

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.14

# SIMULASI RANGKAIAN DC-DC BUCK CONVERTER PADA SISTEM PENYIMPANAN DAYA LISTRIK PANEL SURYA

Ferdy Alfian Indra Prasetya<sup>1,a)</sup>, Widyaningrum Indrasari<sup>1,b)</sup>,  
Rahmondia Nanda Setiadi<sup>2,c)</sup>

<sup>1</sup>*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, RT.11/RW.14, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota  
Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia*

<sup>2</sup>*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Jl. Bangau Sakti  
No.99, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia*

Email: <sup>a)</sup>ferdyalfianindraprasetya\_1306617016@mhs.unj.ac.id, <sup>b)</sup>widyafisikaunj@gmail.com,  
<sup>c)</sup>rahmon@gmail.com

## Abstrak

Pada proses penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya ke dalam baterai diperlukan suatu sistem pengontrol yaitu menggunakan DC-DC buck converter. Melalui sistem ini dapat mengoptimalkan proses transmisi energi dari panel surya ke baterai. Untuk mendapatkan optimasi rangkaian DC-DC buck converter, dilakukan perencanaan melalui simulasi rangkaian buck converter dengan memperhitungkan nilai faktor kualitas Q pada filter butterworth orde-2. Variasi Q yang digunakan terdiri dari tiga variasi, yaitu 0,541, 0,707, dan 1,307 dengan menggunakan frekuensi *cut-off* sebesar 5kHz. Masing-masing variasi Q menggunakan resistor R dengan nilai 180 $\Omega$ , 220 $\Omega$ , dan 430 $\Omega$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa penguatan sinyal pada frekuensi *cut-off* masing-masing yaitu -4,8dB (untuk Q = 0,541), -3,1dB (untuk Q= 0,707), dan 2,7dB (untuk Q = 1,307). Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa noise yang dihasilkan pada tegangan keluaran semakin besar seiring dengan peningkatan nilai Q.

**Kata-kata kunci:** Panel Surya, Buck Converter, Faktor Kualitas, Frekuensi Cut-Off.

## Abstract

In the process of storing electrical energy produced by solar panels into the battery need a control system, namely using a DC-DC buck converter. Through this system, it is possible to optimize the energy transmission process from solar panels to batteries. To get the optimization of the DC-DC buck converter circuit, planning is done through simulation of the buck converter circuit by taking into account the value of the quality factor Q on the butterworth filter of order-2. The Q variation used consists of three variations, namely 0.541, 0.707, and 1.307 using a cut-off frequency of 5kHz. Each variation of Q uses a resistor R with a value of 180 $\Omega$ , 220 $\Omega$ , and 430 $\Omega$ . The test results show that the signal gain at the cut-off frequency is -4.8dB (for Q = 0.541), -3.1dB (for Q = 0.707), and 2.7dB (for Q = 1,307). The test results also show that the noise generated at the output voltage is greater as the Q value increases.

**Keywords:** Solar Cell, Buck Converter, Quality Factor, Cut-Off Frequency.

## PENDAHULUAN

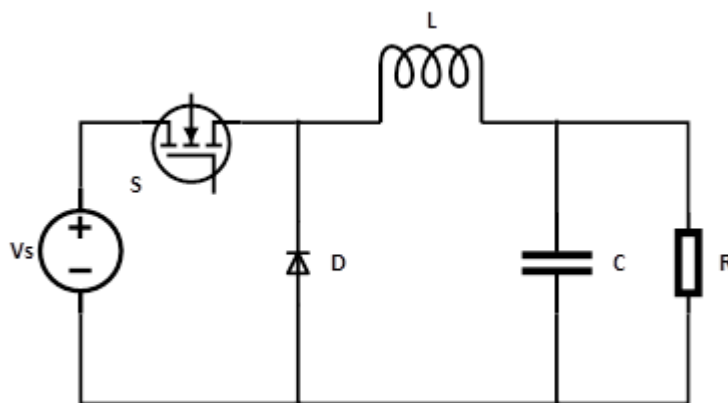
Energi memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia hingga saat ini, salah satunya yaitu energi listrik. Energi listrik yang digunakan saat ini masih menggunakan sumber energi fosil, dimana ketersediannya sudah menipis di alam dan menimbulkan efek tidak ramah lingkungan [1]. Dengan melihat kondisi ini, diperlukan sebuah energi baru terbarukan yang bersifat ramah lingkungan. Salah satu upaya penggunaan energi terbarukan yaitu menggunakan teknologi sel surya. Sel surya terbuat dari material semikonduktor yang dapat mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan prinsip *photovoltaic* [2]. Energi listrik yang dihasilkan sel surya dapat digunakan secara langsung atau disimpan menuju baterai.

Berbagai macam pengembangan penggunaan sel surya telah dilakukan untuk meningkatkan produksi energi yang dihasilkan, mulai dari teknologi dengan menggabungkan sel surya dengan penghasil energi lainnya (*hybrid*), dan penggunaan teknologi *solar tracker* [3]-[4]. Selain itu pengembangan lain dilakukan dengan menggunakan konverter DC-DC dalam proses transmisi energi, salah satu jenis konverter ini yaitu *buck converter*. *Buck converter* berfungsi untuk mengontrol tegangan DC dengan menjadikan tegangan *output* menjadi sama atau lebih kecil dari tegangan *input*-nya. Konverter ini bekerja dengan proses *switching* secara *on* dan *off* dengan menggunakan MOSFET berdasarkan nilai *duty cycle* yang diterapkan. Pada proses kerja konverter ini masih ditemukan adanya kehilangan daya sehingga berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan. Pada penelitian sebelumnya [5], ditemukan adanya kehilangan daya pada *buck converter* yang diaplikasikan pada sistem *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) sebesar 57,69%. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan koreksi dan pengembangan desain filter yang digunakan pada *buck converter*, yang merupakan *low pass filter* dengan tipe *butterworth* orde-2. *Low pass filter* atau penapis lolos rendah merupakan filter yang akan meloloskan frekuensi yang bernilai di bawah frekuensi *cut-off* dan menahan frekuensi yang lebih besar dari frekuensi *cut-off*. Kualitas kinerja penapisan yang dilakukan oleh sebuah filter dipengaruhi oleh faktor kualitas  $Q$  [6].

Pada artikel ini dilakukan analisa terhadap sinyal keluaran yang dihasilkan oleh *buck converter* dengan memberikan variasi faktor kualitas  $Q$  yang disimulasikan dengan *software* LTSpice. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan faktor kualitas keluaran dari filter. Hasil dari penelitian ini akan digunakan dalam perancangan desain *buck converter* pada aplikasi sistem penyimpanan daya listrik panel surya

## METODOLOGI

Rangkaian konverter DC-DC yang dikembangkan menggunakan topologi *buck* yang berfungsi sebagai penurun tegangan. Pada *buck converter* menggunakan *Low Pass Filter* (LPF) yang terdiri atas komponen utama yaitu induktor  $L$ , kapasitor  $C$ , dan resistansi beban  $R$ . Selain itu terdapat MOSFET yang berperan sebagai saklar aktif dan dioda sebagai saklar pasif. Dalam rangkaian ini digunakan MOSFET IRF2805. MOSFET IRF2805 merupakan MOSFET *n-channel* yang memiliki karakteristik *fast switching*, dengan tegangan maksimal 55V dan arus maksimal 75A [7]. Meskipun rangkaian *buck converter* yang ditunjukkan oleh GAMBAR 1 dinilai sederhana, namun efisiensi yang dihasilkan dinilai cukup tinggi [8]

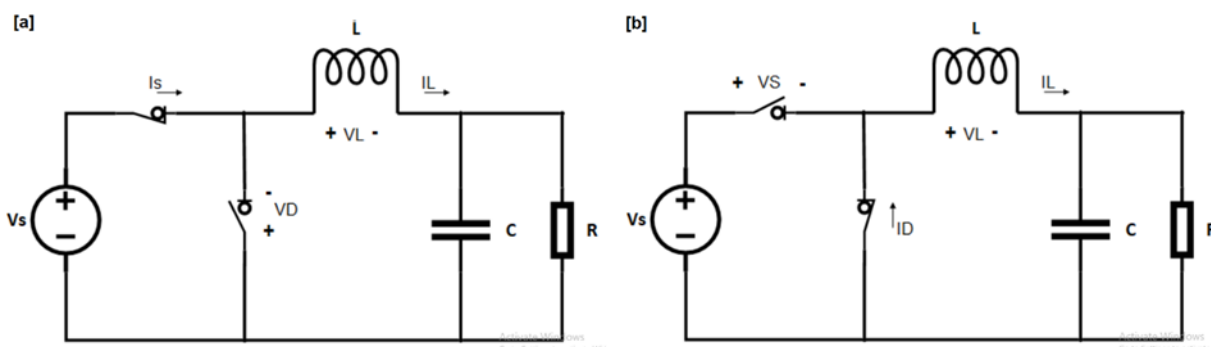


GAMBAR 1. Skema Rangkaian Dasar Buck Converter

GAMBAR 1 merupakan skematik rangkaian dasar dari *buck converter*. Pada *buck converter* terdapat *switch* yang berfungsi untuk bekerja secara *on* dan *off* berdasarkan nilai *duty cycle* yang diterapkan dengan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM). PWM adalah proses pembangkitan sinyal keluaran yang dapat diatur periode pada saat kondisi *high* dan *low*. *Duty cycle* yang digunakan oleh *buck converter* dinyatakan dengan persamaan:

$$D = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{T_{ON}}{T_{ON}+T_{OFF}} = f_s T_{ON} \tag{1}$$

Dengan  $T_{ON}$  adalah periode saklar pada mode *on* (s), sedangkan  $T_{OFF}$  adalah periode saklar pada mode *off* (s), dan  $f_s$  adalah frekuensi *switching* (Hz).



GAMBAR 2. Skema Rangkaian Buck Converter (a) Saat Kondisi *on*, (b) Saat Kondisi *off*

Ketika *switch* dalam kondisi *on* seperti yang ditunjukkan oleh GAMBAR 2a, dioda dalam kondisi bias mundur dimana arus akan melewati induktor dan terjadi pengisian induktor. Kemudian arus diteruskan menuju kapasitor untuk dilakukan penyaringan dan diteruskan menuju beban, lalu kembali menuju sumber. Kemudian saat *switch off* seperti GAMBAR 2b, dioda menjadi bias maju dimana terjadi pengosongan energi dari induktor menuju kapasitor dan beban, kemudian melewati dioda kembali menuju induktor hingga *switch* berubah menjadi *on*. Secara matematis, tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *buck converter* dituliskan oleh persamaan:

$$V_o = D \times V_{in} \tag{2}$$

dengan  $V_o$  adalah tegangan keluaran (V),  $V_{in}$  adalah tegangan masukan (V), dan  $D$  adalah *duty cycle*.

Pada sebuah *low pass filter*, kualitas penapisan dipengaruhi oleh *quality factor Q* atau faktor kualitas. Faktor kualitas didefinisikan sebagai rasio energi disipasi per radian dengan energi yang

tersimpan [9]. Kemudian definisi lainnya menyatakan bahwa faktor kualitas merupakan perbandingan antara frekuensi resonansi dengan *bandwith* [10]. Secara umum, faktor kualitas dari filter ditunjukkan oleh persamaan [6]:

$$Q = \frac{\omega_o L}{R} = \frac{1}{\omega_o C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \tag{3}$$

Dimana,

$$\omega_o = 2\pi f_o \tag{4}$$

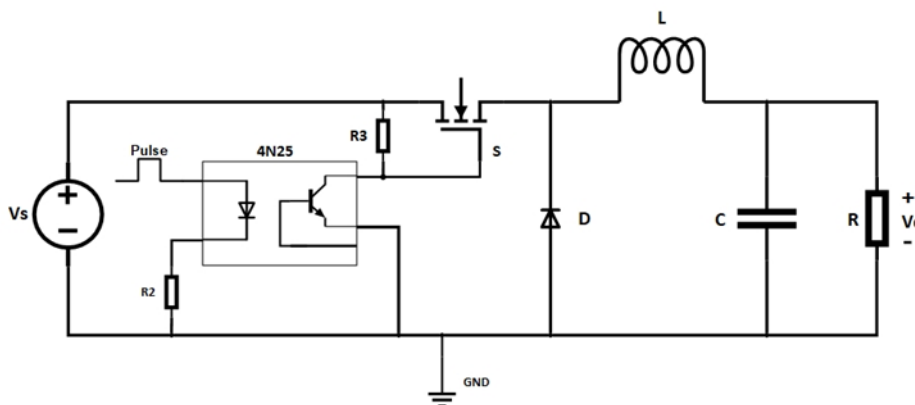
Dengan L adalah induktor (H), C adalah kapasitor (F), R adalah resistansi ( $\Omega$ ) dan  $f_o$  adalah frekuensi *cut-off* (Hz).

Besarnya nilai komponen induktor, kapasitor, dan resistor ditentukan berdasarkan nilai faktor kualitas  $Q$ , dimana dalam penelitian ini menggunakan beberapa variasi nilai  $Q$  yang kemudian nilai komponen tersebut diaplikasikan ke dalam rangkaian pada GAMBAR 1. Rangkaian tersebut akan dilakukan pengujian yang akan disimulasikan dengan menggunakan *software* LTSpice.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat menggunakan MOSFET dibutuhkan sebuah *driver gate* sebagai pengendali MOSFET untuk bekerja secara *on* dan *off*. Pada rangkaian simulasi ini menggunakan IC4N25 sebagai *driver gate*. Pada perencanaan akan digunakan frekuensi sumber sebesar 50kHz. Namun IC4N25 memiliki karakteristik dimana frekuensi *cut-off* yang diterima yaitu sepersepuluh dari frekuensi sumber, sehingga didapatkanlah frekuensi *cut-off* sebesar 5kHz.

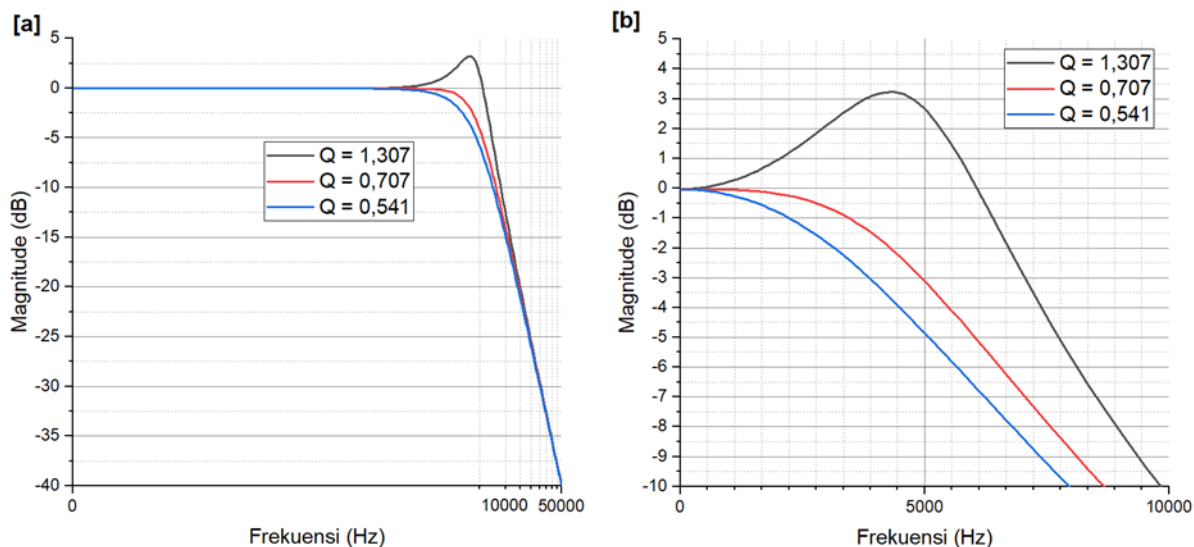
Kemudian *buck converter* yang dibuat memiliki parameter mampu menurunkan tegangan dari tegangan input 20 V menjadi output sebesar 12 V. Agar dapat mencapai parameter tersebut, ditentukanlah nilai *duty cycle* yang akan digunakan dengan menggunakan persamaan (2) sehingga didapatkanlah nilai *duty cycle* sebesar 60%. Dalam melakukan desain *low pass filter butterworth*, dilakukan pemilihan komponen induktor dengan nilai 10mH, setelah itu dapat diketahui nilai komponen kapasitor dan resistor yang akan digunakan pada filter berdasarkan parameter faktor kualitas  $Q$ . Dalam hal ini, diberikanlah beberapa variasi nilai  $Q$  diantaranya yaitu 0,541, 0,707, dan 1,307. Rangkaian *buck converter* yang telah dibuat, kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* LTSpice untuk melihat sinyal keluaran yang dihasilkan oleh *buck converter*.



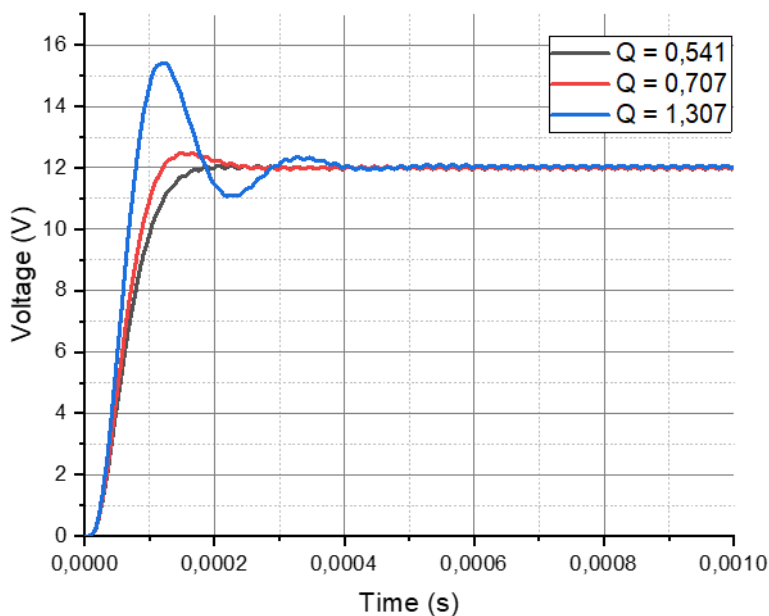
GAMBAR 3. Skema Rangkaian Simulasi *Buck Converter*

GAMBAR 3 menunjukkan skema rangkaian *buck converter* yang digunakan dalam penelitian ini. Pada optocoupler menggunakan 2 buah resistor yaitu R2 dan R3 yang masing-masing bernilai 100 $\Omega$  dan 350 $\Omega$ . Pada variasi  $Q = 0,541$ , didapatkan nilai komponen induktor, kapasitor, dan resistor beban yang masing-masing adalah 10mH, 100nF, dan 180 $\Omega$ . Pada variasi  $Q = 0,707$ , didapatkan nilai komponen induktor, kapasitor, dan resistor beban yang masing-masing bernilai 10mH, 100nF, dan 220 $\Omega$ . Pada variasi  $Q = 1,307$ , didapatkan nilai komponen induktor, kapasitor, dan resistor beban yang masing-masing bernilai 10mH, 100nF, dan 430 $\Omega$ . Nilai komponen yang telah ditentukan

tersebut kemudian diaplikasikan ke dalam skematik rangkaian pada GAMBAR 3. Rangkaian kemudian disimulasikan dengan menggunakan frekuensi sumber sebesar 50kHz.



GAMBAR 4. Kurva Respon Frekuensi Output Buck Converter (a) Rentang Frekuensi 0 - 50kHz, (b) Rentang Frekuensi 0 - 10 kHz



GAMBAR 5. Kurva Respon Tegangan Keluaran Buck Converter

Pada GAMBAR 4 merupakan diagram bode yang menunjukkan respon frekuensi pada keluaran *buck converter*. GAMBAR 4a merupakan kurva respon frekuensi dengan rentang 0-50kHz, sedangkan GAMBAR 4b dengan rentang 0-10kHz. Pada saat saat kurva sebelum mencapai frekuensi *cut-off* menunjukkan respon sinyal datar yang menunjukkan filter meloloskan sinyal yang memiliki frekuensi bernilai di bawah frekuensi *cut-off*. Pada rangkaian dengan  $Q = 0,541$  didapati bahwa pada saat frekuensi *cut-off* terjadi peredaman yang dilakukan oleh filter dengan nilai penguatan berkisar -4,8dB. Kemudian pada rangkaian dengan  $Q = 0,707$  memiliki penguatan pada saat frekuensi *cut-off* berkisar -3,1dB. Sedangkan pada rangkaian dengan  $Q = 1,307$ , pada saat mencapai frekuensi *cut-off* mengalami kenaikan penguatan penguatan dengan nilai berkisar 2,7dB. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas penapisan yang dilakukan oleh filter dengan  $Q = 1,307$  kurang baik.

Pada rangkaian yang dibuat dilakukan pula analisa respon tegangan keluaran yang ditunjukkan oleh GAMBAR 5. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa pada saat rangkaian dengan  $Q = 0,541$

tidak terdapat *noise*, dan pada  $Q = 0,707$  ditemukan adanya sedikit *noise*. Sedangkan pada saat  $Q = 1,307$  ditemukan adanya *noise* yang cukup besar sebelum mencapai kondisi stabil.

Berdasarkan data yang didapatkan, filter yang memiliki kualitas paling baik yaitu filter dengan  $Q = 0,707$ , karena nilai penguatan pada frekuensi *cut-off* paling mendekati penguatan pada karakteristik *low pass filter* yaitu  $-3\text{dB}$  saat mencapai frekuensi *cut-off* meskipun masih terjadi penyimpangan sebesar 3.3 % dan masih ditemukan adanya *noise* pada tegangan keluaran.

### SIMPULAN

Hasil simulasi perencanaan filter yang digunakan dalam rangkaian *buck converter* berdasarkan nilai faktor kualitas  $Q$  yang telah disimulasikan menunjukkan bahwa rancangan filter yang memiliki kualitas baik yaitu dengan nilai kualitas faktor  $Q$  sebesar 0,707. Hal ini dikarenakan penguatan pada simulasi rangkaian saat mencapai frekuensi *cut-off* bernilai  $-3,1\text{dB}$ , dimana nilai yang didapatkan mendekati dengan karakteristik *low pass filter* yaitu memiliki penguatan bernilai  $-3\text{dB}$  saat mencapai frekuensi *cut-off*. Semakin besar nilai  $Q$ , maka akan semakin besar nilai penguatan dan *noise* pada respon tegangan output akan semakin besar.

### REFERENSI

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM," *J. IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 75-91, 2015, doi: 10.1016/s1877-3435(12)00021-8.
- [2] B. H. Purwoto *et al.*, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10-14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [3] W. Indrasari *et al.*, "The Active Hybrid Solar Panel integrated with Fresnel Lens Concentrator," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1485, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1485/1/012005.
- [4] R. Fernandes & M. Yuhendri, "Implementasi Solar Tracker Tanpa Sensor pada Panel Surya," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 337-343, 2020.
- [5] W. S. Budi, "Rancang Bangun Sistem Penyimpan Energi Listrik Panel Surya Menggunakan Maximum Power Point Tracker," *Skripsi*, 2021.
- [6] A. Subari & S. Manan, "Perencanaan filter pasif untuk meningkatkan kualitas daya listrik di kampus diploma III fakultas teknik undip," *GEMA Teknol*, vol. 17, no. 4, pp. 144-151, 2014.
- [7] I. Rectifier, "IRF2808 Datasheet," *Datasheet*. pp. 1-12.
- [8] O. Melfazen, "Stabilisasi Tegangan Keluaran Buck Converter Dengan Metode Fuzzy Logic Controller," *ELTEK*, vol. 16, no. 2, pp. 125-137, 2018.
- [9] I. Hickman, "Passive Circuits," in *Analog Electronics*, pp. 26-45, 1999.
- [10] S. B. Mulia, "Simulasi Perancangan Rangkaian Band Pass Filter dengan Frekuensi Band Variable menggunakan Matlab," *ELEKTRA*, vol. 1, no. 2, pp. 25-31, 2016.