

Pemodelan dan simulasi *boost converter* menggunakan Python

Indrazno Siradjuddin¹, Sapto Wibowo², Ferdian Ronilaya³, Erfan Rohadi⁴, Ratna Ika Putri⁵, Ilham Agung Wicaksono⁶

e-mail: indrazno@polinema.ac.id, sapto.wibowo@polinema.ac.id, ferdian@polinema.ac.id,
erfan@polinema.ac.id, ratna.ika@polinema.ac.id

¹⁻⁶Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 23 Oktober 2020

Direvisi 01 Maret 2021

Diterbitkan 29 April 2021

Kata kunci:

Boost Converter

Persamaan State-Space

Kapasitor

ABSTRAK

Pada paper ini dirancang model *boost converter* untuk *charging* kapasitor pada robot sepak bola beroda. Kapasitor pada kondisi ini digunakan untuk menyimpan energi pada sistem penendang robot. Karena sistem penendang membutuhkan energi yang tinggi, tegangan yang digunakan untuk mengisi kapasitor harus tegangan tinggi. Oleh karena itu, pada paper ini akan dibahas pemodelan *boost converter* dengan tegangan output 350V. Pemodelan akan menggunakan metode *averaging* untuk membuat 2 persamaan dari 2 kondisi *boost converter* menjadi 1 persamaan *state-space* yang mewakili seluruh kondisi dari *boost converter* tersebut. Dengan memasukkan parameter-parameter yang telah dihitung ke dalam persamaan *state-space* tersebut, akan diuji respon dari sistem *boost converter* dengan menggunakan simulasi python. Pada kondisi awal *boost converter* akan disimulasikan menggunakan *critical value* dari setiap komponen dari hasil perhitungan. Selanjutnya, beban kapasitor akan dirubah menjadi 4700 μ F sesuai dengan kapasitor yang digunakan pada robot. Dari simulasi tersebut didapatkan bahwa *boost converter* dengan tegangan output 350V dan menggunakan beban kapasitor 4700 μ F mampu menuju keadaan stabil pada waktu 0.6s.

ABSTRACT

In this paper, a boost converter model is designed for charging capacitors on wheeled soccer robots. Capacitors in this condition are used to store energy in the robotic kicking system. Because the system requires high energy, the voltage used to charge the capacitor must be high. Therefore, this paper will discuss the boost converter modeling with 350V output voltage. The modeling will use the averaging method to create 2 equations from 2 boost converter conditions to 1 state-space equation that represents all conditions of the boost converter. By entering the calculated parameters into the state-space equation, the response of the boost converter system will be tested using python simulation. In the initial conditions, the boost converter will be simulated using the critical value of each component from the calculation results. Furthermore, the capacitor charge will be changed to 4700 μ F according to the capacitor used in the robot. From the simulation, it was found that the boost converter with an output voltage of 350V and using a 4700 μ F capacitor load was able to go to a stable state in 6s.

Keywords:

Boost Converter

State-Space Equation

Capasitor

Penulis Korespondensi:

Indrazno Siradjuddin,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Sukarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: indrazno@polinema.ac.id

1. PENDAHULUAN

Dalam abad ini penggunaan *dc-dc converter* banyak diaplikasikan pada banyak peralatan modern seperti *power supply, charger, driver motor DC, MPPT, dsb* [1-4]. Kegunaan *dc-dc converter* ini adalah untuk mengontrol aliran arus listrik sehingga sesuai dengan performa dan efisiensi dari perangkat yang digunakan. Tak dipungkiri juga penggunaan *dc-dc converter* ini juga digunakan pada dunia robotika. Artinya, perangkat-perangkat pada robot memiliki tegangan kerja yang berbeda dengan nilai standar tegangan sumber yaitu tegangan dari baterai. *Dc-dc converter* merupakan salah satu topik penting pada bidang elektronika daya. Pada bidang tersebut, demonstrasi pemodelan dan simulasi sangat berguna untuk mengetahui prinsip kerja dari *dc-dc converter* [5]. Pada robot sepak bola beroda terdapat sebuah sistem untuk menyimpan energi yang akan digunakan untuk menendang bola. Sistem untuk menyimpan energi ini menggunakan *boost converter* dan kapasitor. *Boost converter* merupakan salah satu anggota dari *dc-dc converter*. Karena untuk menendang bola dibutuhkan energi yang tinggi, kapasitor yang digunakan untuk menyimpan energi harus memiliki spesifikasi tegangan yang tinggi dan kapasitas yang besar. Oleh karena itu, pada paper ini akan disimulasikan *boost converter* yang menggunakan kapasitor tegangan tinggi dan mempunyai kapasitas yang besar. Hal ini sejalan dengan penggunaan kapasitor yang digunakan sebagai sistem penyimpanan energi sementara yang digunakan pada industri [6].

Terdapat banyak pendekatan untuk pemodelan *boost converter*. Pemodelan tersebut diantaranya adalah pendekatan matematika, sirkuit, fungsi alih dan *state-space*. Pendekatan yang sering digunakan untuk sistem *boost converter* adalah pendekatan sirkuit. Namun, tidak banyak referensi yang membahas tentang pemodelan dan simulasi menggunakan pendekatan *state-space* [7-8]. Selanjutnya, terdapat banyak *software* yang digunakan untuk pemodelan dan simulasi *dc-dc converter*. *Software-software* tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing [9]. Namun, untuk pemodelan *state-space* memiliki kelebihan waktu eksekusi simulasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan pendekatan yang lain. Selain itu, hanya dengan mengetahui persamaan sebuah sistem dapat diketahui respon dari sistem tersebut [10]. Untuk menjalankan simulasi *state-space* akan digunakan *software* berbasis python. Selanjutnya, akan dibahas pemodelan dan simulasi *boost converter* menggunakan *state-space* serta respon *boost converter* akibat perubahan nilai kapasitor yang disesuaikan dengan kapasitor yang digunakan pada robot.

2. KAJIAN PUSTAKA

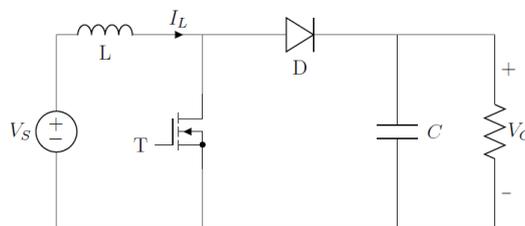
2.1 Pemodelan Kondisi Boost Converter

Dc-dc converter seperti *boost converter* dapat dimodelkan dengan pendekatan *state-space*. Berikut bentuk umum dari pendekatan *state* yang direpresentasikan pada persamaan 1 dan 2.

$$x' = Ax + Bu \tag{1}$$

$$y = Cx + Du \tag{2}$$

Boost converter memiliki dua kondisi yaitu kondisi ON dan OFF. Kondisi ini adalah representasi dari switch yang berupa keluarga transistor yang digunakan untuk mengatur tegangan output dari *boost converter*. Dari 2 kondisi inilah diperoleh persamaan yang merupakan keadaan *boost converter*. Berikut akan disajikan rangkaian dari *boost converter*.



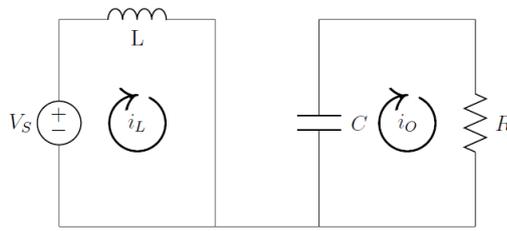
Gambar 1. Rangkaian Boost Converter

Selanjutnya akan dipaparkan kondisi *boost converter* dalam kondisi ON. Kondisi ini direpresentasikan saat switch dalam kondisi on yang diwakilkan seperti kabel terhubung dan dioda dalam kondisi off.

Saat keadaan ON, pada loop i_L induktor L akan mengalami *charging* dari tegangan *input* V_s yang dilambangkan dengan u_1 . Persamaan diferensial dari keadaan ini didefinisikan pada (3). Selanjutnya, loop $i_o = 0$ karena tidak adanya sumber tegangan/ arus. Kondisi loop i_o akan menghasilkan persamaan diferensial (4).

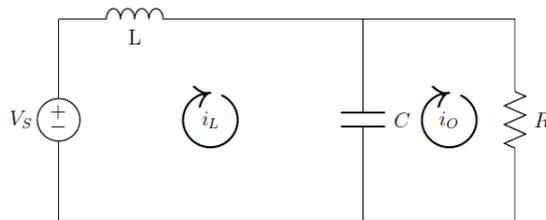
$$u_1 = L \frac{di_L}{dt} \quad (3)$$

$$0 = C \frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{R} \quad (4)$$



Gambar 2. Kondisi ON pada *Boost Converter*

Gambar 2 merupakan rangkaian ekuivalen kondisi *boost converter* saat keadaan ON. Selanjutnya, ketika switch dalam kondisi OFF, dioda akan dalam kondisi ON. Arus yang disimpan pada induktor akan berkurang. Namun, perubahan arus ini akan ditahan oleh induktor dengan membalik polaritas tegangannya. Karena pembalikan tegangan induktor tersebut, akan timbul tegangan yang terhubung secara seri yang mempunyai tegangan yang lebih tinggi dari tegangan input untuk mengisi kapasitor melalui dioda yang dalam kondisi ON. Dalam kondisi inilah kapasitor menyimpan energi dari gabungan tegangan yang dihasilkan induktor dan tegangan input. Berikut adalah rangkaian ekuivalen *boost converter* saat switch dalam kondisi OFF.



Gambar 3. Kondisi OFF pada *Boost Converter*

Seperti pada kondisi ON, variabel *state* pada kondisi ini adalah V_C dan i_L . Dengan mengaplikasikan KVL pada tiap loop akan didapatkan variabel *state* sebagai berikut.

$$V_C = u_1 - L \frac{di_L}{dt} \quad (5)$$

$$i_L = C \frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{R} \quad (6)$$

Persamaan (3-6) merupakan persamaan dari 2 kondisi *boost converter*. Persamaan tersebut harus dikonversi menjadi 1 persamaan yang mewakili seluruh kondisi sistem. Pada bab selanjutnya akan dipaparkan proses konversi persamaan tersebut menggunakan teknik *averaging*.

2.2 Pemilihan Komponen *Boost Converter*

Untuk mencapai tegangan yang dikehendaki, terdapat parameter yang harus diperhatikan. Parameter tersebut diantaranya adalah batas ripple (δ), arus input (I_{IN}), tegangan output (V_{OUT}), frekuensi switching (f_s) dan Daya.

2.2.1 Desain Induktor

Arus induktor akan meningkat ketika switch tertutup (kondisi ON). Saat keadaan ini tegangan induktor akan bernilai sama dengan V_{IN} . Ketika switch tertutup (kondisi OFF), arus induktor akan berkurang dan tegangan induktor akan bernilai $V_{OUT} - V_{IN}$. Ketika switch tertutup didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$L \frac{di_L}{dt} = V_{IN} \quad (7)$$

Untuk memenuhi pembatasan ripple terdapat persamaan :

$$\begin{aligned} di_L &\leq I_L \delta \\ dt &= dT \end{aligned} \quad (8)$$

$$\rightarrow L \geq \frac{V_{IN}dT}{I_{IN}\delta}$$

Disini kita asumsikan kecepatan switch untuk on/off cukup cepat dan perubahan arus induktor linear.

2.2.2 Desain Kapasitor

Ketika switch terbuka, tegangan kapasitor akan turun dan arus kapasitor akan bernilai sama dengan arus *output*. Ketika switch tertutup, arus *output* akan disediakan oleh kapasitor saja. Disini diasumsikan bahwa perubahan tegangan dari kapasitor konstan walaupun pada kenyataannya perubahan tegangan kapasitor harusnya berubah secara eksponensial. Namun, apabila frekuensi switching cepat, dapat dianggap tegangan kapasitor konstan. Dengan ini didapatkan persamaan:

$$C \frac{dv_C}{dt} = -I_{OUT} \quad (9)$$

Untuk memenuhi batas ripple didapat persamaan:

$$\begin{aligned} dv_C &\leq V_{OUT}\delta \\ dt &= dT \\ \rightarrow C &\geq \frac{dT I_{OUT}}{V_{IN}\delta} = \frac{d(1-d)^2 T I_{IN}}{V_{IN}\delta} \end{aligned} \quad (10)$$

Dimana $V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{(1-d)}$ dan $I_{OUT} = \frac{(1-d)}{I_{IN}}$

2.2.3 Identifikasi Parameter Sistem

Pada paper ini, *boost converter* akan digunakan untuk charging kapasitor sebagai sistem penenang pada robot. Input *boost converter* menggunakan baterai li-po 12V dengan kapasitas 5200mAh. Dengan menggunakan kapasitas ini, arus input dikhawatirkan tidak dapat memenuhi kriteria sistem sehingga terjadi osilasi pada tegangan output yang akan mengganggu sistem. Oleh karena itu kapasitas dari input sistem akan ditingkatkan dengan melakukan hubungan seri 2 baterai li-po sehingga input sistem menjadi 24V dan dapat mencatu arus sebesar 30A. Batas ripple di atur sebesar 1% dan frekuensi pwm diatur sebesar 60kHz. Dengan ini dapat dihitung parameter-parameter untuk membentuk *boost converter* ini.

$$\begin{aligned} d &= 1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} = 1 - \frac{24}{350} = 0.93 \\ L &\geq \frac{V_{IN}dT}{I_{IN}\delta} = \frac{24 \times 0.93 \times 1.67e-5}{30 \times 0.01} = 1.24\mu H \\ C &\geq \frac{I_{IN}d(1-d)^2T}{V_{IN}\delta} = \frac{30 \times 0.93 \times (1-0.93)^2 \times 1.67e-5}{24 \times 0.01} = 9.12\mu F \\ I_{OUT} &= \frac{V_{IN}I_{IN}}{V_{OUT}} = \frac{30 \times 20}{350} = 2A \\ R_{LOAD} &= \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = \frac{350}{2} = 170\Omega \end{aligned}$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Metode Averaging

Metode averaging merupakan metode yang biasa digunakan untuk menganalisa pemodelan rangkaian elektronika daya. Pada teori, metode averaging diaplikasikan ke sistem dengan bentuk :

$$\dot{x} = \epsilon f(t, x, \epsilon) \quad (11)$$

Dimana ϵ adalah parameter positif kecil dan $f(t, x, \epsilon)$ adalah T-periodik dalam satuan waktu. Sistem averaging dapat diperoleh dari sistem autonomous

$$\dot{x} = \epsilon f_{av}(x) \quad (12)$$

dimana

$$f_{av}(x) = \frac{1}{T} \int_0^T f(\tau, x, 0) d\tau \quad (13)$$

Boost converter bekerja dengan 2 mode. Dengan meninjau persamaan (13), metode averaging untuk *boost converter* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$f_{av}(x) = \frac{1}{T} \int_T^0 f(\tau, x, 0) d\tau = d \times f_1(\tau, x, 0) + (1 - d) \times f_2(\tau, x, 0) \quad (14)$$

Seperti yang dipaparkan pada bab sebelumnya, kondisi *boost converter* ini terbagi menjadi 2 kondisi yaitu kondisi ON dan OFF. Oleh karena itu, 2 kondisi tersebut harus digabungkan menjadi 1 sehingga mewakili seluruh keadaan sistem. Untuk menggabungkan 2 kondisi *boost converter* tersebut akan digunakan metode averaging. Persamaan differensial (3) dan (4) merupakan persamaan saat *boost converter* dalam kondisi ON. Dari persamaan ini dapat dibentuk persamaan *state-space* sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_1 \quad (15)$$

Lalu persamaan (5) dan (6) merupakan persamaan differensial saat kondisi dari *boost converter* dalam keadaan OFF. Persamaan tersebut dapat ditulis ulang menjadi persamaan *state-space* sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_1 \quad (16)$$

Persamaan (15) dan (16) memiliki bentuk yang sama dengan persamaan (1). Persamaan (15) dan (16) dapat diwakilkan dengan persamaan berikut.

$$\dot{x} = A_1 x + B_1 u \quad (17)$$

$$\dot{x} = A_2 x + B_2 u \quad (18)$$

Dari persamaan (17) dan (18) dapat diperoleh 1 persamaan dari metode averaging sebagai berikut.

$$\dot{x} = \bar{A}x + \bar{B}u \quad (19)$$

Dimana $\bar{A} = A_1 d + A_2(1 - d)$ dan $\bar{B} = B_1 d + B_2(1 - d)$

Pembuktian persamaan diatas akan dipaparkan di bawah ini. Diasumsikan bahwa arus induktor berubah secara linear. Pada masing-masing kondisi switch. Sehingga pada 1 periode terdapat persamaan berikut dengan pemisalan rumus perpindahan jarak.

$$\dot{x} = v = \frac{dx}{dt} = \frac{x(T) - x(0)}{\Delta t} \quad (20)$$

$$x(t) = x(0) + v\Delta t$$

Dengan persamaan (20) kita definisikan kondisi ketika switch *boost converter* dalam keadaan ON.

$$x(dT) = x(0) + \dot{x}dT \quad (21)$$

$$= x(0) + (A_1 x + B_1 u)dT$$

Selanjutnya, ketika switch selesai dalam kondisi ON maka switch akan ke dalam keadaan OFF yang artinya pada selang waktu $1-d$. Selain itu, untuk kondisi $x(0)$ saat ini adalah $x(dT)$. Karena kondisi sebelumnya adalah $x(dT)$

$$\begin{aligned} x(T) &= x(0) + \dot{x}(1-d)T \\ &= x(dT) + \dot{x}(1-d)T \\ &= x(dT) + (A_2 x + B_2 u)(1-d)T \\ &= x(0) + (A_1 x + B_1 u)dT + (A_2 x + B_2 u)(1-d)T \end{aligned} \quad (22)$$

Lalu, persamaan (22) akan disubstitusikan ke persamaan (20), sehingga:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \frac{x(T) - x(0)}{T} \\ &= \frac{x(0) + (A_1 x + B_1 u)dT + (A_2 x + B_2 u)(1-d)T - x(0)}{T} \\ &= \frac{x(0) + (A_1 d + A_2(1-d))Tx + (B_1 d + B_2(1-d))Tu - x(0)}{T} \\ &= (A_1 d + A_2(1-d))x + (B_1 d + B_2(1-d))u \end{aligned} \quad (23)$$

Jadi dari persamaan (23) dapat diketahui bahwa $\bar{A} = A_1d + A_2(1 - d)$ dan $\bar{B} = B_1d + B_2(1 - d)$. Dengan ini dapat dihitung persamaan *state-space* yang mewakili seluruh keadaan sistem.

$$\bar{A} = A_1d + A_2(1 - d) = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{(1-d)}{L} \\ \frac{(1-d)}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$\bar{B} = B_1d + B_2(1 - d) = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Berdasarkan persamaan 24 dan 25 dapat diperoleh persamaan *state-space* baru untuk *boost converter*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

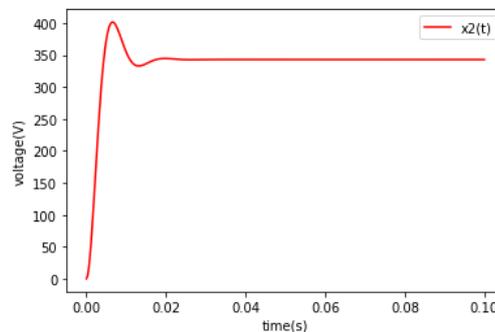
Pada bab ini akan ditunjukkan hasil simulasi respon *boost converter* yang disajikan dalam bentuk gelombang, melalui simulasi program dengan menggunakan software berbasis python. Pengujian respon dilakukan dengan 2 cara, yaitu menguji respon *boost converter* pada kondisi dengan kapasitor sesuai perhitungan (*critical value*) dan kapasitor dengan kapasitas besar yang digunakan pada robot. Berikut akan dipaparkan persamaan *state-space* yang diperoleh dari metode averaging.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{(1-d)}{L} \\ \frac{(1-d)}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (26)$$

Berikut akan dipaparkan hasil simulasi dari persamaan *state-space* diatas

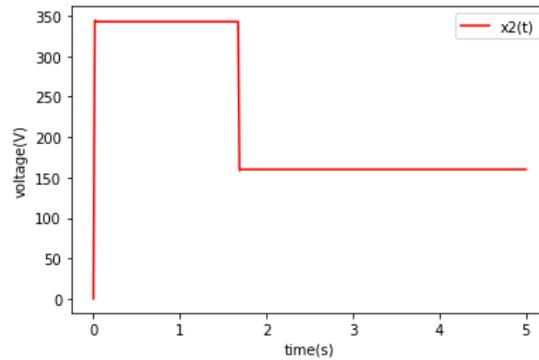
4.1 Hasil dan Pembahasan Simulasi dengan Kapasitor Critical Value

Dengan memberikan nilai *critical value* pada kapasitor yang telah dihitung pada bab 2 akan menimbulkan respon sistem seperti pada Gambar 4. Gambar 4 disimulasikan dengan rentang waktu 0 – 0.1s. Dari respon tersebut dapat diketahui, sistem stabil pada 0.02s. Sebelum menuju kondisi stabil sistem sempat mengalami osilasi hingga tegangan 400V. Karena *duty cycle* yang digunakan untuk memicu switch lebih dari 90%, tentunya akan mengakibatkan komponen switching akan menjadi panas. Oleh karena itu akan dicoba simulasi dengan menurunkan *duty cycle* sebesar 80%.



Gambar 4. Respon *Boost Converter* dengan Kapasitor (*Critical Value*)

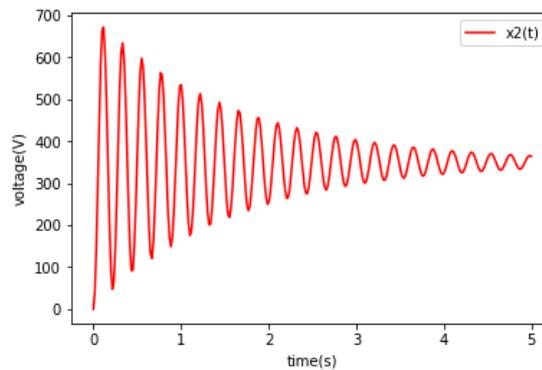
Dari gambar 5 selang waktu yang digunakan adalah 0-5s. Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa pada saat 0-1.7 s tegangan output berada pada tegangan 350V dengan kondisi stabil. Overshoot yang terdapat pada gambar 4 tidak tampak pada gambar 5 dikarenakan osilasi tersebut terjadi sangat singkat sehingga tidak terlihat pada selang waktu yang lebih besar. Selanjutnya, saat waktu lebih dari 1.7s *duty cycle* yang digunakan adalah 80%. Tujuan diturunkannya *duty cycle* pada kondisi ini adalah menguji respon tegangan output saat *duty cycle* diturunkan. Dapat dilihat pada gambar 5 penurunan *duty cycle* juga mengakibatkan penurunan tegangan. Hal ini juga dilakukan untuk mengurangi panas pada komponen switching saat tegangan yang diharapkan pada kapasitor sudah tercapai. Respon sistem untuk menuju tegangan pada *duty cycle* 80% berlangsung stabil tanpa mengalami osilasi.



Gambar 5. Respon *Boost Converter* dengan Penurunan *duty cycle*

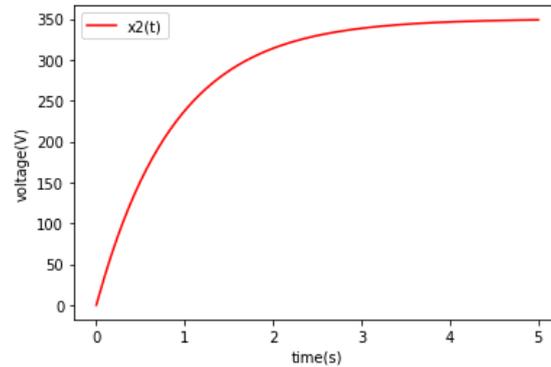
4.2 Hasil dan Pembahasan Simulasi dengan Kapasitor Berkapasitas Besar

Pada kondisi ini tegangan pada kapasitor akan diubah sesuai dengan kapasitor yang digunakan pada robot. Pada robot digunakan kapasitor dengan kapasitas $4700\mu F$ dengan tegangan 450V. Dengan tegangan dan kapasitas yang tinggi, diharapkan kapasitor tersebut akan menyimpan energi yang besar. Berikut akan ditampilkan respon dari *boost converter* dengan penggantian nilai kapasitor. Sama seperti sebelumnya untuk rentang waktu akan dalam rentang 0-5s.



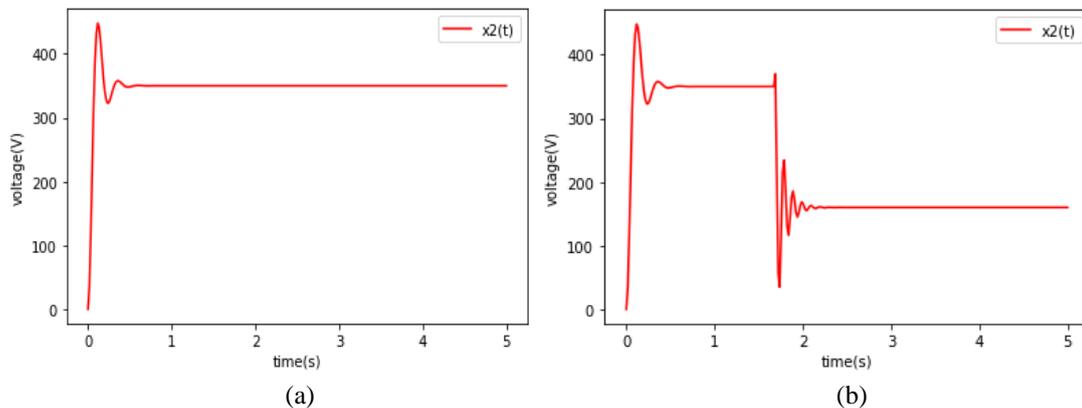
Gambar 6. Respon Gelombang dengan Perubahan Kapasitor $4700\mu F$

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa respon dari *boost converter* mengalami osilasi dan belum mencapai titik stabil pada waktu ke 5s. Pada 0-1s undershoot dan overshoot dari respon *boost converter* naik dan turun secara drastis. Hal ini dikhawatirkan akan mengganggu kinerja sistem. Selain itu, pada waktu ke 5s respon sistem juga belum menuju kondisi stabil. Oleh karena itu, nilai beberapa komponen harus ada yang dirubah sehingga sistem dapat menuju kestabilan dengan cepat tanpa merubah tegangan output dari sistem. Sebagaimana yang diketahui, ketika kapasitor diisi atau dalam kondisi charging terdapat persamaan yang disebut waktu konstan yang dilambangkan dengan τ . Waktu konstan tersebut merupakan perkalian antara R dan C. Pada kondisi ini kapasitor dirubah nilainya sehingga juga akan mempengaruhi waktu konstan. Oleh karena itu nilai resistor akan diturunkan sesuai dengan rasio atau perbandingan kenaikan nilai kapasitor. Nilai kapasitor dinaikkan dari $9.12\mu F$ menjadi $4700\mu F$. Yang artinya nilai kapasitor akan mengalami kenaikan sebesar 515x. Pada kondisi ini R akan diturunkan sebesar 515x dibandingkan dengan hasil perhitungan. Jadi nilai resistor akan diubah pada nilai 0.3Ω .



Gambar 7. Respon Gelombang dengan Perubahan Kapasitor $4700\mu F$ dan Resistor $0.3\ \Omega$

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa respon dari *boost converter* tidak mengalami osilasi. Namun, pada kondisi ini respon dari *boost converter* memiliki rise time yang lama sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menuju tegangan 350V. Dapat dilihat bahwa sistem pada kondisi stabil saat waktu 4s. Dari kondisi ini akan dicoba untuk menaikkan nilai resistor kembali namun tidak mendekati nilai perhitungan. Nilai resistor akan diubah menjadi 10Ω .



Gambar 8 Respon Gelombang dengan Perubahan Kapasitor $4700\mu F$ dan Resistor $10\ \Omega$

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa sistem dapat lebih cepat menuju kondisi stabil. Pada gambar a saat sistem hanya dipicu dengan menggunakan duty cycle 93%. Pada gambar 8(a) sistem dalam kondisi stabil pada waktu 0.6s. Namun, pada kondisi ini sistem juga mengalami overshoot sebesar 500V. Selanjutnya, pada gambar 8(b) dilakukan perubahan dari duty cycle 93% ke 80%. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa saat transisi duty cycle, sistem mengalami osilasi. Namun, osilasi tersebut hanya berlangsung selama 0.5s dan sistem sudah menuju kondisi stabil setelahnya.

5. KESIMPULAN

Dari permodelan dan simulasi dari *boost converter* dengan perubahan kapasitor yang lebih besar dari perhitungan secara drastis akan menyebabkan respon sistem mengalami osilasi. Oleh karena itu, dilakukan perubahan pada nilai resistor dengan pertimbangan waktu konstan dari kapasitor. Dengan perubahan resistor menjadi 10Ω , respon dari sistem akan menuju kondisi stabil pada tegangan 350V dalam waktu 0.6s.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. H. AW, S. Siraj, and M. Ab Muin, "Modeling of dc-dc converter for solar energy system applications," in 2012 IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI). IEEE, 2012, pp. 125–129.
- [2] M. Rahimi, "Modeling, control and stability analysis of grid connected pmsg based wind turbine assisted with diode rectifier and boost converter," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 93, pp. 84–96, 2017.

-
- [3] S. Samal, M. Ramana, and P. K. Barik, "Modeling and simulation of interleaved boost converter with mppt for fuel cell application," in 2018 Technologies for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP). IEEE, 2018, pp.1–5.
 - [4] B. Abdessamad, K. Salah-Ddine, and C. E. Mohamed, "Design and modelling of dc/dc boost converter for mobile device applications," *International Journal of Science and Technology*, vol. 2, no. 5, pp. 394–401, 2013.
 - [5] R. A. Kordkheili, M. Yazdani-Asrami, and A. M. Sayidi, "Making dc-dc converters easy to understand for undergraduate students," in 2010 IEEE Conference on Open Systems (ICOS 2010). IEEE, 2010, pp. 28–33.
 - [6] T. Hranov, G. Vacheva, N. Hinov, and D. Arnaudov, "Modeling dc-dc converter for charging supercapacitors," in 2017 40th International Spring Sem-inar on Electronics Technology (ISSE). IEEE, 2017, pp. 1–5.
 - [7] R. H. Tan and M. Y. Teow "A comprehensive modeling, simulation and computational implementation of buck converter using matlab/simulink," in 2014 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON). IEEE, 2014, pp.37–42.
 - [8] A. Forsyth and S. Mollov, "Modelling and control of dc-dc converters," *Power engineering journal*, vol. 12, no. 5, pp. 229–236, 1998.
 - [9] V. Viswanatha, "A complete mathematical modeling, simulation and computational implementation of boost converter via matlab/simulink," 2017.
 - [10] R. H. Tan and L. Y. Hoo, "Dc-dc converter modeling and simulation using state space approach," in 2015 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON). IEEE, 2015, pp. 42–47.