,(\frac{R2}{100k + R2})$$

$$5(100k + R2) = 54R2$$

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

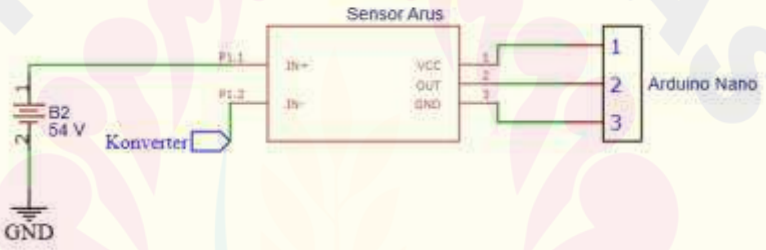
$$500k = 54R2 - 5R2$$

$$R2 = 10k\Omega$$

Melalui perhitungan diatas maka didapatkan nilai resistor yang digunakan sebagai sensor tegangan dengan spesifikasi 54 volt yakni R1 adalah 100k ohm dan R2 adalah 10k ohm.

3.6.5 Rangkaian Sensor Arus

Penelitian ini menggunakan modul dari ACS712 sebagai sensor untuk membaca arus masukan dan keluaran *Synchronous Buck Converter*. Dapat dilihat bahwa modul memiliki 3 pin yang terhubung dengan arduino yaitu VCC, GND, dan OUT. Adapun pin IN+ dan IN- terhubung secara seri antara sumber dan konverter.



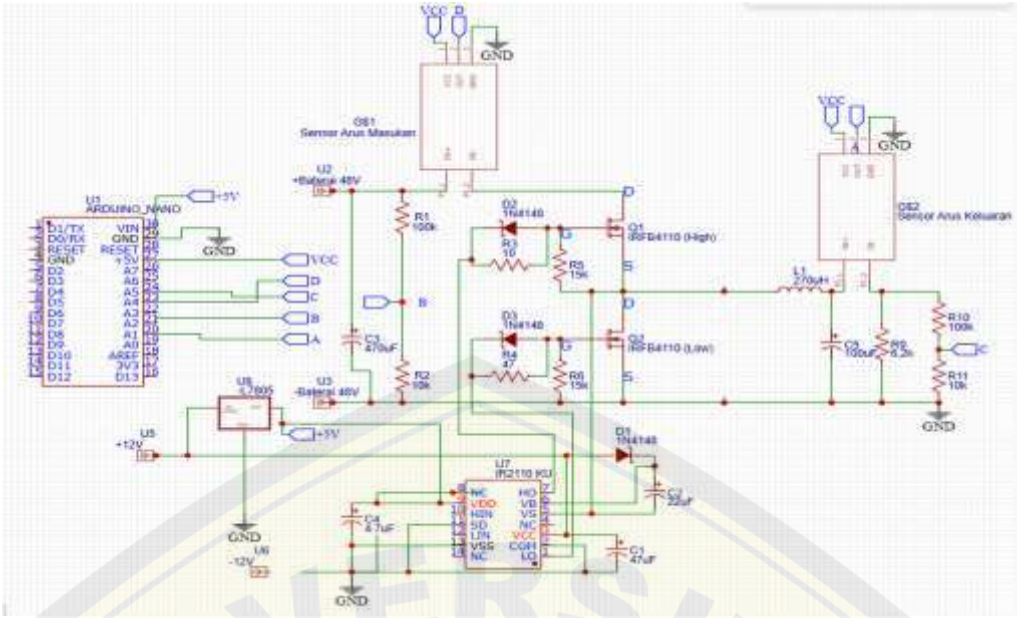
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Arus

3.6.6 Rangkaian Sistem Keseluruhan

Desain keseluruhan pada rancangan alat ini terdiri dari rangkaian daya yaitu *Synchronous Buck Converter*, rangkaian sensor tegangan dan sensor arus yang terletak dimasukan dan keluaran sistem, serta rangkaian *driver* mosfet yang berperan dalam menguatkan sinyal PWM mikrokontroler untuk *switching* mosfet.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

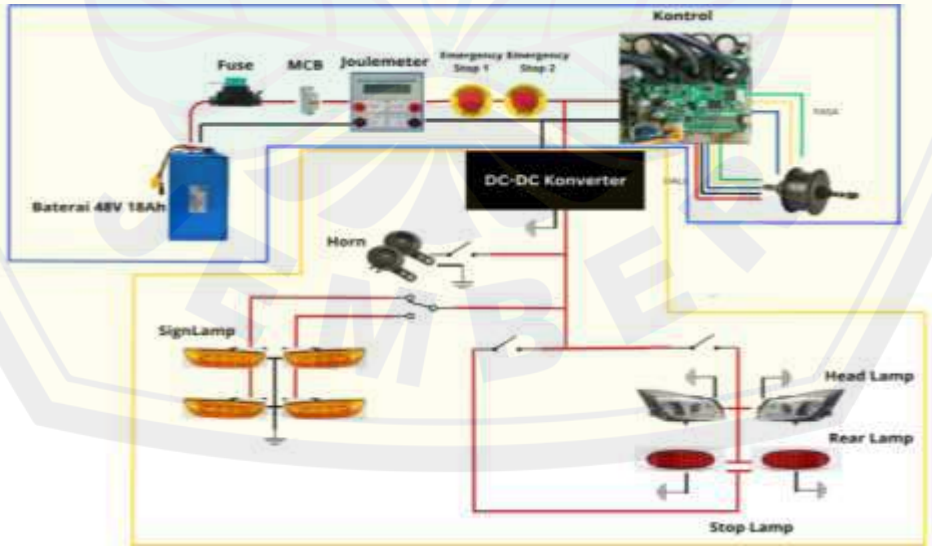
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



Gambar 3.7 Rangkaian Sistem Keseluruhan *Synchronous Buck Converter*

3.7 Sistem Kelistrikan Mobil Listrik *Urban Concept*

Sistem kelistrikan pada mobil listrik *Urban Concept* UKM TITEN EV terdiri dari 2 sistem utama yaitu sistem propulsi dan auxiliary. Propulsi terdiri dari baterai, kontrol (inverter 3 fasa), dan motor BLDC, sementara auxiliary terdiri dari DC-DC konverter, horn atau klakson, lampu depan belakang termasuk sein. Kedua sistem ini harus terhubung ke 1 baterai utama melalui joulemeter sebagai sistem pengukuran energi resmi yang mengacu pada Buku Pedoman KMHE 2025.



Gambar 3.7 Sistem Kelistrikan Mobil Listrik *Urban Conce*

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini merupakan bagian hasil dan pembahasan yang membahas tentang pengujian alat yaitu *synchronous buck converter*. Pengujian DC-DC konverter kali ini menerapkan salah satu metode dari *Voltage Control* yaitu algoritma *Increment and Decrement*, yang berperan dalam menstabilkan nilai tegangan pada sisi keluaran konverter yang sensitif terhadap perubahan beban.

Hasil penelitian ini meliputi pengujian sensor arus, pengujian tegangan, pengujian *driver* MOSFET, pengujian akurasi konverter, pengujian pembebanan konverter, pengujian efisiensi dari konverter yang dirancang, serta pengujian efisiensi konverter dengan metode *Voltage Control* menggunakan algoritma *Increment and Decrement* untuk menjaga nilai tegangan keluaran konverter.

4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang dirancang dengan rumus pada bab 3 yaitu menggunakan resistor 100 kΩ dan resistor 10 kΩ. Berikut merupakan data hasil pengujian sensor tegangan:

Tabel 4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Tegangan Masukan (V)	Resistor (Ω)	Hasil (V)		Error (%)
		Multimeter	Sensor	
10	40	10.07	10.38	2.99
12		12.28	12.69	3.23
15		15.04	15.54	3.22
20		20.21	20.91	3.35
30		30.03	29.94	0.30
40		40.09	40.10	0.02
55		55.00	55.61	1.11
Rata-rata				1.63

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Desain ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 55 Volt, dimana tegangan tersebut akan dikonversi menjadi 5 Volt sebagai parameter input ADC yang terhubung ke pin analog mikrokontroler Arduino Nano dengan resolusi 10-*bit,* sehingga nilai ADC maksimal adalah 1024. Tujuan rangkaian ini yaitu karena mikrokontroler yang digunakan memiliki nilai batas aman yang sama dengan hasil konversi rangkaian pembagi tegangan yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian dengan variasi dari nilai tegangan input, didapatkan rata-rata error sebesar 1.63% yang menunjukkan perbandingan hasil pembacaan multimeter dan pembacaan sensor yang memiliki selisih cukup kecil sehingga dapat dikatakan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik, dimana sensor mampu bekerja baik itu pada level tegangan yang rendah maupun yang tinggi.

4.2 Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian sensor arus menggunakan modul ACS712 dengan kapasitas 0 hingga 5 Ampere dengan beban resistor kapur 40 Ω dan Tegangan masukan yang bervariasi dari rentang 10 hingga 40 Volt. Tujuan pengujian ini yaitu memastikan keakuratan pengukuran arus keluaran saat penelitian berlangsung.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Arus

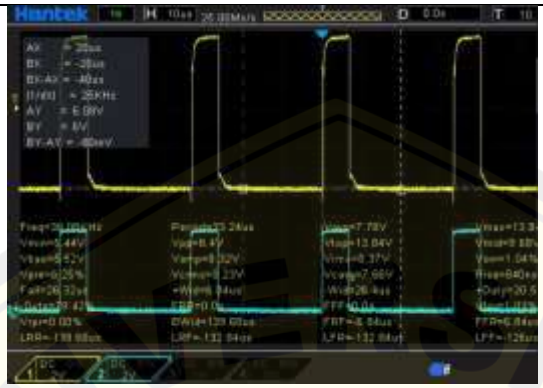
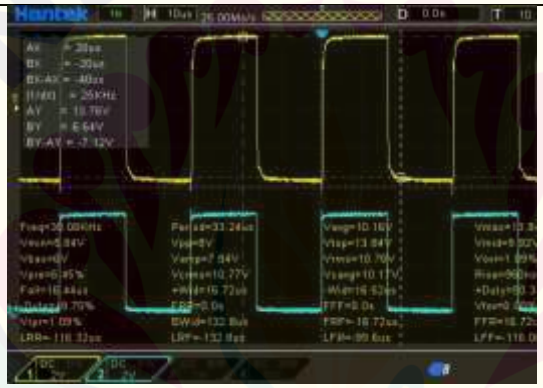
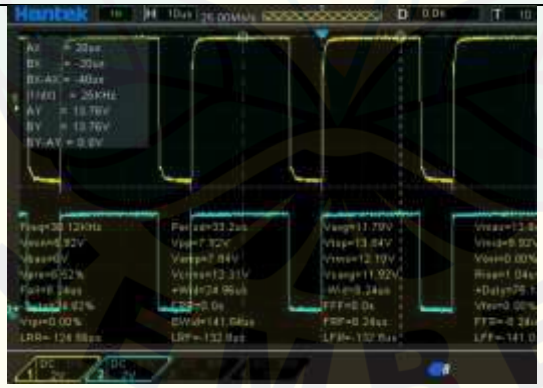
Tegangan Masukan (V)	Resistor (Ω)	Hasil (A)		Error (%)
		Multimeter	Sensor	
10	40	0.255	0.249	2.41
12		0.317	0.322	1.55
15		0.392	0.387	1.29
20		0.527	0.517	1.93
30		0.770	0.761	1.18
40		1.036	1.040	0.38
Rata-rata				0.81

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

4.3 Pengujian Driver Mosfet

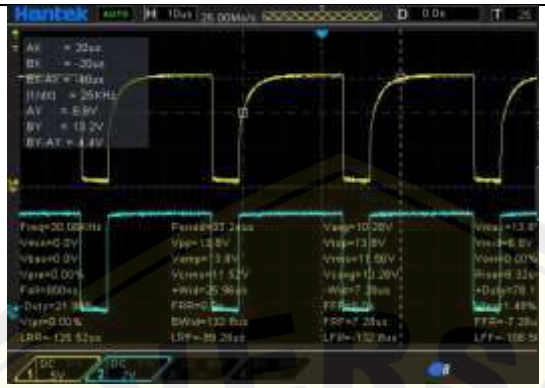
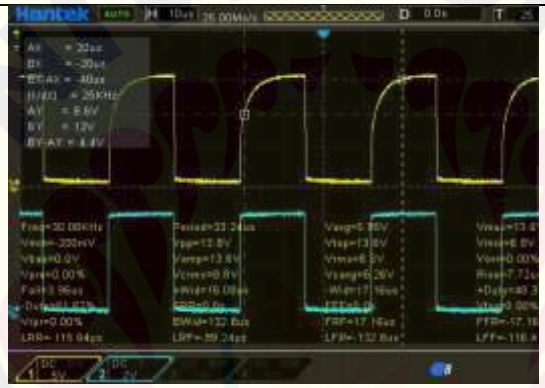
Tabel 4.3 Pengujian PWM *High Side*

PWM (%)	Bentuk Gelombang	Keterangan
20		Sinyal Kuning : Output Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : Input Driver (Pin Arduino) Duty Cycle : 0.2 Frekuensi : 30 kHz
50		Sinyal Kuning : Output Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : Input Driver (Pin Arduino) Duty Cycle : 0.5 Frekuensi : 30 kHz
75		Sinyal Kuning : Output Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : Input Driver (Pin Arduino) Duty Cycle : 0.75 Frekuensi : 30 kHz

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Tabel 4.4 Pengujian PWM *Low Side*

PWM (%)	Bentuk Gelombang	Keterangan
20		Sinyal Kuning : Output Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : Input Driver (Pin Arduino) Duty Cycle : 0.2 Frekuensi : 30 kHz
50		Sinyal Kuning : Output Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : Input Driver (Pin Arduino) Duty Cycle : 0.5 Frekuensi : 30 kHz
75		Sinyal Kuning : Output Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : Input Driver (Pin Arduino) Duty Cycle : 0.75 Frekuensi : 30 kHz

Hasil pengujian PWM high side dan low side pada osiloskop menunjukkan bahwa sinyal output driver memiliki amplitude yang lebih tinggi dari input driver, dimana tegangan input driver dari arduino nano maksimal hanya 5 Volt, adapun tegangan output driver yang terukur adalah 14 Volt. Hal ini karena hasil penguatan

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

dari rangkaian driver IR2110 yang dibutuhkan untuk menggerakkan gate MOSFET IRFB4110 yang bekerja pada tegangan (V_{GS}) 10 hingga 20 Volt. Saat PWM 20%, maka durasi *HIGH* akan lebih pendek dari durasi *LOW*, dan begitu juga sebaliknya saat PWM 75%, maka durasi *HIGH* akan lebih panjang dari durasi *LOW* dalam 1 periode.

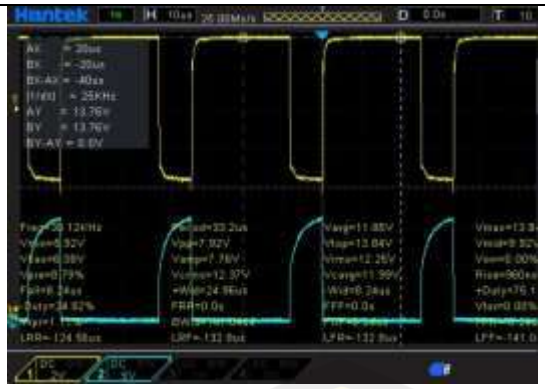
Driver IR2110 memiliki output non-inverting di kedua sisinya, sehingga untuk menciptakan kondisi sinkron dibutuhkan pengendalian dari PWM generator itu sendiri yaitu arduino nano, menggunakan aturan inverting pada phase dan frequency correct sehingga kondisi HIGH LOW pada input driver dan output driver akan selalu berlawanan tanpa mengubah nilai frekuensi switchingnya. Berdasarkan input logika driver tersebut, maka driver IR2110 mampu menghasilkan kondisi sinkron pada sisi HIGH dan LOW sidenya.

Tabel 4.5 Pengujian *Driver High Side* dan *Low side*

PWM (%)	Bentuk Gelombang	Keterangan
20		Sinyal Kuning : HO Driver Sinyal Biru : LO Driver Duty Cycle : 0.2 Frekuensi : 30 kHz
50		Sinyal Kuning : HO Driver Sinyal Biru : Input Driver Duty Cycle : 0.5 Frekuensi : 30 kHz

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

75		Sinyal Kuning : HO Driver (Gate MOSFET) Sinyal Biru : LO Driver (Gate MOSFET) Duty Cycle : 0.75 Frekuensi : 30 kHz

Berdasarkan hasil pengujian PWM HIGH dan LOW side yang berfokus pada sisi keluaran driver IR2110, didapatkan sinyal HIGH Side dan LOW Side yang tidak saling tumbang tindih. Sehingga kondisi *shoot-through* dapat dihindari. Kondisi ini dicapai melalui penerapan *deadtime* yang dibangkitkan atau diatur oleh program arduino sebesar 2 *count timer*. Pada Arduino nano dengan frekuensi clock 16 MHz dan *prescaler* 1, nilai tersebut setara dengan sekitar 125 ns.

Driver IR2110 memiliki karakteristik dan ton/toff yaitu 120 ns/94 ns disebut sebagai propagation delay. Parameter ton merujuk pada waktu dari sinyal input HIGH sampai output benar-benar HIGH, sementara toff merujuk pada waktu dari sinyal input LOW sampai output benar-benar LOW. Perbedaan propagation delay antara sisi HIGH dan LOW yang relatif kecil ini membantu menjaga keserempakan proses switching kedua MOSFET.

Terlihat saat PWM 75% terlihat sinyal output driver HIGH side memiliki rise time yang lebih curam dari rise time LOW side yang memberikan waktu delay bagi MOSFET LOW untuk menyala, sehingga memastikan bahwa MOSFET HIGH benar-benar mati sebelum MOSFET LOW menyala dan kondisi shoot through dapat dihindari. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan resistor gerbang MOSFET yang berbeda. Dimana untuk resistor HIGH side sebesar 10 Ω dan LOW side sebesar 47 Ω.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

4.4 Analisa Hasil *Synchronous Buck Converter*

Analisa hasil *Synchronous Buck Converter* digunakan untuk mengetahui hasil desain konverter DC-DC dengan komponen seperti induktor, kapasitor, dan komponen-komponen lain yang akan memberikan dampak terhadap efisiensi konverter yang dirancang. Pada analisa ini akan dilakukan beberapa pengujian berupa akurasi tegangan keluaran terhadap tegangan keluaran berdasarkan teori dengan variasi duty cycle, dengan begitu dapat mengetahui nilai dari error persen konverter, efisiensi konverter diberbagai variasi duty cycle dan efisiensi rata-rata dari *Synchronous Buck Converter.* Pengujian ini dilakukan sebelum menerapkan metode voltage control menggunakan algoritma increment decrement pada *Synchronous Buck Converter* untuk tegangan keluaran yang stabil diberbagai pengujian pembebanan.

4.4.1 Pengujian Akurasi *Synchronous Buck Converter*

Pada pengujian akurasi ini menggunakan beban berupa resistor kapur dengan nilai hambatan 40 Ω. Tujuan penggunaan dari beban resistor sebagai beban pada pengujian akurasi yaitu selain untuk proses *Charging* dan *Discharging* induktor dan kapasitor pada konverter pada variasi duty cycle, tujuan lainnya yaitu karena resistor merupakan beban yang stabil, dimana perubahan suhu, waktu, dan frekuensi tidak akan merubah nilai impedansinya ditengah pengujian berlangsung. Selain itu, resistor dipilih karena sifat resistif murninya yang mengikuti hukum ohm secara linier tanpa ada penyebab yang berpotensi menimbulkan pergeseran fasa atau lonjakan arus. Pengujian akurasi menggunakan sumber tegangan dari baterai Lithium-Ion 54 Volt dan variasi duty cycle 10% hingga 90% untuk menghindari masalah bootstrap, deadtime, saturasi induktor, dan mode discontinuous current (DCM) ekstrem.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

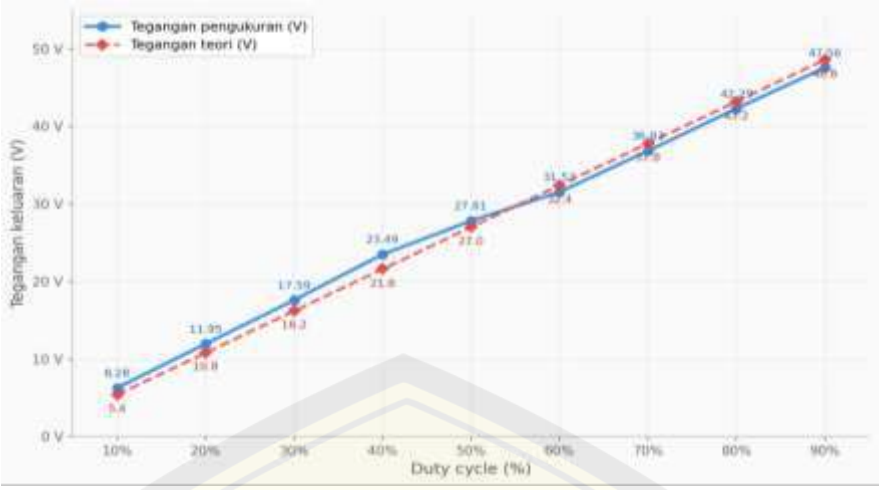
Tabel 4.6 Pengujian Akurasi *Synchronous Buck Converter*

Tegangan Masukan (V)	Resistor (Ω)	Duty Cycle (%))	Tegangan Keluaran (V)		Error (%)
			Pengukuran	Teori	
54	40	10	6.28	5.4	16.30
		20	11.95	10.8	10.65
		30	17.59	16.2	8.58
		40	23.49	21.6	8.75
		50	27.81	27.0	3.00
		60	31.53	32.4	2.69
		70	36.83	37.8	2.57
		80	42.29	43.2	2.11
		90	47.56	48.6	2.14
Rata-rata					4.20

Dari tabel diatas tersajikan nilai dari *error* persen yang semakin kecil seiring dengan bertambahnya nilai *duty cycle*. Seperti saat duty cycle 20% mendapat error persen 10.65%, sementara saat *duty cycle* naik menjadi 40% mendapat dengan error persen 8.75%. Dari tabel diatas juga tersajikan bahwa tegangan keluaran meningkat secara linier seiring dengan bertambahnya nilai dari duty cycle. Seperti saat duty cycle 20% mendapat tegangan keluaran 11.95 Volt, sementara aat duty cycle naik menjadi 40% mendapat tegangan keluaran 23.49 Volt. Dari hasil pengujian akurasi tersebut terlihat bahwa rata-rata error adalah 4.20% yang mengindikasi bahwa Konverter yang dirancang baik dan layak beroperasi untuk mengkonversi suatu level tegangan menjadi level tegangan yang lebih rendah. Karakteristik akurasi *Synchronous Buck Converter* ini dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini :

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



Gambar 4.1 Grafik Akurasi Tegangan Keluaran *Synchronous Buck Converter*

4.4.2Pengujian Efisiensi *Synchronous Buck Converter*

Pada pengujian ini menggunakan beban resistor dengan nilai 40 Ω.

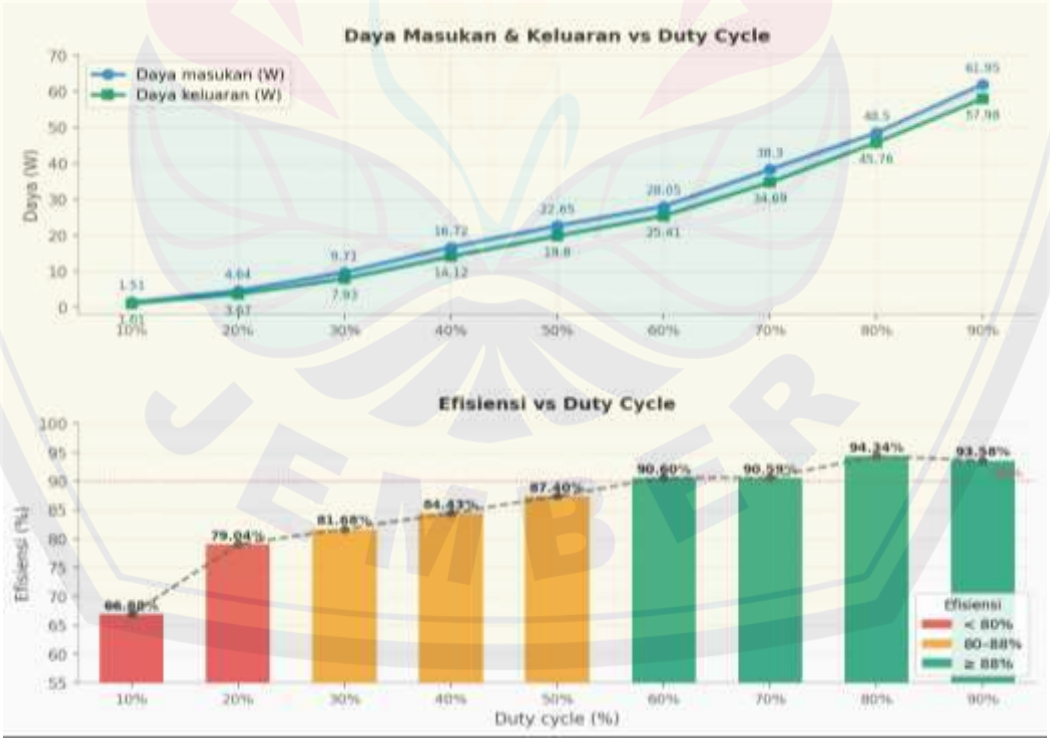
Tabel 4.7 Pengujian Efisiensi *Synchronous Buck Converter*

Duty Cycle (%)	Masukan			Keluaran			Efisiensi (%)
	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	
10	0.028	53.99	1.51	0.161	6.28	1.01	66.88
20	0.086	53.97	4.64	0.307	11.95	3.67	79.04
30	0.180	53.96	9.71	0.451	17.59	7.93	81.68
40	0.310	53.94	16.72	0.601	23.49	14.12	84.43
50	0.420	53.94	22.65	0.712	27.81	19.80	87.40
60	0.520	53.94	28.05	0.806	31.53	25.41	90.60
70	0.710	53.94	38.30	0.942	36.83	34.69	90.59
80	0.900	53.89	48.50	1.082	42.29	45.76	94.34
90	1.150	53.87	61.95	1.219	47.56	57.98	93.58
Rata-rata							85.39

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Pengujian ini bertujuan untuk melihat efisiensi transformasi daya masukan menuju daya keluaran *Synchronous Buck Converter* yang dinilai memiliki efisiensi yang sangat baik jika dibandingkan dengan *Buck Converter Non-Synchronous*. Sumber tegangan menggunakan baterai Lithium-Ion 54 Volt dan variasi duty cycle 10% hingga 90%. Dari hasil pengujian dapat terlihat bahwa saat duty cycle 20% didapatkan efisiensi 79.04%, sementara saat duty cycle 70%, 80% dan 90% didapatkan efisiensi 90,59%, 94,34%, dan 93,58%. Hal ini sejalan linier dengan kenaikan dari daya masukan dan daya keluaran yang semakin tinggi seiring dengan bertambahnya duty cycle. Seperti saat duty cycle 20% didapatkan daya masukan dan keluaran 4.64 Watt dan 3.67 Watt, sementara saat duty cycle 70% didapatkan daya masuka dan keluaran 38.30 Watt dan 34.69 Watt. Rata-rata efisiensi yang didapatkan pada pengujian kali ini yaitu sebesar 85.39% yang mengindikasi bahwa konverter memiliki efisiensi yang baik. Efisiensi yang rendah pada duty cycle rendah disebabkan oleh tegangan keluaran yang rendah, sehingga daya yang disuplai ke beban resistor juga rendah, sehingga rugi-rugi daya menjadi signifikan. Berikut merupakan grafik pengujian efisiensi dari *Synchronous Buck Converter* :



Gambar 4.2 Grafik Efisiensi *Synchronous Buck Converter*

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

4.5 Pengujian Konverter dengan Metode *Voltage Control*

Pengujian *Synchronous Buck Converter* menggunakan metode ini dilakukan untuk memberikan kualitas tegangan keluaran 12 Volt stabil yang dikontrol melalui sistem umpan balik guna memenuhi kebutuhan sistem auxiliary pada mobil listrik UKM TITEN EV Universitas Jember kategori *Urban Concept*. Dimana mekanisme kerja metode ini menggunakan algoritma *increment decrement* PWM, terdapat nilai setpoint yang diatur lewat program sebagai acuan berupa nilai ADC sebesar 225.06. Nilai tersebut merupakan 22% dari nilai resolusi ADC 10-bit yaitu 1024. Pada algoritma ini membutuhkan sistem umpan balik dari rangkaian *voltage divider* yang digunakan sebagai sensor untuk mengukur tegangan keluaran konverter. Sehingga nilai ADC dari sistem umpan balik akan dibandingkan dengan nilai ADC Setpoint yang telah ditentukan, kemudian program akan melakukan aksi berupa penyesuaian PWM. Kondisi pertama saat nilai ADC sistem umpan balik lebih rendah dari ADC Setpoint, maka PWM akan dinaikkan 1 step dan akan kembali di periksa oleh mikrokontroler untuk menentukan aksi PWM selanjutnya. Proses pemeriksaan tersebut dilakukan secara berulang kali (looping) hingga ADC dari sistem umpan balik samadengan ADC dari Setpoint. Kondisi kedua saat nilai ADC dari sistem umpan balik lebih tinggi dari ADC Setpoint, maka PWM akan diturunkan 1 step dan akan kembali diperiksa oleh mikrokontroler secara berulang kali (looping) untuk menentukan aksi PWM selanjutnya hingga ADC dari sistem umpan balik samadengan ADC Setpoint. Hasil akhir algoritma ini yaitu tegangan keluaran konverter yang stabil.

4.5.1 Pengujian Akurasi Pembebanan

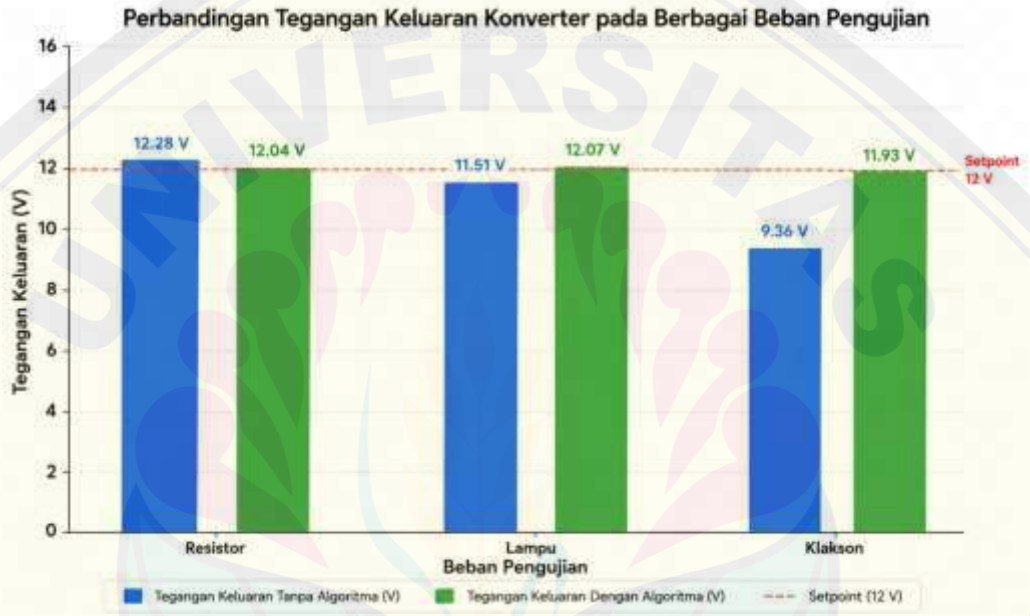
Pengujian pembebanan ini meliputi 2 kondisi yaitu kondisi konverter tanpa algoritma dan kondisi konverter yang menggunakan algoritma. Pembebanan disesuaikan dengan kebutuhan sistem auxiliary mobil listrik UKM TITEN EV yaitu beban lampu dan klakson 12 Volt. Adapun beban resistor kapur 40 Ω digunakan sebagai perbandingan linier. Tujuan dari pengujian variasi pembebanan ini yaitu untuk melihat nilai dari tegangan keluaran pada 2 kondisi tersebut. Duty cycle setpoint yang digunakan adalah 22% atau PWM pada arduino yaitu 55.88.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Tabel 4.8 Pengujian Pembebanan

Beban	Duty Cycle (%)	Setpoint (V)	Tanpa Algoritma		Algoritma	
			Tegangan keluaran (V)	Error (%)	Tegangan Keluaran (V)	Error (%)
Resistor	0.22	12	12.28	2.3	12.04	0.30
Lampu			11.51	4.5	12.07	0.58
Klakson			9.36	22.0	11.93	0.58



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Akurasi Tegangan Keluaran *Synchronous Buck Converter*

Dari tabel pengujian pembebanan dan grafik ini dapat terlihat bahwa saat beban klakson didapatkan tegangan keluaran 9.36 Volt pada kondisi konverter tanpa menggunakan algoritma dan 11.93 Volt pada kondisi konverter menggunakan algoritma. Saat beban lampu menggunakan tipe strip LED sepanjang 57 cm yang merepresentasikan ke-8 lampu yang digunakan pada mobil listrik UKM TITEN EV *Urban Concept* dengan resistansi internal 0.4 Ω baik itu pada sisi positif maupun negatif, dimana terukur tegangan keluaran 11.51 Volt pada kondisi konverter tanpa algoritma dan 12.07 Volt pada kondisi konverter menggunakan algoritma. Dapat terlihat bahwa konverter yang menggunakan

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

algoritma memiliki tegangan yang stabil di sekitar 12 Volt dengan error yang kecil yaitu 0.30% pada beban resistor, 0.58% pada beban lampu, dan 0.58% pada beban klakson. Hal ini berbeda dengan kondisi konverter tanpa algoritma yang mana tegangan keluaran tidak stabil di sekitar 12 Volt, seperti tegangan keluaran klakson hingga didapatkan error 22% dan error 4.5% pada beban lampu. Sehingga dengan parameter error persen ini mengindikasikan bahwa algoritma berkerja dengan sangat baik dalam menstabilkan tegangan keluaran konverter diberbagai variasi beban yang digunakan.

4.5.2 Pengujian Efisiensi Pembebanan

Pengujian efisiensi ini bertujuan untuk melihat perbandingan performa dari *Synchronous Buck Converter* yang menggunakan algoritma dan yang tidak menggunakan algoritma. Pengujian ini diperlukan untuk membuktikan seberapa pengaruh algoritma increment decrement pada *Synchronous Buck Converter* ini.

Tabel 4.9 Pengujian Efisiensi Konverter Tanpa Algoritma

Beban	Masukan			Keluaran			Efisiensi (%)
	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	
Resistor	0.090	53.39	4.80	0.315	12.28	3.86	80.41
Lampu	1.21	53.39	64.60	0.336	11.51	3.86	5.97
Klakson	0.190	53.39	10.14	0.683	9.36	6.39	63.01

Dari pengujian tabel diatas dapat dilihat bahwa saat pengujian masing-masing beban, efisiensi tertinggi yaitu 80.41% pada beban resistor, dan efisiensi terendah yaitu lampu sebesar 5.97%. Dimana daya masukan dan keluaran beban resistor yaitu 4.80 Watt dan 3.86 Watt. Sementara daya masukan dan keluaran beban lampu yaitu 64.60 Watt dan 3.86 Watt. Adapun efisiensi klakson yaitu 63.01% dengan daya masukan dan keluaran sebesar 10.14 Watt dan 6.39 Watt.

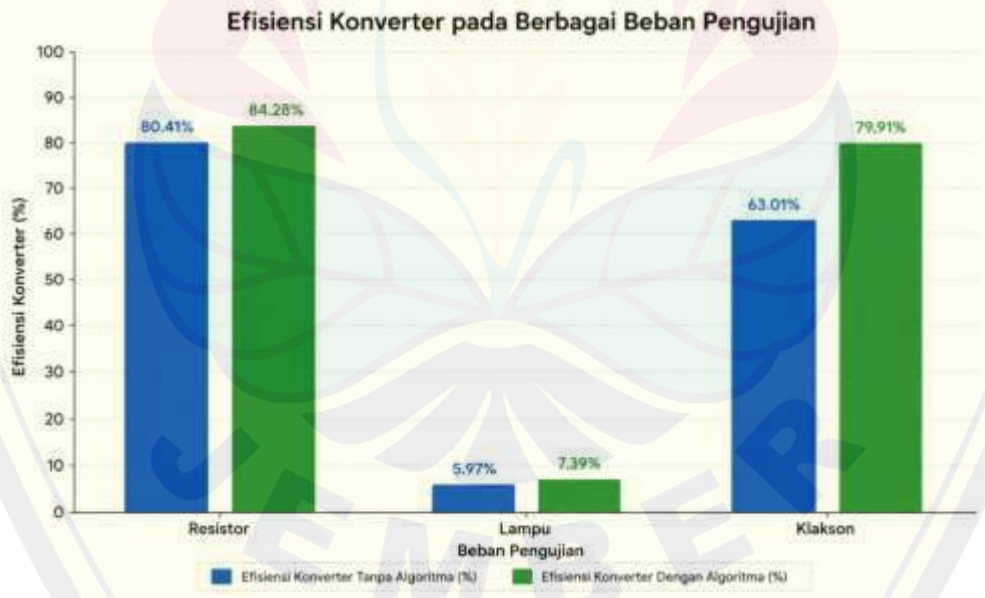
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Tabel 4.10 Pengujian Efisiensi Konverter Menggunakan Algoritma

Beban	Masukan			Keluaran			Efisiensi (%)
	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	
Resistor	0.08	54.34	4.37	0.307	12.04	3.69	84.28
Lampu	1.18	54.29	64.12	0.393	12.07	4.74	7.39
Klakson	0.25	54.17	13.54	0.907	11.93	10.82	79.91

Dari pengujian tabel diatas dapat dilihat bahwa saat pengujian masing-masing beban, efisiensi tertinggi yaitu 84.28% pada beban resistor, dan efisiensi terendah yaitu lampu sebesar 7.39%. Dimana daya masukan dan keluaran beban resistor yaitu 4.37 Watt dan 3.69 Watt. Sementara daya masukan dan keluaran beban lampu yaitu 64.12 Watt dan 3.4.74 Watt. Adapun efisiensi klakson yaitu 79.91% dengan daya masukan dan keluaran sebesar 13.54 Watt dan 10.82 Watt.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Efisiensi *Synchronous Buck Converter*

Dari Gambar diatas terlihat adanya kenaikan efisiensi pada konverter di keseluruhan pengujian pada masing-masing beban. Kenaikan efisiensi sebesar 3.87% pada beban resistor kapur, kenaikan efisiensi sebesar 1.42% pada beban

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

lampu, kenaikan efisiensi sebesar 16.3% pada beban klakson. Kenaikan nilai efisiensi pada konverter ini mengindikasikan bahwa penerapan algortima increment decrement sudah cukup baik, tidak hanya dapat menstabilkan tegangan keluaran kenverter, melainkan juga memberikan dampak berupa kenaikan efisiensi yang cukup signifikan pada sistem *auxiliary* mobil listrik UKM TITEN EV Universitas Jember.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pembahasan yang telah dilakukan dengan judul "Rancang Bangun *Synchronous Buck Converter* Menggunakan Metode *Increment Decrement Voltage Control* untuk Sistem *Auxiliary* Pada Mobil Listrik *Urban Concept*" dapat disimpulkan bahwa :

1. Rancangan dan pengujian *Synchronous Buck Converter* menunjukkan kemampuannya yang baik dalam menurunkan tegangan baterai lithium-ion 54 Volt menjadi 12 Volt yang stabil. Dibuktikan pengujian konverter menggunakan *increment decrement voltage control*, pada beban resistor tegangan keluaran adalah 12.04 Volt dan error 0.30%, pada beban Lampu tegangan keluaran adalah 12.07 Volt dan error 0.58%, pada beban resistor tegangan keluaran adalah 11.93 Volt dan error 0.58%.
2. Nilai efisiensi konverter yang menggunakan metode *increment decrement voltage control* lebih besar dari konverter tanpa metode tersebut. Dibuktikan pada beban resistor efisiensi naik dari 80.41% menjadi 84.28%, pada beban lampu efisiensi naik dari 5.97% menjadi 7.39%, pada beban klakson efisiensi naik dari 63.01% menjadi 79.91%.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa saran yang bisa digunakan untuk menyempurnakan dan mengembangkan penelitian terdahulu. Beberapa saran yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian variasi pembebanan dapat diperluas, diluar konteks sistem auxiliary mobil listrik *Urban Concept* UKM TITEN EV Universitas Jember. Seperti pompa air, motor atau servo, dan sebagainya.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat diterapkan alat monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mempermudah proses monitoring dan data *logger*.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DAFTAR PUSTAKA

Amer, M., Abuelnasr, A., Ali, M., Hassan, A., Trigui, A., Ragab, A., ... & Savaria, Y. (2024). Enhanced dynamic regulation in buck converters: Integrating input-voltage feedforward with voltage-mode feedback. *IEEE Access*, *12*, 7310-7328.

Anggawan, A., & Yuhendri, M. (2020). Implementasi Kendali Tegangan Output Buck converter Berbasis Simulink Matlab. *J. Tek. Elektro Indones*, *2*(1), 34-39.

Bachtiar, P. H., Hardianto, T., & Setiawan, A. (2020). Sistem Panel Surya Menggunakan Synchronous Buck Converter Dengan Teknik MPPT. *Dielektrika*, *7*(2), 125-131.

Dane, D., Sutedjo, S., & Qudsi, O. A. (2021). Desain Buck Converter untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Kontrol PI. *PoliGrid*, *2*(2), 52-55.

Jati, B. P., & Hapsari, J. P. (2022). ESC Fullbridge 3 Fasa Motor BLDC Berdaya Besar Menggunakan Kontroler Arduino. *CYCLOTRON*, *5*(2).

Nugraha, A. T., & Eviningsih, R. P. (2022). *Konsep Dasar Elektronika Daya*. Deepublish.

Nurqalbi, N. (2024). Desain Simulasi Konverter Buck-Boost Berbasis PWM (Pulse Width Modulation). *Journal of Innovation Research and Knowledge*, *3*(9), 2085-2094.

Singh, R. S. S., Abbod, M., & Balachandran, W. (2016). Simulation of a new proposed voltage-base self-intervention technique with increment and decrement voltage conduction method to optimize the renewable energy sources DC output. In *2016 UKSim-AMSS 18th International Conference on Computer Modelling and Simulation (UKSim)* (pp. 224-229). IEEE.

Shukir, S. S. (2021). Design a Half Bridge Inverter and a Full Bridge Inverter with Overload Protection Circuit Using IC555. *Industrial Engineering*, *5*(1), 21-27.

Tyanggoro, L., Winarno, T., & Putri, R. I. (2024). Kontrol Tegangan Catu Daya Pada Mobile Robot Menggunakan Syncronous Buck Converter: Politeknik negeri malang. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, *11*(1), 105-115.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Ulandari, P., & Yuhendri, M. (2024). Kendali Tegangan Output Buck Converter Berbasis Fuzzy Mamdani. *JTEIN J. Tek. Elektro Indones*, *5*(2), 411-420.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

LAMPIRAN

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER