

Kontrol Tegangan Catu Daya Pada Mobile Robot Menggunakan Synchronous Buck Converter

Lif Tyanggoro¹, Totok Winarno², Ratna Ika Putri³

e-mail: liftyanggoro13@gmail.com, totok.winarno@polinema.ac.id, ratna.ika@polinema.ac.id

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima 7 Agustus 2023
Direvisi 10 Oktober 2023
Diterbitkan 31 Mei 2024

Kata kunci:

Mobile Robot
DC Converter
Synchronous Buck Converter

Keywords:

Mobile Robot
DC Converter
Synchronous Buck Converter

ABSTRAK

Kestabilan daya dan tegangan pada sebuah perangkat elektronik sangatlah penting untuk diperhatikan. Karena jika hal tersebut tidak diperhatikan maka dapat mengakibatkan perangkat elektronik tersebut tidak dapat bekerja dengan maksimal atau bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat tersebut. Seperti halnya drop tegangan power supply pada sebuah mobile robot. Drop tegangan ini dapat mengakibatkan kecepatan dan torsi motor dc pada mobile robot tersebut akan berkurang sehingga hal tersebut dapat menurunkan performa dari mobile robot. Dari permasalahan tersebut, dirancanglah sebuah alat yang ditujukan untuk mengatasi drop tegangan tersebut dengan metode synchronous buck converter yang ditambahkan kontrol PID didalamnya. Pada kontrol PID ini digunakan metode tuning Trial and Error untuk mendapatkan parameter PID yang sesuai. Hasil pengujian menggunakan metode Trial and Error mendapatkan parameter terbaik cukup hanya menggunakan kontrol Kp dan Ki, dengan nilai parameter terbaik yaitu $K_p=0.9$, dan $K_i=0.38$ kemudian setpoint yang ditentukan adalah 24V. Rangkaian Synchronous buck converter yang telah dibuat dapat mengatasi drop tegangan yang terjadi pada mobile robot dengan nilai drop tegangan paling sedikit 0,1V dari setpoint serta metode Constant Voltage yang diterapkan masih memiliki error mulai dari 0,4% sampai 1,2% dan efisiensi daya yang dihasilkan paling bagus diangka 98,97%.

ABSTRACT

Power and voltage stability in an electronic device is very important to note. Because if this is not paid attention to, it can result in the electronic device not being able to work optimally or it can even cause damage to the device. Like the power supply voltage drop on a mobile robot. This voltage drop can cause the speed and torque of the dc motor on the mobile robot to decrease so that it can reduce the performance of the mobile robot. Based on these problems, a tool was designed to overcome the voltage drop using the synchronous buck converter method with added PID control. In this PID control, the Trial and Error tuning method is used to obtain the appropriate PID parameters. The test results using the Trial and Error method get the best parameters using only the Kp and Ki controls, with the best parameter values being $K_p = 0.9$, and $K_i = 0.38$ then the specified setpoint is 24V. The Synchronous buck converter circuit that has been made can overcome the voltage drop that occurs in the mobile robot with a voltage drop value of at least 0.1V from the setpoint and the Constant Voltage method that is applied still has errors ranging from 0.4% to 1.2% and power efficiency the best produced at 98.97%.



Penulis Korespondensi:

Lif Tyanggoro
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Email: liftyanggoro13@gmail.com

1 PENDAHULUAN

Semua perangkat elektronik membutuhkan catu daya dengan besaran yang berbeda-beda untuk dapat bekerja. Selain itu, daya dan kestabilan tegangan pada sebuah catu daya juga harus terpenuhi. Jika hal tersebut tidak terpenuhi maka dapat menyebabkan perangkat elektronik tersebut tidak bekerja dengan maksimal atau bahkan dapat menyebabkan kerusakan. Ketentuan tersebut juga berlaku pada mobile robot. Mobile robot adalah sebuah robot dengan roda yang digerakkan oleh motor sebagai aktuatornya untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain [1]. Pada penelitian ini, didesain sebuah mobile robot dengan empat roda omniwheel yang dapat bergarak ke segala arah tanpa memutar badannya. Catu daya yang digunakan pada mobile robot tersebut adalah baterai. Ketika tegangan pada baterai yang digunakan mengalami drop, maka otomatis tegangan pada keempat motor tersebut juga akan turun sehingga menyebabkan kecepatan dari keempat motor tersebut berkurang. Oleh sebab itu, sistem catu daya harus dioptimalkan dengan metode tertentu salah satunya adalah metode Synchronous Buck Converter untuk mendapatkan kinerja yang efisien dan juga stabil. Penggunaan DC-DC converter dalam perkembangannya telah memungkinkan perangkat elektronik untuk beroperasi menggunakan baterai dengan tegangan rendah [2]. Hal ini memungkinkan keluaran tegangan perangkat dapat diatur sesuai dengan kebutuhan penggunaan. Dengan demikian, perangkat elektronik menjadi lebih fleksibel dalam penggunaannya.

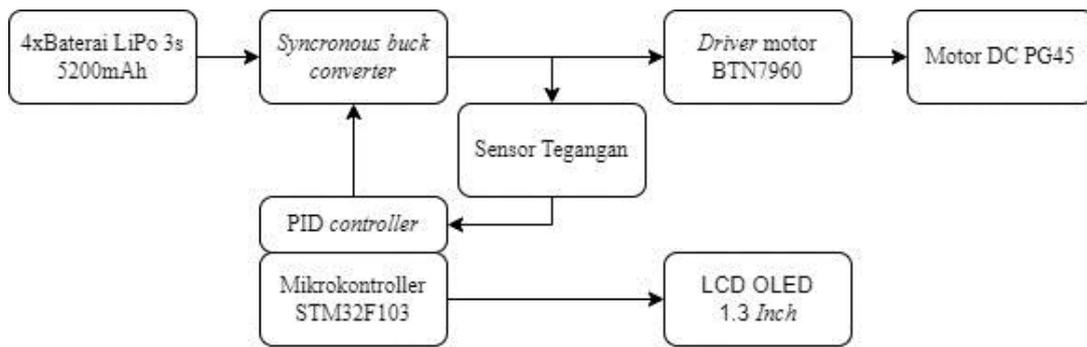
Topologi konverter DC-DC ada 3 yaitu topologi buck, boost dan buck-boost, masing-masing mampu menyuplai tegangan DC yang sesuai dengan kebutuhan beban yang terpasang [3]. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengatasi drop tegangan pada mobile robot dengan metode Synchronous Buck Converter yang merupakan salah satu topologi DC-DC Converter yang menurunkan tegangan input dengan metode regulator switching yang memiliki kelebihan ripple lebih kecil dan juga efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan Buck Converter konvensional. Konverter penaik dan penurun tegangan (buck-boost converter) adalah jenis konverter yang populer karena memungkinkan keluaran tegangan dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan masukannya. Dengan kata lain, konverter ini memungkinkan pengaturan level tegangan keluaran sesuai dengan kebutuhan pemakaian tertentu [4]. Synchronous buck converter merupakan pengembangan dari buck converter konvensional yang mana pergantian diode digantikan dengan Mosfet. Pergantian diode ke Mosfet ini mengakibatkan penurunan drop diode yang awalnya 0.5-1V menjadi sekitar 0.3V atau bahkan kurang, sehingga menghasilkan peningkatan efisiensi rangkaian mencapai 5% bahkan bisa lebih. Dasar dari rangkaian synchronous buck konverter mencakup sepasang Mosfet, filter keluaran, dan kontroler yang menyediakan fungsi peralihan sinkron. Pada topologi Synchronous Buck Converter, terdapat dua buah MOSFET yang dikendalikan oleh PWM (Pulse Wave Modulation) yaitu MOSFET high-side dan MOSFET low-side. Hal yang membedakan dengan topologi Buck Converter konvensional terletak pada dioda yang digantikan dengan MOSFET low-side, sehingga power losses yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan diode.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 merupakan blok diagram sistem yang menjelaskan tentang prinsip kerja dari sistem yang telah direncanakan yaitu mengoptimasi drop tegangan power supply dari sebuah mobile robot dengan metode synchronous buck converter. Tegangan kerja dari mobile robot adalah 24v. Pada perencanaan alat tegangan input terdiri dari 4 buah baterai LiPo 3s 5200mAh yang disusun secara serial sehingga tegangan input menjadi 48v.

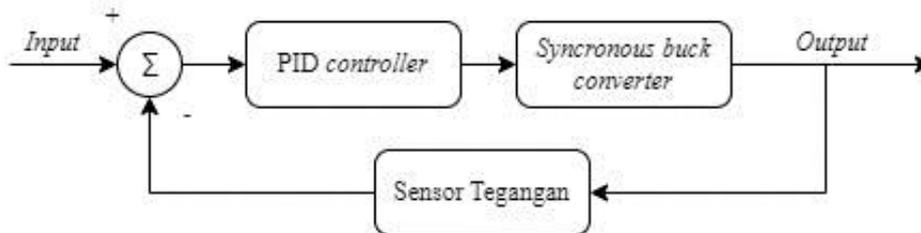




Gambar 1: Blok Diagram Sistem

Hal ini dimaksudkan supaya tegangan input mempunyai level tegangan yang lebih tinggi dari tegangan kerja mobile robot sehingga drop tegangan dapat teratasi dengan mengatur tegangan output dari synchronous buck converter. Untuk mengatur tegangan *output* dari *synchronous buck converter* digunakan sensor pembagi tegangan untuk mengetahui tegangan outputnya, yang kemudian dibaca oleh *mikrokontroler* sehingga ketika tegangan output kurang dari setpoint ($<24v$) maka mikrokontroler dengan *control* PID akan menambah *duty cycle* untuk menambah durasi lamanya mosfet saat on sehingga tegangan *output* juga akan bertambah sampai *setpoint* terpenuhi. Ketika tegangan *output* melebihi dari setpoint maka kontrol PID akan mengurangi *duty cycle* untuk mengurangi durasi lamanya mosfet saat on sehingga output akan berkurang sampai setpoint terpenuhi. Hasil pembacaan sensor akan diolah oleh STM32, dimana hasil pembacaan tegangan keluaran nantinya akan digunakan sebagai *feedback* sistem. Data yang akan ditampilkan pada LCD OLED berupa tegangan *output*, *duty cycle*, dan *setpoint*.

2.2 Diagram Blok Kontrol



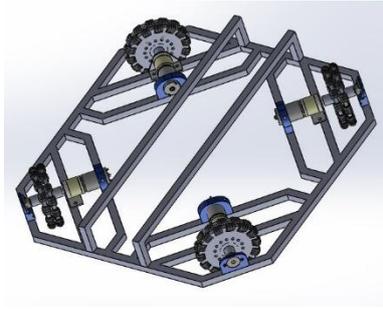
Gambar 2: Blok Diagram Kontrol

Pada Gambar 2 merupakan blok diagram kontrol dari system dengan *setpoint* yang di berikan sebagai acuan data yang menjadi *point* utama untuk tegangan output stabil dilevel tersebut. *Setpoint* yang *point* yang telah ditentukan adalah 24v dari tegangan input sebesar 48v dengan *feedback* adalah sensor tegangan yang digunakan sebagai sensor oleh *mikrokontroler* dan *output* yang diberikan ke *synchronous buck converter* berupa sinyal PWM yang diatur *duty cycle* nya agar dapat digunakan untuk mengatur besar kecilnya output yang diperlukan hingga sesuai dengan setpoint. Mikrokontroler akan membaca *output* dari *synchronous buck converter* melalui sensor tegangan yang kemudian akan dibandingkan oleh kontrol PID antara *setpoint* dengan *output* yang dihasilkan, dengan begitu maka akan terdapat *error* yang terjadi, maka kontrol PID akan menghitung *error* tersebut semakin besar *error* yang dihasilkan maka akan semakin besar pula *duty cycle* yang diberikan dan semakin kecil *error* yang dihasilkan maka akan semakin kecil pula *duty cycle* yang diberikan, sehingga kontrol PID akan mempertahankan *output* yang dihasilkan agar sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan ($Error \pm 0$).

2.3 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada penelitian ini menggunakan kerangka *base mobile robot* dengan 4 roda *omniwheel* dan 4 penggerak motor dc PG45 serta dengan bahan alumunium hollow 2x2cm, serta desain mekanik *cover* yang digunakan untuk tempat dari *synchronous buck converter* agar aman dari debu atau partikel yang dapat merusak sistem, berikut merupakan desain mekanik dari *base mobile robot* serta *cover synchronous buck converter*.

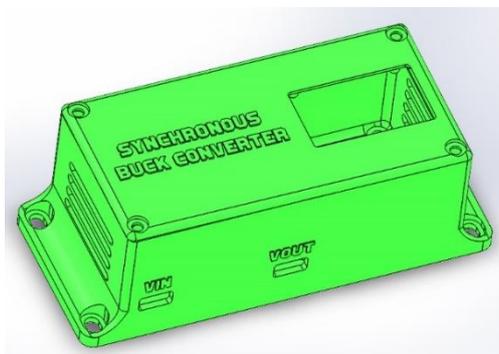




Gambar 3: Desain 3D *Mobile Robot*

Pada Gambar 3 ditunjukkan desain 3D *Mobile Robot* dengan spesifikasi mekanik seperti berikut:

- 1) Bahan base : Aluminium
- 2) Berat robot : 25 kg
- 3) Dimensi (PxLxT) : 75x75x100cm
- 4) Jenis roda : Omniwheel



Gambar 4: Desain 3D cover *synchronous buck converter*

Pada Gambar 4 ditunjukkan desain 3D cover *synchronous buck converter* dengan spesifikasi mekanik seperti berikut:

- 1) Bahan casing/case : filament PLA+
- 2) Berat : 70gram
- 3) Dimensi (PxLxT) : 122x53x46mm

2.4 Perancangan Elektronik



Gambar 5: Rangkaian Elektronik System

2.4.1 Perancangan Sinyal PWM pada STM32F103

Sinyal PWM (Pulse Width Modulation) berfungsi untuk mengatur besar kecilnya tegangan output yang akan dikeluarkan oleh synchronous buck converter. Sinyal PWM ini dihasilkan oleh frekuensi clock utama dari



mikrokontroler STM32F103 yaitu sebesar 72MHz yang kemudian diatur dengan persamaan agar didapatkan frekuensi sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Pada sinyal PWM ada 2 parameter yang didapat disesuaikan yaitu frekuensi switching dan duty cycle. Berikut persamaan yang digunakan untuk mengatur frekuensi switching dan duty cycle:

- Persamaan Frekuensi Switching

$$\begin{aligned}
 \text{Frequency switching} &= \frac{\text{Clock Frequency}}{(ARR+1)(Prescaler+1)} & (1) \\
 (ARR + 1)(Prescaler + 1) &= \frac{\text{Clock Frequency}}{\text{Frequency switching}} \\
 (ARR + 1)(Prescaler + 1) &= \frac{72\text{MHz}}{100\text{KHz}} \\
 (ARR + 1)(Prescaler + 1) &= 720 \\
 (720 + 1)(0 + 1) &= 721
 \end{aligned}$$

- Persamaan Duty Cycle

Untuk mengatur Frekuensi *switching* pada mikrokontroler STM32F103 ada 3 parameter yang digunakan yaitu nilai register ARR, Prescaler, dan *clock* frekuensi. Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan frekuensi *switching* jika yang diinginkan adalah 100KHz maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Duty Cycle} &= \frac{CCR}{ARR} \times 100\% & (2) \\
 50\% &= \frac{CCR}{721} \\
 CCR &= \frac{50}{100} \times 721 \\
 CCR &= 0.5 \times 721 \\
 CCR &= 360.5
 \end{aligned}$$

2.4.2 Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi untuk mengukur tegangan *output* dari *synchronous buck converter* yang dihubungkan ke pin ADC (*Analog to Digital Converter*) Mikrokontroler sekaligus menjadi *feedback* dari sistem. Tegangan maksimal dari ADC STM32F411 adalah 3,3v sedangkan tegangan maksimal dari *output converter* adalah 52v sehingga dibutuhkan pembagi tegangan agar tegangan *output converter* dapat dibaca oleh mikrokontroler maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

- **Persamaan pembagi tegangan**

Dengan telah ditetapkan bahwa R_1 adalah $10k\Omega$ maka:

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= V_{in} \times \frac{R_2}{R_1+R_2} & (3) \\
 3,3 &= 52 \times \frac{R_2}{10k + R_2} \\
 33k + 3,3R_2 &= 52R_2 \\
 33k &= 48,7R_2 \\
 R_2 &= \frac{33k}{48,7} \\
 R_2 &= 0,677k\Omega = 677\Omega
 \end{aligned}$$

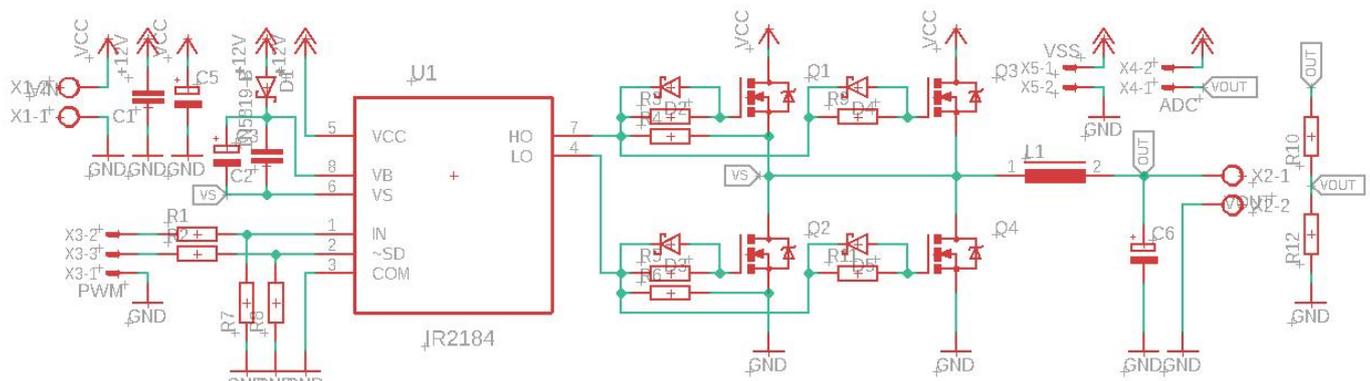
Berdasarkan hasil perhitungan pada persamaan (3) didapatkan bahwa nilai $R_2 = 677\Omega$ karena dipasaran nilai tersebut tidak ada maka dapat dibulatkan menjadi 680Ω . Sehingga didapat nilai $R_1 = 10k\Omega$ dan $R_2 = 680\Omega$.

2.4.3 Perancangan Rangkaian Synchronous Buck Converter

Pada Gambar 6 menunjukkan desain rangkaian synchronous buck converter.



SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER BLOCK



Gambar 6: Desain Rangkaian Synchronous Buck Converter

2.4.4 Perancangan Induktor



Gambar 7: Perancangan Induktor

Perancangan induktor digunakan untuk mengkonversi dari tegangan menjadi arus sekaligus menjadi filter agar rangkaian yang digunakan menjadi soft switching. Induktor yang digunakan berjenis powder cores dengan material sendust dengan tipe core MS-130125-2 dan memiliki nilai $A_L=127nH/N^2$. Untuk menentukan nilai induktansi sesuai dengan perhitungan yang telah ditentukan yaitu $62,5\mu H$ maka dapat ditentukan untuk jumlah lilitan yang diperlukan yaitu dengan persamaan berikut:

• **Menentukan jumlah lilitan**

Karena pada rangkaian core yang digunakan adalah 2 buah yang disusun secara bertumpukan (parallel) maka nilai dari A_L juga akan bertambah yaitu menjadi $254nH/N^2$.

$$A_L = \frac{254nH}{N^2} \tag{4}$$

$$w = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

$$w = \sqrt{\frac{62,5\mu H}{254nH}}$$

$$w = \sqrt{\frac{62,5 \cdot 10^{-6}}{127 \cdot 10^{-9}}}$$

$$w = 24,6 \text{ Turn}$$



Sehingga jumlah lilitan dibulatkan menjadi 25 lilit.

2.5 Perancangan Kontrol PID

Kontrol PID digunakan pada rangkaian agar synchronous buck converter yang dibuat memiliki respon sistem yang responsif ketika ada beban yang membutuhkan arus startup yang kontan seperti motor dc yang digunakan. Untuk menentukan nilai dari Kp, Ki, dan Kd pada kontrol PID digunakan metode trial and error atau manual tuning atau bisa juga disebut tuning experiment. Metode tersebut yaitu sebuah metode untuk menentukan nilai dari ketiga kontrol PID yaitu Kp, Ki, dan Kd dengan cara bereksperimen hingga didapatkan kombinasi dari ketiga nilai untuk menuju ke keadaan steady state.

Untuk acuan atau langkah-langkah dalam menentukan parameter Kp, Ki, dan Kd dengan metode trial and error diadopsi dari Williams, C dalam "feedback and temperature control". Langkah-langkah daripada metode tersebut adalah sebagai berikut:

- Untuk langkah awal yang terlebih dahulu digunakan adalah kontrol proporsional terlebih dahulu dan mengabaikan konstanta integrative dan derivatifnya dengan memberikan nilai nol.
- Kemudian tambahkan terus nilai dari konstanta proporsional hingga nilai dari tegangan output dalam keadaan stabil.
- Jika masih berisolasi, maka tambahkan konstanta derivative dengan membagi dua dari nilai proporsional, kemudian amati tegangan output yang dihasilkan.
- Jika output sudah stabil, kontrol integral tidak wajib untuk ditambahkan konstantanya, begitu juga ketika kontrol proporsional dirasa sudah cukup maka konstanta kontrol yang lain menjadi bersifat opsional
- Nilai dari sampling time juga mempengaruhi dari perhitungan PID

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja dari sensor tegangan sebelum sensor digunakan sebagai alat ukur tegangan pada rangkian Synchronous Buck Converter. Selain itu pengujian juga bertujuan untuk mengkalibrasi sensor tegangan agar pembacaannya sesuai dengan alat ukur yang sudah terkalibrasi. Pengujian ini dilakukan dengan cara melewati tegangan dari sumber tegangan DC yaitu power supply ke dalam sebuah rangkain sensor tegangan. Nilai yang terbaca pada sensor tegangan selanjutnya akan dibandingkan dengan alat ukur tegangan lainnya yaitu Multimeter.

TABEL I: HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

Setpoint tegangan (V)	Hasil pembacaan sensor (V)	Hasil pembacaan multimeter (V)	Error (%)
8	8.05	8.62	6.6
10	10.04	10.52	4.56
12	12.06	12.43	2.976
15	15.03	15.3	1.76
16	16.07	16.27	1.2
20	20.05	20.09	0.199
24	24.01	23.99	0.08
25	25.03	24.99	0.16
28	28.05	28.03	0.07
30	30.03	30.08	0.166

3.2 Pengujian Efisiensi daya Synchronous buck converter

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban rheostat dengan hambatan yang diubah-ubah mulai dari 30ohm sampai 5ohm dan input dari converter adalah 4 buah baterai 3s 5200mAh yang disusun secara seri sehingga tegangannya menjadi 50,4V dalam kondisi penuh kemudian akan turunkan oleh converter menjadi 24V dan



kemudian akan diberi beban rheostat dan akan diukur efisiensi dari alat yang telah dibuat. Berikut merupakan pengujian efisiensi daya dari synchronous buck converter:

TABEL II: HASIL PENGUJIAN EFISIENSI DAYA SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER

Beban (Ω)	Tegangan output (V)	Arus output (A)	Daya output (W)	Tegangan input (V)	Arus input (V)	Daya input (V)	Efisiensi (%)
30	23,99	0,76	18,23	49,8	0,37	18,42	98,97
25	23,98	0,92	22,06	49,8	0,45	22,41	98,44
20	23,99	1,15	27,59	49,8	0,57	28,39	97,18
18	24,03	1,36	32,67	49,8	0,68	33,86	96,49
15	23,98	1,6	38,37	49,8	0,81	40,34	95,12
12	23,95	1,93	46,22	49,8	0,98	48,8	94,71
10	23,8	2,43	57,83	49,7	1,23	61,13	94,6
8	23,66	3,31	78,31	49,6	1,67	82,83	94,54
5	23,4	5,21	121,91	49,4	2,6	128,44	94,91

3.3 Pengujian mobile robot tanpa Synchronous buck converter

Pengujian ini dilakukan dengan melihat durasi tempuh robot pada lintasan lurus dengan jarak 10-meter dan kecepatan motor yang diatur mulai dari 100 Rpm sampai 500 Rpm. Input supply 4 buah baterai LiPo 3s 5200mAh yang disusun secara seri-paralel sehingga tegangan outputnya adalah 24V. Drop tegangan dan juga arus akan dipantau agar didapatkan nilai daya yang di butuhkan oleh robot dalam jarak tempuh yang telah ditentukan. Kemudian hasil dari pengujian ini akan dibandingkan dengan system yang menggunakan rangkaian Synchronous buck converter sehingga didapatkan perbandingan hasil dari kedua system tersebut. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan:

TABEL III: HASIL PENGUJIAN MOBILE ROBOT TANPA SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER

Kecepatan Motor (Rpm)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya (W)	Durasi Tempuh (Detik)
100	24,2	0,63	15,246	39,36
200	24,1	1,62	39,042	12,36
300	24,1	2,38	57,358	7,62
400	24,1	3,66	88,206	6,39
500	23,7	5,19	123,003	5,13

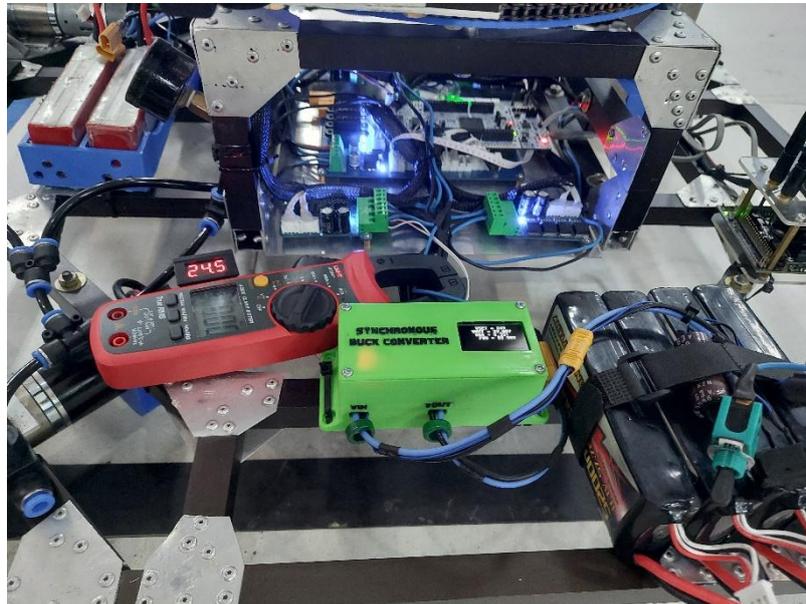
Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada tabel 3 didapatkan data durasi tempuh robot akan berbanding lurus dengan daya yang dibutuhkan, semakin besar kecepatan putar motor robot maka akan semakin besar daya yang dibutuhkan namun akan semakin cepat pula waktu tempuh yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan. Drop tegangan dan arus yang dihasilkan dari data pengujian diatas masih terlalu banyak sehingga menyebabkan durasi tempuh robot bertambah, drop tegangan yang dihasilkan berkisar 0,1V sampai 0,6V sedangkan arus yang dibutuhkan berkisar 0,63A sampai 5,19A.

3.4 Pengujian Synchronous buck converter pada mobile robot

Rangkaian Synchronous buck converter dihubungkan dengan beban yaitu 4 motor DC tipe PG45 pengujian dilakukan dengan mengukur durasi waktu mobile robot dalam menempuh jarak 10-meter dengan kecepatan motor



yang diatur mulai dari 100 Rpm sampai 500 Rpm. Kemudian akan dibandingkan dengan system yang tanpa menggunakan Synchronous buck converter sehingga akan terlihat silisih waktu tempuh antara kedua system. Selain itu pemantauan drop tegangan juga akan dipantau agar dapat menganalisa apakah dengan beban 4 motor tersebut converter mengalami drop tegangan atau masih konstan pada setpoint yang ditentukan. Berikut merupakan pengujian Synchronous buck converter:



Gambar 8: Pengujian Synchronous buck converter pada mobile robot

TABEL IV: HASIL PENGUJIAN SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER PADA MOBILE ROBOT

Kecepatan Motor (Rpm)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya (W)	Durasi Tempuh (Detik)
100	24,4	1,28	31,232	19,46
200	24,4	2,21	53,924	9,41
300	24,3	3,15	76,545	7,05
400	24,3	3,55	86,265	5,98
500	24,2	5,82	140,844	4,42

Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel 4 setelah Synchronous buck converter dipasangkan pada mobile robot didapatkan performa system yang lebih baik. Hal ini ditunjukkan dengan durasi tempuh yang diperlukan robot untuk menempuh jarak 10-meter dengan kecepatan motor yang berbeda-beda membutuhkan waktu yang lebih cepat dari pada system yang tidak menggunakan synchronous buck converter namun membutuhkan daya yang lebih besar. Selain itu drop tegangan dan arus yang dihasilkan oleh converter sangatlah stabil yakni drop tegangan mulai dari 0,1V sampai 0,3V dan arus yang dibutuhkan mulai dari 1,28A hingga 5,82A serta dapat mempercepat durasi waktu tempuh mulai dari 6,4% hingga 50,5%

4 KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pengujian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang telah dibuat pada penelitian tersebut adalah sebagai berikut:



1. Rangkaian Synchronous buck converter yang telah dibuat dapat mengatasi drop tegangan yang terjadi pada mobile robot. Hal ini dibuktikan dengan kemampuan untuk mengatasi drop tegangan yang dengan nilai drop tegangan paling sedikit 0,1V dari setpoint serta efisiensi daya yang dihasilkan paling bagus diangka 98,97%.
2. Berdasarkan pengujian Synchronous Buck Converter dengan metode Constant Voltage dapat mengatasi drop tegangan mulai dari yang terbesar yaitu 0,3V sampai dengan nilai terkecil yaitu 0,1V dengan demikian perancangan Synchronous Buck Converter dengan metode Constant Voltage masih memiliki error mulai dari 0,4% sampai 1,2%.

5 UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis menerima dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Totok Winarno, M.T. dan Ibu Prof. Dr. Ratna Ika Putri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan dan motivasi dalam melaksanakan penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan doa dan dukungan.
3. Teman-teman kelas 4D Teknik Elektronika angkatan 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Mukrimaa *et al.*, "Mobile Robot Dengan Pengontrolan Perintah Suara Berbasis Android," *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [2] H. Buntulayuk, F. A. Samman, and Y. Yusran, "Rancangan DC-DC Converter untuk Penguatan Tegangan," *J. Penelit. Enj.*, vol. 21, no. 2, pp. 78–82, 2018, doi: 10.25042/jpe.112017.12.
- [3] R. SUSANA, K. ROSYIDI, and D. NATALIANA, "Penerapan Teknik MPPT pada Modul Surya menggunakan Konverter DC-DC Topologi Synchronous Buck," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 3, p. 328, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.328.
- [4] S. Diusti Dwi Putri and Aswardi, "JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL) Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali PID," *J. Tek. Elektro dan Vokasional*, vol. 6, no. 02, pp. 1–15, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [5] Hossein Zomorodi, Erfan Nazari. 2021. "Design and Simulation of Synchronous Buck Converter in Comparison with Regular Buck Converter". *International Journal of Robotics and Control Systems* Vol. 2, No. 1, 2021
- [6] Sattar, Abdus. "DC to DC Synchronous Converter Design Abdus Sattar", IXYS Corporation IXAN0068
- [7] Ejury, Jens. 2013. "CCM Buck Converter Design". Infineon Technologies North America (IFNA) Corp. V0.1
- [8] Benlafkih Abdessamad, Chafik Elidrissi Mohamed. 2017. "A Low Voltage Dynamic Synchronous DC-DC Buck Converter". *International Journal of Sensors and Sensor Networks*. Vol. 5, No. 2, 2017
- [9] Rectifier, International. 2004. "IR2104(S) Half-Bridge Driver". *Internatinal Rectifier* No. PD60046-S
- [10] Instrument, Texas. 1998. "SLVP089 Synchronous Buck Converter Evaluation Module User's Guide"
- [11] Syafaat, Fikri Murnian. 2018. "Rancang bangun konverter synchronous buck pada daya panel surya menggunakan metode control PID". Jurusan Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [12] Cory, Mark, "Conventional And Zvt Synchronous Buck Converter Design, Analysis, And Measurement" (2010). *Electronic Theses and Dissertations, 2004-2019*. 4407.

