

DESAIN MODEL KONVERTER DC-DC PENGUATAN TINGGI

Mohammad Adnan¹⁾, Zainal Abidin¹⁾ dan Daniel Kambuno¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl Perintis Kemerdekaan
Km. 10, Makassar, 90245
E-mail: mohammad.adnan@poliupg.ac.id

Abstract

This research aims to obtain a high gain DC-DC converter system/model design that can be applied to a 400 V DC microgrid system. The high gain DC converter model used is an interleaved boost converter. Parameters used: The voltage at the load is regulated and stable at 400 V, the nominal input voltage is 48 V with a minimum variation of 36 V, the maximum is 60 V, the current at the nominal load is 3 A with a maximum variation of 0 A, 3.5 A. The stages of the research method used are literature review, determining model specifications, creating a model and simulation using Simulink Matlab. The simulation results obtained varied output voltages of 314.1, 400.2, and 511.3.

Keywords: *DC-DC converter, interleaved boost converter*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan memperoleh desain sistem/model konverter DC-DC penguatan tinggi yang dapat diaplikasikan pada sistem mikro grid DC 400 V. Model konverter DC penguatan tinggi yang digunakan adalah *interleaved boost converter*. Parameter yang digunakan Tegangan pada beban teregulasi dan stabil pada 400 V, tegangan masukan nominal 48 V dengan variasi minimum 36 V maksimum 60 V, Arus pada beban nominal 3 A dengan variasi 0 A maksimum 3.5 A. Tahapan metode penelitian yang digunakan yaitu literature review, menentukan spesifikasi model, membuat model dan simulasi menggunakan Simulink Matlab. Hasil simulasi diperoleh tegangan luaran bervariasi 314,1, 400,2, dan 511,3.

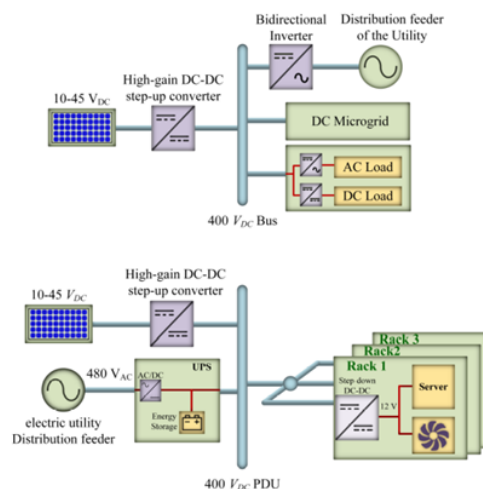
Kata Kunci: *konverter DC-DC, interleaved boost converter*

PENDAHULUAN

Indonesia sangat kaya akan energi terbarukan dengan potensi lebih dari 400.000 Mega Watt (MW), 50 % diantaranya atau sekitar 200.000 MW adalah potensi energi surya. Sementara pemanfaatan energi surya saat ini baru sekitar 150 MW atau 0,08 % dari potensinya. Pemerintah melalui Kementerian ESDM menargetkan terpasangnya PLTS Atap sebesar 3.600 MW secara bertahap hingga tahun 2025 yang berpotensi mengurangi biaya bahan bakar per unit kWh sebesar Rp. 7,42 /kWh dengan total yang dapat dihemat sebesar Rp. 4,12 triliun per tahun (Arifin Tasrif, 2022). Selain itu Presiden Republik Indonesia Joko Widodo mempunyai rencana besar Indonesia menjadi negara nol emisi pada tahun 2060. Dalam roadmap tersebut pemanfaatan energi baru

terbarukan (EBT) menjadi salah satu prioritas aksi yang harus dilakukan. Kedua hal tersebut menjadi tantangan bagi riset dan industri untuk mengembangkan sistem pembangkitan energi listrik tenaga surya.

Pengembangan pembangkitan energi listrik tenaga surya dilakukan mulai dari konversi energi surya menjadi tenaga listrik hingga penyaluran ke jaringan distribusi kecil (microgrid). Konverter DC-DC dengan rasio penguatan tegangan tinggi saat ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti photovoltaic (PV) ke microgrid atau bus distribusi DC, seperti ditunjukkan pada gambar 1 (Alzahrani ASY, 2018). Pembangkitan energi listrik yang bersumber sel surya nantinya dapat digunakan sebagai pembangkit dan menyalurkan tegangan pada bus 400 V agar dapat diterima oleh banyak pengguna.



Gambar 1. Aplikasi konverter DC-DC penguatan tinggi (Alzahrani ASY, 2018).

Konverter DC-DC penguatan tinggi (KPT) sebagai bagian yang sangat penting dalam sistem tenaga EBT, diharuskan memiliki kemampuan menyalurkan tegangan ke beban dengan keadaan tetap dan stabil. Perubahan nilai beban pada sistem microgrid DC secara mendadak dan besar akan menyebabkan tegangan akan cenderung berubah yang seharusnya nilai tegangan pada ujung sistem harus tetap. Selain itu apabila terjadi gangguan, sistem sedapat mungkin meminimalisir dampak gangguan tersebut.

Saat ini KPT belum sepenuhnya mampu mengatasi kondisi perubahan beban dan jika terjadi gangguan, sehingga penelitian ini akan mencoba membuat model baru yang mengacu pengembangan model KPT yang telah ada sebelumnya namun dengan

kemampuan yang lebih baik terhadap perubahan beban dan mengatasi gangguan hubung singkat dan rangkaian terbuka.

METODE PENELITIAN

Tempat Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada Laboratorium Perancangan Sistem Elektronika dan Fabrikasi, Program studi D-3 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Tahapan Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu:

Tahapan awal, melakukan literature review, menentukan spesifikasi model.

Tahapan perancangan, melakukan perhitungan dari model yang akan dibuat berdasarkan spesifikasi dengan menggunakan persamaan-persamaan rangkaian *interleaved boost converter* (Hart, Daniel W., 2011, Rashid, Muhammad H., 2011)

Tahapan simulasi, dengan menggunakan perangkat lunak *Simulink Matlab* membuat model, simulasi analisis dan rekayasa desain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan

Rancangan konverter DC-DC dengan rentang tegangan masukan 48 V - 60 V, tegangan keluaran 400 V, perubahan arus induktor 40%, memiliki Arus pada beban 3 A. Riak (*ripple*) tegangan keluaran tidak melebihi 0,5% , frekuensi switching adalah 100 kHz. maka akan ditentukan *duty ratio* (D), nilai induktor dan kapasitor. Asumsikan semua komponen adalah ideal.

Penyelesaian:

Untuk $V_s = 48V$

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} = 1 - \frac{48}{400} = 0.88$$
$$I_L = \frac{V_o I_o}{V_s} = \frac{400(3)}{48} = 25 A$$

Variasi/perubahan arus induktor sesuai spesifikasi $\Delta i_L = 0,4(25) = 10$ A, selanjutnya nilai induktansi diperoleh :

$$L = \frac{V_s D}{\Delta i_L f} = \frac{48(0,88)}{10(100000)} = 42,24 \mu\text{F}$$

Untuk $V_s = 48\text{V}$, dengan cara yang sama

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} = 1 - \frac{60}{400} = 0,85$$

$$I_L = \frac{V_o I_o}{V_s} = \frac{400(3)}{60} = 20 \text{ A}$$

$$\Delta i_L = 0,4(20) = 8 \text{ A,}$$

$$L = \frac{V_s D}{\Delta i_L f} = \frac{48(0,85)}{8(100000)} = 63,75 \mu\text{F}$$

Agar arus induktor kontinu maka nilai L adalah 25% lebih besar, maka:

$$L = 1,25L_{\min} = (1,25)(63,75 \mu\text{H}) = 79,69 \mu\text{H}$$

Jika menggunakan nilai D maksimum, diperoleh nilai kapasitansi minimum sebagai berikut :

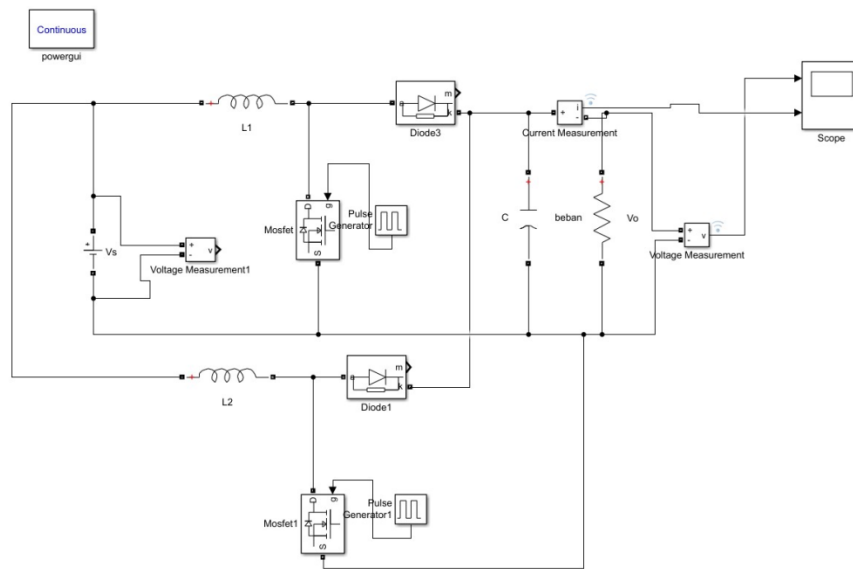
$$C = \frac{D}{R \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) f} = \frac{D}{\left(\frac{V_o}{I_o}\right) \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) f_s} = \frac{0,88}{\left(\frac{400}{3}\right)(0,005)100000} = 13,2 \mu\text{F}$$

Simulasi

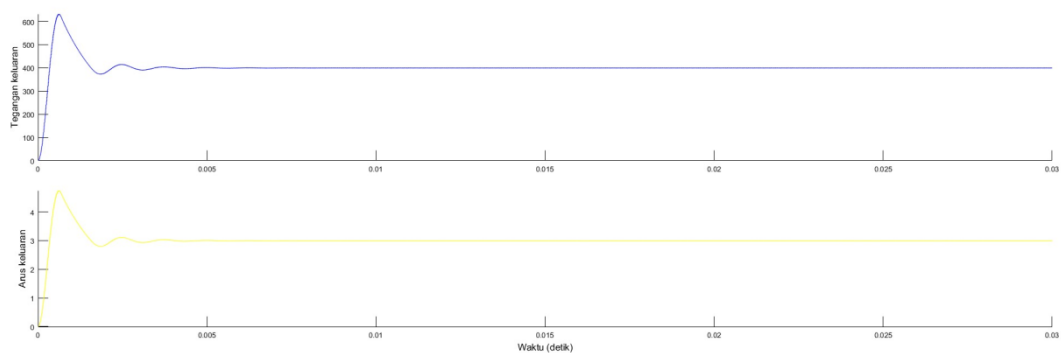
Parameter yang digunakan pada simulasi rangkaian konverter DC-DC penguatan tinggi diperlihatkan pada tabel 1. Skematik rangkaian konverter DC-DC penguatan tinggi tanpa pengendalian dapat dilihat pada gambar 2. Hasil simulasi berupa bentuk gelombang tegangan keluaran dan arus pada beban diperlihatkan pada gambar 3. Pada gambar 3, nilai tegangan keluaran 400,2 V dan arus beban 3,002 A pada kondisi steady state 6 ms.

Tabel 1
 Parameter simulasi konverter DC-DC

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	V_s	48 - 60	V
2	V_o	400	V
3	D	0,85 - 0,88	
4	R	133,3	Ω
5	L_1, L_2	79,69	μH
6	C	13,2	μF
7	f	100	kHz
8	I	3	A



Gambar 2. Skematik konverter DC-DC penguatan tinggi.



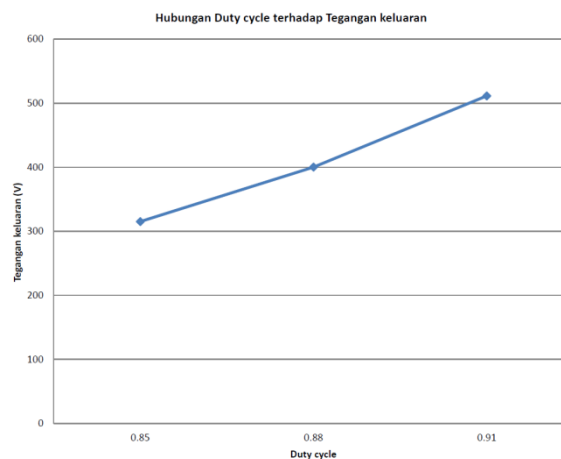
Gambar 3. Bentuk gelombang tegangan dan arus pada beban.

Hubungan Duty cycle terhadap Tegangan keluaran

Simulasi konverter DC-DC tanpa pengendalian memperlihatkan nilai tegangan keluaran dipengaruhi dari nilai duty cycle. Semakin besar duty cycle maka tegangan keluaran akan makin besar untuk tegangan masukan yang sama yaitu 48 V. Hubungan duty cycle terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 4.

Tabel 2
Hubungan duty cycle terhadap tegangan keluaran

No	Duty cycle	Tegangan Keluaran (V)
1	0,85	314,1
2	0,88	400,2
3	0,91	511,3



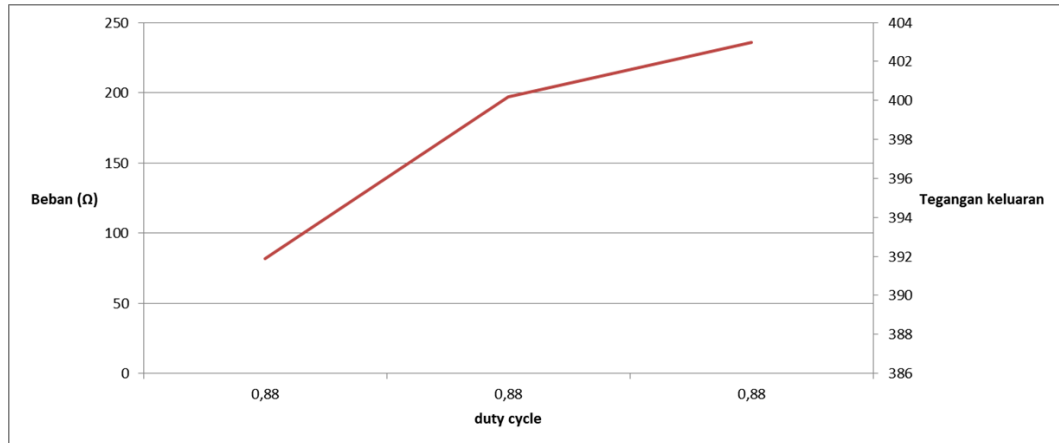
Gambar 4. Grafik hubungan duty cycle terhadap Tegangan keluaran.

Hubungan Variasi Beban terhadap Tegangan keluaran

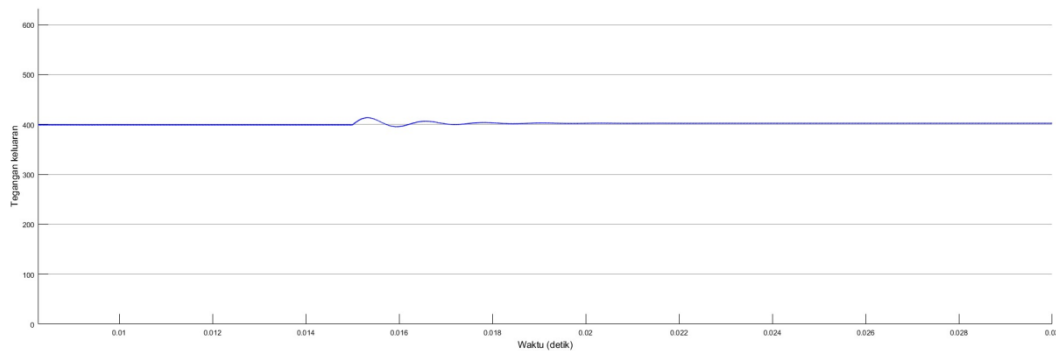
Pada simulasi dilakukan pemberian variasi beban berupa pengurangan dan penambahan beban sebesar 50% dari beban kondisi steady state. Hubungan duty cycle terhadap R_{beban} dan tegangan keluaran dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5. Perubahan R_{beban} menyebabkan tegangan keluaran juga berubah hal ini disebabkan karena tidak diikuti perubahan duty cycle yang menjaga agar tegangan keluaran tetap. Bentuk gelombang tegangan keluaran akibat penambahan dan pengurangan R_{beban} 50% dapat dilihat pada gambar 6 dan 7. Perubahan beban dengan melakukan penambahan R_{beban} 50% saat sistem dalam steady state menyebabkan terjadi riak tegangan hingga 403 V, sedangkan perubahan beban dengan melakukan pengurangan R_{beban} 50% saat sistem dalam steady state menyebabkan terjadi riak tegangan hingga 391,9 V.

Tabel 3
 Hubungan variasi beban vs tegangan keluaran

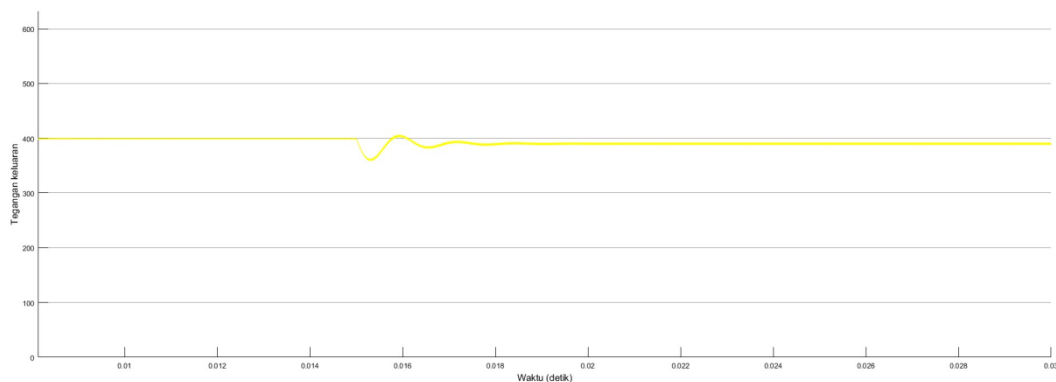
No	Duty cycle	R _{beban} (Ω)	Tegangan Keluaran (V)
1	0,88	66,6	391,9
2	0,88	133,3	400,2
3	0,88	200	403



Gambar 5. Grafik hubungan variasi beban vs tegangan keluaran.



Gambar 6. Bentuk gelombang variasi beban (+ 50%).



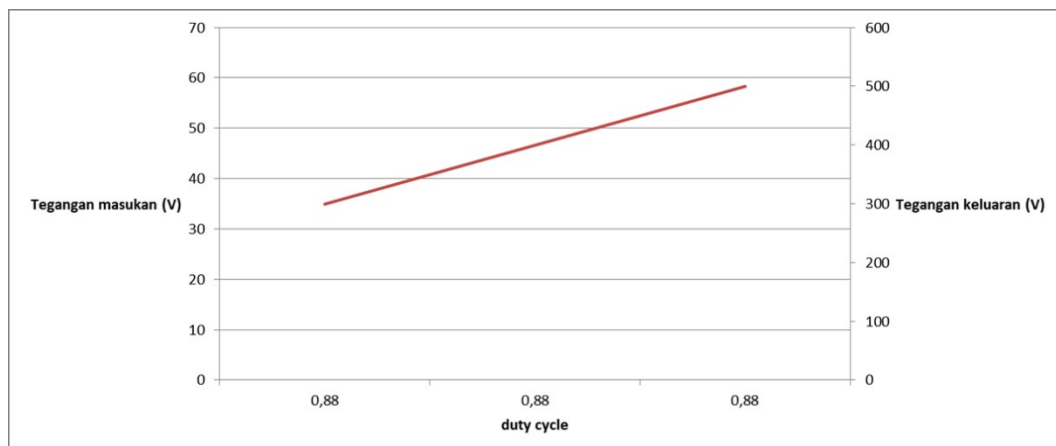
Gambar 7. Bentuk gelombang variasi beban (- 50%).

Hubungan Variasi Tegangan Masukan terhadap Tegangan Keluaran

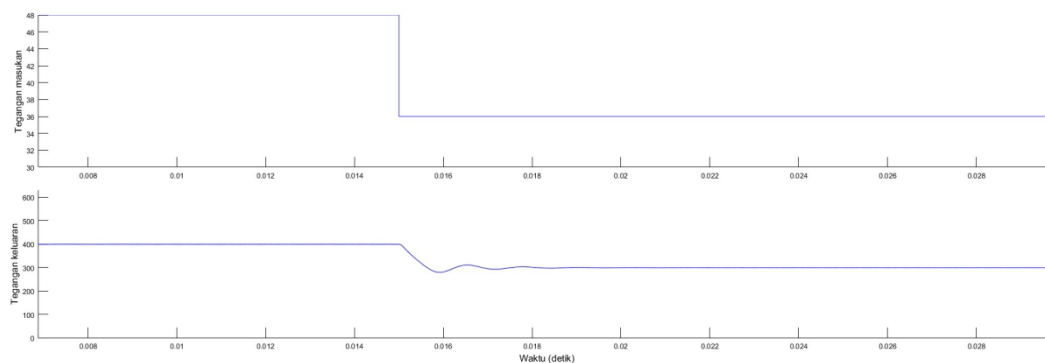
Simulasi variasi tegangan masukan sebesar 25% saat steady state memperlihatkan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Hubungan variasi tegangan masukan terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 8, sedangkan bentuk gelombang variasi tegangan masukan diperlihatkan pada gambar 9. Saat steady state tegangan masukan nominal 48 V diubah menjadi 36 V menyebabkan perubahan pada tegangan keluaran menjadi 300 V.

Tabel 4
Hubungan variasi tegangan masukan terhadap tegangan keluaran

No	Duty cycle	Tegangan masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)
1	0,88	36	300
2	0,88	48	400,2
3	0,88	60	500,4



Gambar 8. Grafik hubungan variasi tegangan masukan vs tegangan keluaran.



Gambar 9. Bentuk gelombang variasi tegangan masukan.

SIMPULAN

Desain model konverter DC-DC penguatan tinggi yang telah dibuat menunjukkan nilai tegangan luaran yang bervariasi, yang dipengaruhi tegangan masukan yang bervariasi, duty cycle yang berubah, serta variasi beban. Hal tersebut dapat diatasi dengan membuat *feedback* pada rangkaian konverter DC-DC penguatan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzahrani ASY. Advanced topologies of high-voltage-gain DC-DC boost converters for renewable energy applications [Internet]. search.proquest.com; 2018. Available from: <https://search.proquest.com/openview/0280cc231c7585a80b3b30015c00ad54/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- de Souza, Antonio Carlos Zambroni. (2019). *Microgrids Design and Implementation*. Castilla, Miguel, (Ed.). Springer.
- Divya Navamani J., Vijayakumar K., Jegatheesan R. (2017). Study on High Step-up DC-DC Converter with High Gain Cell for PV Applications. 7th International Conference on Advances in Computing & Communications, ICACC-2017. Available from: www.sciencedirect.com.
- Hart, Daniel W. (2011). *Power Electronics*. Valparaiso, Indiana: Valparaiso University.
- Rashid, Muhammad H (2011). *Power Electronics Handbook Devices, Circuits, and Application* (3th ed.). Pensacola, FL : Butterworth-Heinemann.
- Kathiresan J, Natarajan SK, ... Design and implementation of modified SEPIC high gain DC-DC converter for DC microgrid applications. ... Trans Electr ... [Internet]. 2021; Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2050-7038.12921>
- Kumar, G. V.Brahmendra and K. Palanisamy, "Interleaved Boost Converter for Renewable Energy Application with Energy Storage System," 2019 IEEE 1st International Conference on Energy.
- Lopa, Shafinaz A., Hossain, Shahzad., Hasan, M K., Chakraborty, T K. (2016). Design and Simulation of DC-DC Converters. *International Research Journal of Engineering and Technology* (IRJET). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/291757375_Design_and_Simulation_of_DC-DC_Converters
- Shrivastava V, Letha SS, Gupta AK. Design and implementation of interleaved high gain DC-DC converter [Internet]. International Journal of [researchgate.net](https://www.researchgate.net); 2020.
- setkab.go.id . 2021. Available from: <https://setkab.go.id/presiden-jokowi-sampaikan-komitmen-indonesia-dalam-penanganan-perubahan-iklim-di-cop26>
- <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/09/02/2952/indonesia.kaya.energi.surya.pemanfaatan.listrik.tenaga.surya.oleh.masyarakat.tidak.boleh.ditunda>

Tasrif, Arifin, “Empat Kerjasama Menuju Net Zerro Emission Tahun 2060 Ditandatangani [Internet]. ebtke.esdm.go.id. 2022. Available from: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/03/24/3128/empat.kerjasama.menuju.net.zerro.emission.tahun.2060.ditandatangani>.