

Rancang Bangun Instrumentasi Konverter Buck dengan *Graphical User Interface*

Telvi Armaliany^{1*} Krismadinata¹

¹Teknik Elektro Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*e-mail: telvi.armaliany.ta@gmail.com

(Diajukan: 27 Juli 2022, direvisi: 13 Agustus 2022, disetujui: 18 Agustus 2022)

Abstrak

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan konversi tegangan DC semakin banyak digunakan baik dalam skala besar maupun skala kecil. Salah satu cara mengkonversi tegangan DC ke tegangan DC yang lebih rendah adalah dengan menggunakan rangkaian konverter buck. Pada perancangan konverter buck terdapat komponen *switching* berupa MOSFET yang digunakan untuk mengatur lebar pulsa (PWM) dan rangkaian *gate drive* sebagai penguatan sinyal. Sistem monitoring data pada konverter buck ini menggunakan LCD dan Visual Studio 2010. Hasil monitoring data tegangan, arus, dan grafik yang didapat dari pengujian konverter buck akan ditampilkan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak Visual Studio 2010. Pada LCD akan ditampilkan frekuensi dan *duty cycle*. Konverter buck dirancang menurunkan tegangan masukan 24 VDC ke tegangan keluaran sebesar 24 VDC – 5 VDC dengan *duty cycle* 10% - 90% yang dapat diatur menggunakan potensiometer dan dapat ditampilkan pada Visual Basic 2010. Tegangan keluaran konverter buck 5 VDC didapat pada *duty cycle* 20%. Berdasarkan analisis hasil perhitungan dan pengukuran tegangan keluaran konverter buck dari *duty cycle* 10% hingga 90% memiliki selisih berkisar 3%.

Kata Kunci: konverter buck, MOSFET, visual studio.

Abstract

Along with technological developments, the need for DC voltage conversion is increasingly being used both on a large and small scale. One way to convert the DC voltage to a lower DC voltage is to use a buck converter circuit. In the design of the buck converter, there is a switching component in the form of a MOSFET to adjust the pulse width (PWM) and the gate drive circuit as a signal amplifier. The data monitoring system on this buck converter uses an LCD and Visual Studio 2010. The results monitoring voltage, current, and graphs obtained from the buck converter test will be displayed on a computer using Visual Studio 2010 software. The LCD will display the frequency and duty cycle. The buck converter designed to reduce the 24 VDC input voltage to an output voltage of 24 VDC – 5 VDC with a duty cycle of 10% - 90% can be adjusted using a potentiometer and displayed in Visual Basic 2010. The output voltage of the 5 VDC buck converter got at a duty cycle of 20%. Based on the analysis calculation and measuring of the buck converter output voltage from a duty cycle of 10% to 90%, the difference is around 3%.

Keywords: buck converter, MOSFET, visual studio.

PENDAHULUAN

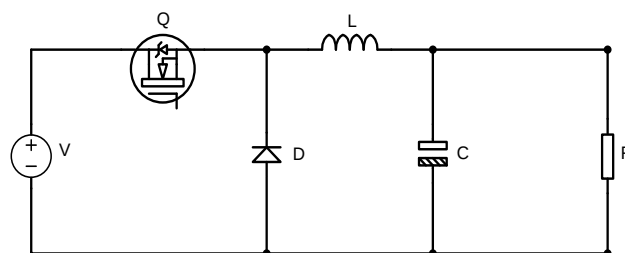
Saat ini kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan kemajuan dan perkembangan teknologi. Terlihat dari banyaknya perangkat-perangkat yang membutuhkan energi listrik dengan sumber tegangan DC [1]. Banyaknya perangkat yang membutuhkan sumber tegangan DC, diperlukan suatu sistem yang dapat mengkonversi tegangan DC masukan ke tegangan DC keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan DC ini biasa disebut sebagai konverter DC-DC [2][3]. Sebuah konverter DC-DC dapat dikembangkan dari gabungan komponen semikonduktor jenis IGBT / MOSFET [4]. Perkembangan penerapan konverter DC-DC telah memungkinkan suatu perangkat elektronik dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi baterai yang berukuran kecil dimana tegangan keluarannya dapat diatur sesuai dengan pemakaian. Berbagai konfigurasi konverter DC-DC telah banyak dikembangkan, salah satunya yaitu konverter buck.

Konverter buck merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi menurunkan tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah sesuai dengan kebutuhan [5][6]. Rangkaian konverter buck terdiri dari satu saklar aktif (MOSFET), satu saklar pasif (dioda), kapasitor, induktor, dan resistor [7][8]. Konverter buck merupakan salah satu regulator DC tipe *switching non-isolated* yang dapat digunakan untuk kebutuhan sumber tegangan keluaran variabel. Nilai tegangan keluaran konverter buck dapat diatur menjadi lebih rendah dari nilai tegangan masukan dengan mengatur frekuensi dan besar lebar pulsa (*duty cycle*). *Duty cycle* dibangkitkan dengan menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*).

Pada penelitian [9] konverter buck dirancang menurunkan tegangan yang bervariasi antara 24 VDC-12 VDC dengan menggunakan Visual Studio 2012 sebagai sistem monitoring telah dikembangkan. Untuk meningkatkan teknologi perancangan konverter buck, maka pada artikel ini akan dirancang sebuah konverter buck dengan tegangan masukan 24 VDC dan tegangan keluaran 24 VDC-5 VDC dengan sistem monitoring menggunakan Visual Studio 2010. Pengembangan penelitian ini terletak pada penambahan grafik pada Visual Studio 2010 serta bagian *hardware* ditambahkan LCD dan alat ukur. Penambahan LCD digunakan untuk menampilkan *duty cycle* dan frekuensi. Sedangkan alat ukur digunakan untuk memudahkan dalam melihat nilai tegangan masukan, tegangan keluaran, arus masukan, dan arus keluaran dari konverter buck.

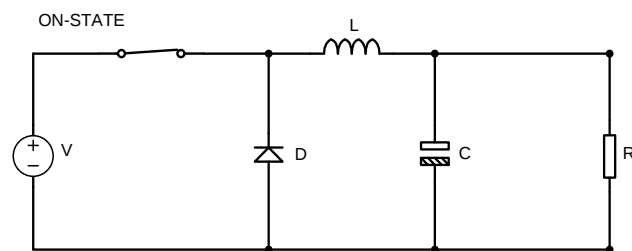
Konverter Buck

Konverter buck merupakan konverter DC-DC jenis penurun tegangan atau *step down*. Konverter buck menghasilkan tegangan DC yang lebih rendah dari pada tegangan masukannya [10]. Rangkaian konverter buck dapat dilihat pada Gambar 1.



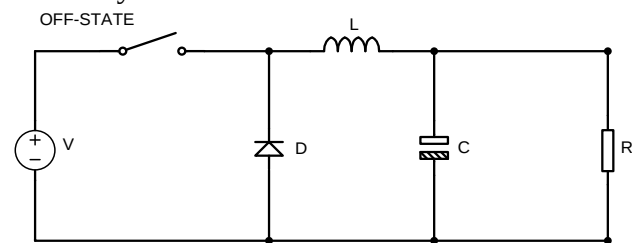
Gambar 1. Rangkaian Konverter Buck

Konverter buck tersusun dari MOSFET (saklar aktif) dan dioda (saklar pasif). Saklar pasif dapat diganti dengan aktif pada saat tegangan kerja rendah, sehingga dapat mengurangi susut daya yang terjadi. Konverter buck banyak digunakan sebagai pengkonversi tegangan searah karena rangkaian yang sederhana dan pembiayaan lebih murah [11][12]. Pengaplikasian konverter buck dapat dilihat pada catu daya komputer, peralatan elektronik, catu daya motor, *charger* aki, dan sebagainya [13]. Prinsip kerja konverter buck dapat dibagi dalam 2 keadaan, yaitu saat saklar tertutup (*state ON*) dan saat saklar terbuka (*state OFF*). Rangkaian konverter buck saat saklar tertutup (*state ON*) terdapat pada Gambar 2. Ketika MOSFET *ON* (tertutup) dan dioda *OFF* pada $t = 0$, arus akan mengalir dari sumber menuju ke induktor kemudian difilter dengan kapasitor, lalu ke beban, dan kembali lagi ke sumber.



Gambar 2. Rangkaian Konverter Buck Saklar Tertutup

Sementara pada saat saklar terbuka (*state OFF*) seperti Gambar 3, MOSFET *OFF* (terbuka) dan dioda *ON* pada $t = t_1$, arus akan mengalir melalui induktor, kapasitor, beban, dan dioda maksimum. Arus induktor akan turun sampai transistor diaktifkan kembali pada siklus berikutnya.



Gambar 3. Rangkaian Konverter Buck Saklar Terbuka

PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Semakin besar lebar pulsa maka akan semakin besar pula keluarannya. Sinyal PWM digunakan untuk membangkitkan *duty cycle*. Nilai *duty cycle* digunakan untuk mengatur tegangan keluaran konverter buck. Pada rangkaian konverter buck yang telah dirancang nilai *duty cycle* diatur dengan menggunakan potensiometer.

Arduino Uno

Arduino Uno merupakan board mikrokontroler dengan jenis *open source* yang dapat langsung digunakan ataupun dimodifikasi. Arduino UNO mudah dihubungkan ke sebuah komputer dengan menghubungkan kabel USB atau mensuplai dengan adaptor AC ke DC, juga bisa menggunakan baterai. Arduino Uno digunakan sebagai pusat pengontrolan tegangan keluaran yang dihasilkan dari konverter buck. Mikrokontroler

iniilah yang akan diprogram untuk menghasilkan keluaran sinyal pulsa, sensor tegangan, sensor arus, potensiometer, dan LCD.

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*)

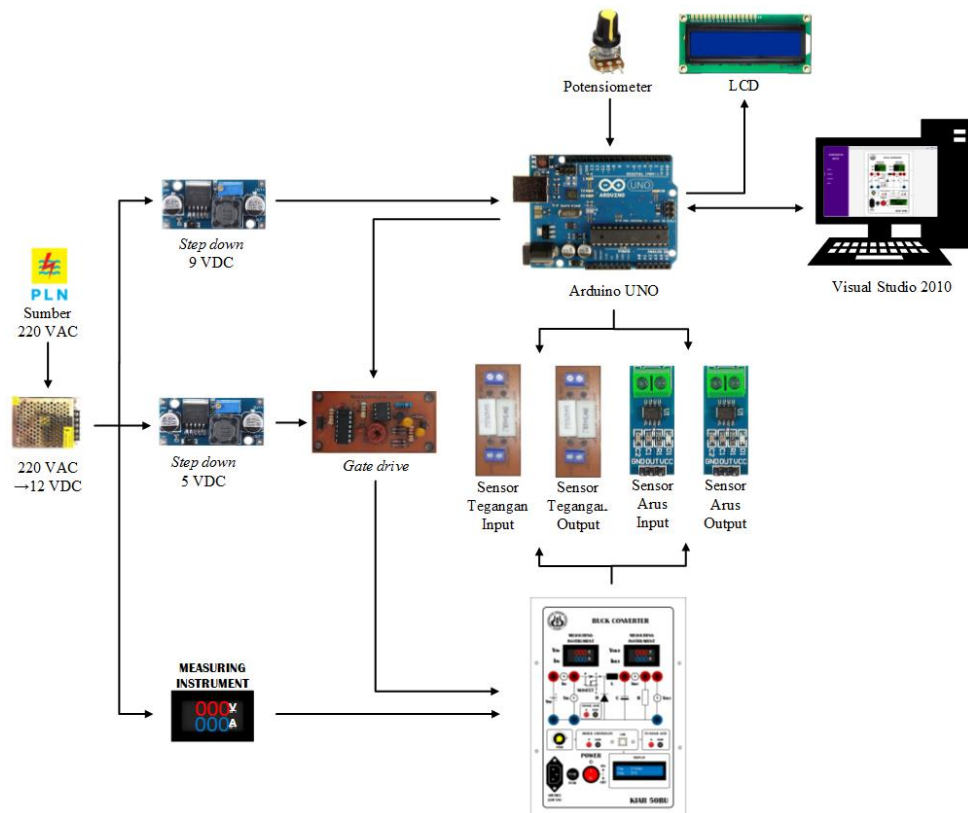
MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) merupakan komponen yang dikendalikan oleh tegangan dan memerlukan arus masukan yang kecil. Kecepatan *switching* sangat tinggi dan waktu *switching* memiliki orde nanodetik. Untuk menggunakan MOSFET dibutuhkan sebuah *gate drive* sebagai pengendali MOSFET agar bekerja secara ON dan OFF [14]. MOSFET digunakan sebagai komponen *switching* pada rangkaian konverter buck yang berguna untuk mengatur lebar pulsa (PWM).

Visual Basic 2010

Graphical User Interface (GUI) merupakan suatu program yang dapat memungkinkan pengguna komputer dapat berkomunikasi menggunakan media grafis ataupun tampilan visual dengan komputer tersebut. Salah satu bentuk pemrograman *windows* yang berbasis GUI adalah Visual Basic 2010. Bahasa pemrograman yang digunakan bersifat *event driven* yang artinya jika ada tindakan dari pemakai berupa kejadian tertentu (tombol diklik) maka program baru akan terlaksana. Pada perancangan Visual Basic 2010 ditambahkan *InstrumentLab* dan *PlotLab* yang dapat membuat tampilan Visual Basic lebih bagus.

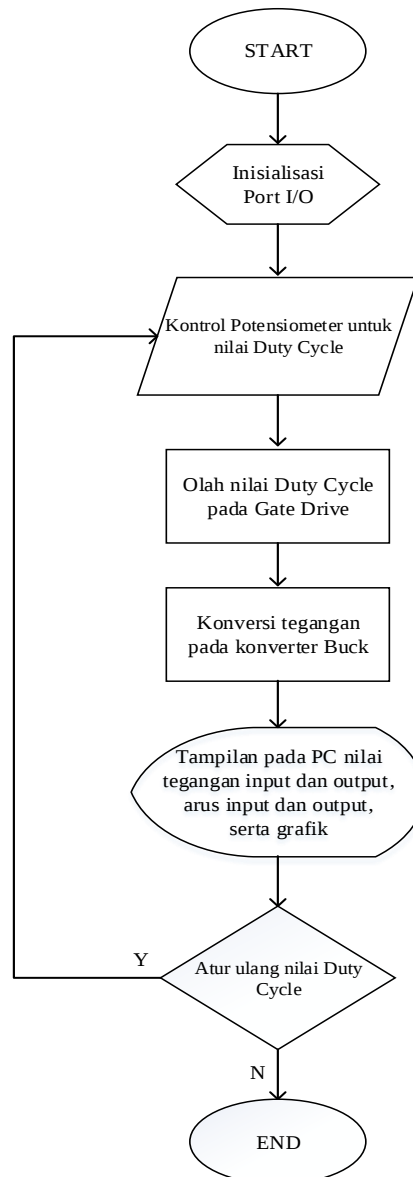
METODE

Metode pada perancangan konverter buck ini terdapat konfigurasi sistem dan *Flowchart*. Pada konfigurasi sistem terdiri dari komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan konverter buck. Konfigurasi sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Sistem Konverter Buck

Konfigurasi sistem yang digunakan pada sistem ini terdiri dari adaptor yang mengubah tegangan 220 VAC menjadi 12 VDC, dua buah *step down* untuk menurunkan tegangan 12 VDC menjadi 9 VDC dan 5 VDC, rangkaian daya konverter buck, rangkaian *gate drive*, dua sensor arus dan dua sensor tegangan. Pada rangkaian ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengontrolan serta LCD untuk menampilkan nilai *duty cycle* dan frekuensi. Sedangkan potensiometer digunakan untuk mengatur nilai *duty cycle*. Data monitoring akan ditampilkan pada PC menggunakan perangkat lunak Visual Studio 2010.



Gambar 5. *Flowchart* Kerja Konverter Buck

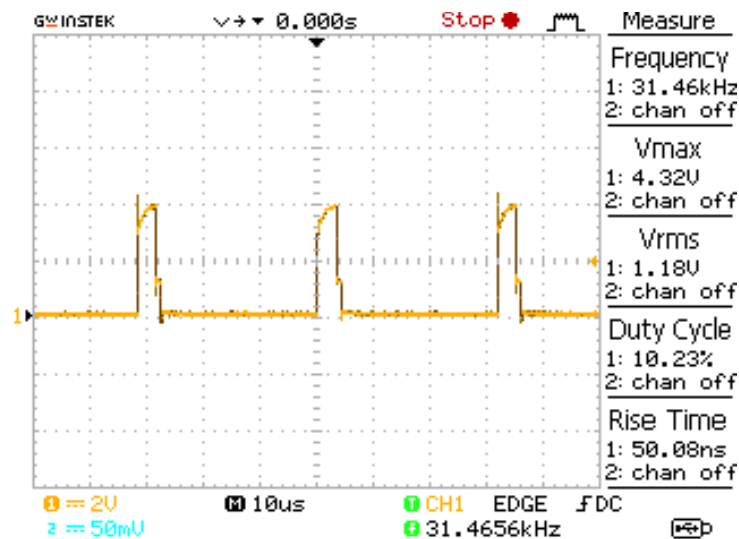
Setelah pembuatan konfigurasi sistem, *Flowchart* juga diperlukan dalam perancangan konverter buck. *Flowchart* kerja konverter buck dapat dilihat pada Gambar 5. *Flowchart* berfungsi sebagai acuan dalam membuat *listing program* serta berisi penentuan instruksi dari program yang akan dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian konverter buck dilakukan dengan memberikan tegangan masukan ke rangkaian daya sebesar 24 VDC. Nilai *duty cycle* diatur sebesar 10%-90% menggunakan potensiometer. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran pada rangkaian konverter buck.

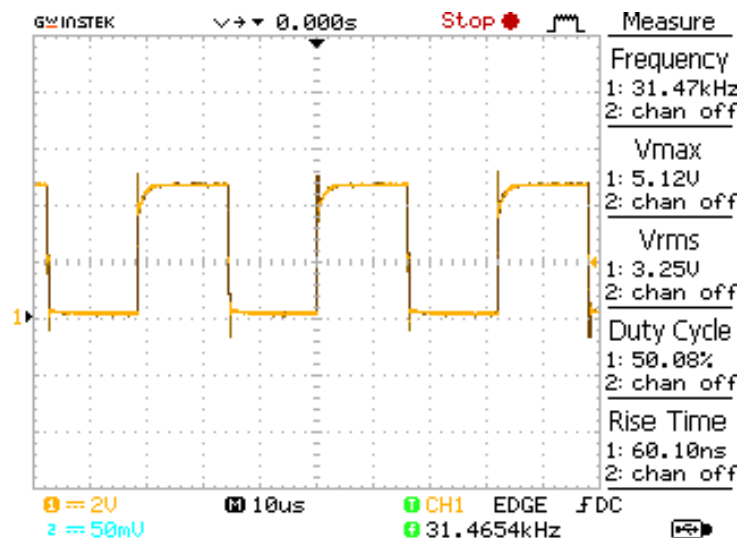
Pengujian Gate Drive

Pengukuran tegangan keluaran dari rangkaian *gate drive* dilakukan dengan menggunakan multimeter dan melihat gelombang keluaran yang dihasilkan *gate drive* menggunakan *oscilloscope*. Titik ukur pengujian rangkaian *gate drive* ini terletak pada keluaran rangkaian *gate drive*. Bentuk sinyal PWM dari *gate drive* dengan *duty cycle* sebesar 10% ditunjukkan pada Gambar 6.



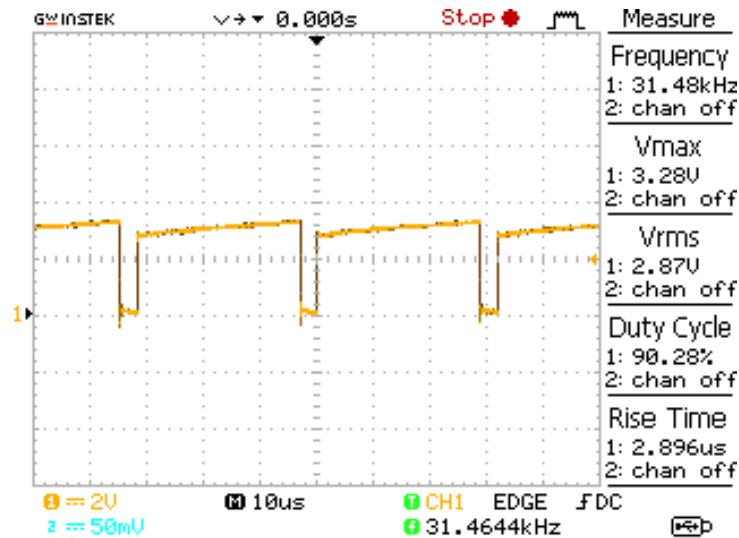
Gambar 6. Gelombang Keluaran Gate Drive dengan Duty Cycle 10%

Selanjutnya dilakukan pengujian gelombang keluaran rangkaian *gate drive* menggunakan *oscilloscope* dengan mengatur *duty cycle* sebesar 50% yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Gelombang Keluaran Gate Drive dengan Duty Cycle 50%

Pada pengujian *gate drive* terakhir *duty cycle* diatur sebesar 90%. Gelombang keluaran dari rangkaian *gate drive* dengan *duty cycle* 90% dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Gelombang Keluaran *Gate Drive* dengan *Duty Cycle* 90%

Hasil dari pengujian rangkaian *gate drive* ditunjukkan pada Tabel 1.

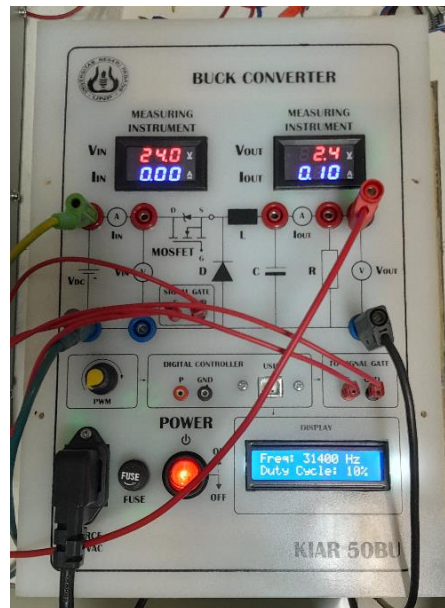
Tabel 1. Hasil Pengujian Rangkaian *Gate Drive*

<i>Duty Cycle</i>	Tegangan Output
10%	1,54 VDC
20%	3,06 VDC
30%	4,54 VDC
40%	6,00 VDC
50%	7,52 VDC
60%	8,97 VDC
70%	10,48 VDC
80%	11,97 VDC
90%	13,46 VDC

Pada Tabel 1 dapat dilihat data hasil pengujian rangkaian *gate drive* dari *duty cycle* 10% hingga 90%. Nilai tegangan keluaran rangkaian *gate drive* diukur menggunakan multimeter. Pada *duty cycle* 10% nilai tegangan keluaran *gate drive* terukur sebesar 1,54 VDC dan pada *duty cycle* 90% tegangan terukur sebesar 13,46 VDC. Dapat diketahui bahwa semakin besar nilai *duty cycle* maka nilai tegangan keluaran rangkaian *gate drive* akan semakin naik.

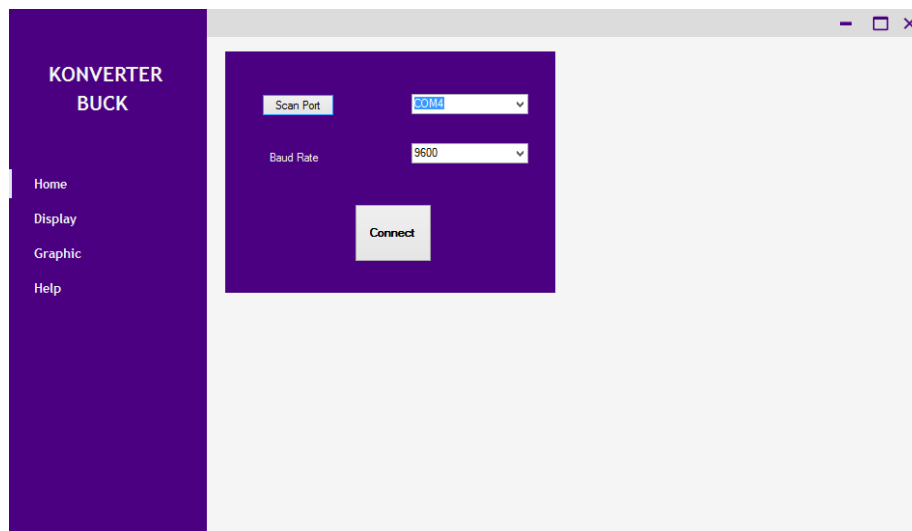
Pengujian Konverter Buck

Pengujian rangkaian konverter buck dilakukan dengan memberikan tegangan masukan 24 VDC ke rangkaian konverter dan mengatur nilai *duty cycle* sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90% menggunakan potensiometer. Beban yang digunakan adalah resistor dengan nilai tahanan 32,8 Ω . Alat konverter buck yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 9.

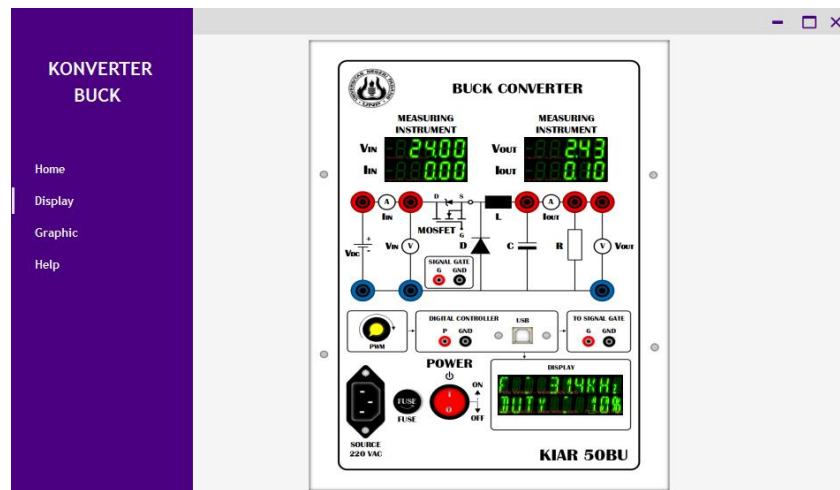


Gambar 9. Alat Konverter Buck

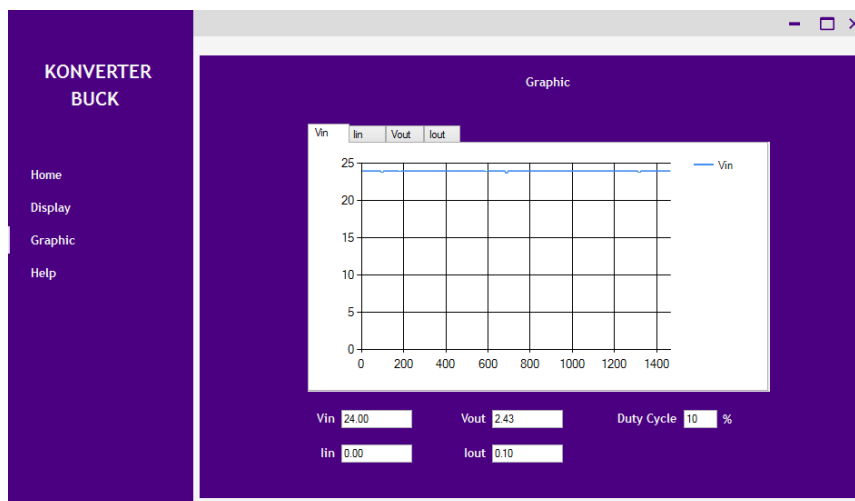
Monitoring data dari rangkaian konverter buck akan ditampilkan pada perangkat lunak Visual Studio 2010. Pada Visual Studio 2010 telah dirancang beberapa halaman untuk menampilkan data monitoring dari konverter buck seperti halaman *Home* untuk menampilkan komunikasi serial, halaman *Display* untuk menampilkan konverter buck, serta halaman *Graphic* untuk menampilkan grafik V_{in} , I_{in} , V_{out} , dan I_{out} . Gambar 10 menunjukkan tampilan halaman *Home* yang merupakan bagian komunikasi serial. Terdapat dua *ComboBox* sebagai penampil COM dan *Baudrate* serta *Button* untuk *Connect/Disconnect*.

Gambar 10. Halaman *Home*

Pada halaman *Display* akan ditampilkan data tegangan *input*, tegangan *output*, arus *input*, arus *output*, frekuensi, dan *duty cycle*. Gambar 11 merupakan tampilan halaman *Display* pada Visual Basic 2010 yang menampilkan nilai *duty cycle* sebesar 10% dengan nilai $V_{in} = 24,00$ VDC; $I_{in} = 0,00$ A; $V_{out} = 2,43$ VDC; $I_{out} = 0,10$ A; dan frekuensi sebesar 31,4 KHz.

Gambar 11. Halaman *Display*

Selanjutnya terdapat halaman *Graphic* pada Visual Studio 2010 dapat dilihat pada Gambar 12 dimana terdapat gambar grafik dari Vin, Iin, Vout, dan Iout.

Gambar 12. Halaman *Graphic*

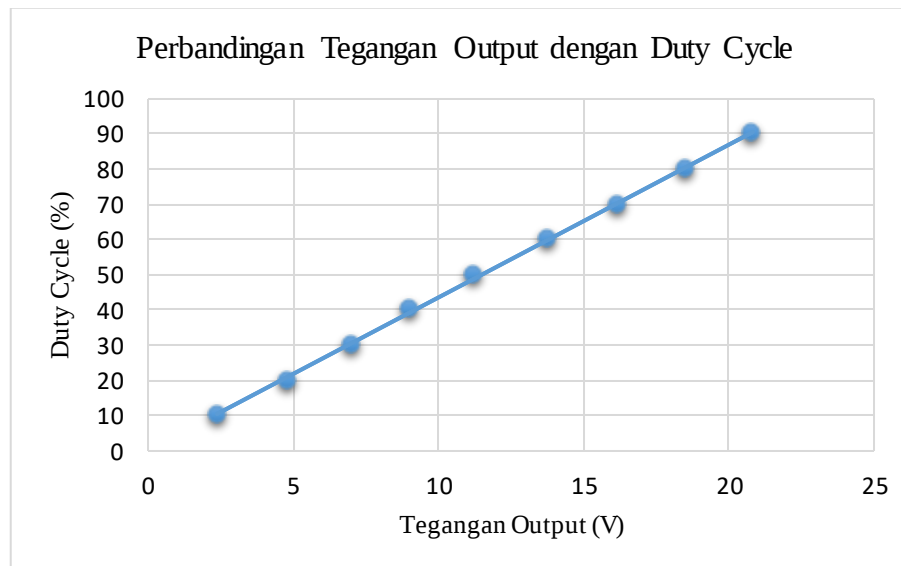
Berikut hasil pengukuran dari rangkaian konverter buck yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Konverter Buck dengan Beban R 32,8 Ω

Duty Cycle (%)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
10	24,0	0,00	2,4	0,10
20	24,0	0,00	4,8	0,12
30	24,0	0,01	7,0	0,14
40	24,0	0,01	9,0	0,17
50	24,0	0,02	11,2	0,20
60	24,0	0,03	13,8	0,23
70	24,0	0,03	16,2	0,32
80	24,0	0,04	18,5	0,35
90	24,0	0,05	20,8	0,43

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa tegangan masukan konverter buck stabil sebesar 24 VDC sedangkan nilai tegangan keluaran konverter buck bervariasi seiring dengan perubahan nilai *duty cycle*. Beban yang digunakan pada rangkaian konverter buck adalah

resistor $32,8 \, \Omega$. Konverter buck ini dirancang untuk menurunkan tegangan 24 VDC ke 5 VDC. Tegangan keluaran 5 VDC didapat pada *duty cycle* 20%. Nilai tegangan keluaran konverter buck akan berubah sesuai dengan nilai *duty cycle* yang diatur menggunakan potensiometer sebagai contoh pada *duty cycle* 10% V_{out} yang didapat sebesar 2,4 VDC sedangkan pada *duty cycle* 90% V_{out} yang didapat sebesar 20,8 VDC. Berdasarkan analisis selisih hasil perhitungan dan pengukuran tegangan keluaran konverter buck dari *duty cycle* 10% hingga 90% memiliki persentase berkisar 3%. Grafik perbandingan antara tegangan *output* konverter Buck dengan nilai *duty cycle* ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Tegangan *Output* dengan *Duty Cycle*

Dapat dilihat pada Grafik 13, nilai tegangan keluaran konverter buck sebanding dengan nilai *duty cycle* yang diatur menggunakan potensiometer. Semakin besar nilai *duty cycle* maka nilai tegangan keluaran konverter buck akan semakin naik begitu pun jika nilai *duty cycle* semakin kecil, nilai tegangan keluaran konverter buck akan semakin turun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa rangkaian konverter buck berfungsi menghasilkan tegangan searah yang lebih rendah dari tegangan masukannya. Nilai tegangan keluaran dari konverter buck dapat diatur dengan mengubah nilai *duty cycle* dengan memutar potensiometer. Konverter buck dirancang menurunkan tegangan masukan 24 VDC ke tegangan keluaran bervariasi antara 24 VDC-5 VDC dengan *duty cycle* berkisar antara 10%-90% yang dapat ditampilkan pada Visual Basic 2010. Tegangan keluaran 5 VDC didapat pada *duty cycle* 20%. Pengujian konverter buck dilakukan dengan beban resistor $32,8 \, \Omega$. Berdasarkan analisis hasil perhitungan dan pengukuran tegangan keluaran konverter buck dari *duty cycle* 10%-90% memiliki selisih berkisar 3%. Sistem monitoring data pada konverter buck ini menggunakan LCD dan Visual Basic 2010.

REFERENSI

- [1] S. Diusti Dwi Putri and Aswardi, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali PID," *Jtev (Jurnal Tek. Elektro Dan Vokasional)*, vol. 06, no. 02, pp. 258–272, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>.
- [2] H. Matalata and L. W. Johar, "ANALISA BUCK CONVERTER DAN BOOST CONVERTER PADA PERUBAHAN DUTY CYCLE PWM DENGAN MEMBANDINGKAN FREKUENSI PWM 1,7 Khz DAN 3,3 Khz," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 18, no. 1, p. 42, 2018, doi: 10.33087/jiubj.v18i1.431.
- [3] F. Wahid Azhari and Aswardi, "Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler ATmega 328," *Jtev (Jurnal Tek. Elektro Dan Vokasional)*, vol. 06, no. 01, pp. 1–13, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>.
- [4] Fitriadi and M. I. Hamid, "Desain Rangkaian Gate-Driver untuk Konverter yang Bekerja dengan Voltage Mode Control," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 175, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n2.259.2016.
- [5] K. Krismadinata and I. Husnaini, "Komparasi Pengendali PI Dan PID untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 3, p. 143, 2017, doi: 10.25077/jnte.v6n3.387.2017.
- [6] A. S. Samosir, N. I. Tohir, and A. Haris, "Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Jur. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Lampung*, vol. 11, pp. 1–94, 2017.
- [7] H. M. Himawan, O. Setyawati, and H. Suyono, "Pemodelan Fuzzy Logic Control untuk Pengendali PWM pada Buck Converter," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i1.181.
- [8] A. B. Pulungan and T. Ramadhani, "Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif," *J. EECCIS*, vol. 12, no. 2, pp. 93–97, 2018.
- [9] K. Muhammad Nur and Krismadinata, "Rancang Bangun Buck Konverter dengan Antarmuka Visual Studio," *MSI Trans. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 41–50, 2020, doi: 10.46574/mted.v1i2.12.
- [10] A. S. Pratiwi, S. D. Nugraha, and E. Sunarno, "Desain dan Simulasi Bidirectional DC-DC Converter untuk Penyimpanan Energi pada Sistem Fotovoltaik," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 3, pp. 305–310, 2020, doi: 10.22146/.v9i3.377.
- [11] Asnil and I. Husnaini, "Analisis Riak Keluaran Buck Konverter," *Semin. Nas. FORTEI 2015*, no. May 2020, pp. 58–62, 2015, doi: 10.31227/osf.io/ftgmy.
- [12] I. Nyoman Wahyu Satiawan and I. Bagus Fery Citarsa, "DESAIN BUCK CONVERTER UNTUK CHARGING BATERE PADA BEBAN BERVARIASI Buck Converter Design For Battery Charging On Various Loads," vol. 5, no. 1, pp. 30–35, 2018.
- [13] L. W. Cahyadi, T. Andromeda, and M. Facta, "Kinerja Konverter Arus Searah Tipe Buck Converter Dengan Umpan Balik Tegangan Berbasis TL494," *Transient*, vol. 6, p. 7, 2017.
- [14] F. A. I. Prasetya, W. Indrasari, and R. N. Setiadi, "Simulasi Rangkaian Dc-Dc Buck Converter Pada Sistem Penyimpanan Daya Listrik Panel Surya," ... *Nas. Fis. (E ...)*, vol. X, pp. 103–108, 2022, [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/23798%0Ahttp://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/download/23798/12312>.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan