

Pembahasan Perhitungan Matematis Dan Simulasi Project *Buck-Boost Converter* Dengan Penerapan Pada PLTA Sederhana

Putri Kusuma Dewi¹, Andisa Julia Almira², Adenalia Syaharani³,
Najwa Armedia Rahmadianti⁴, Denny Oktavina Radianto⁵

¹Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

^{2,3,4,5}Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

putrikusuma077@gmail.com

Abstract: *The increasing need for electricity for the community and the cost constraints for using fossil energy, require innovation in creating electricity sources using hydropower (PLTA). To increase the efficiency and stability of the output wave, a converter is installed in this circuit which can produce an output voltage that is lower or higher than the input voltage by using a PWM switch duty cycle. By installing a converter in a hydropower generating circuit, of course it cannot accommodate very large amounts of voltage due to the limited specifications of the components used. The Buck-Boost circuit used must use accurate mathematical calculations and must be simulated first to prevent and minimize the occurrence of errors and undesirable things.*

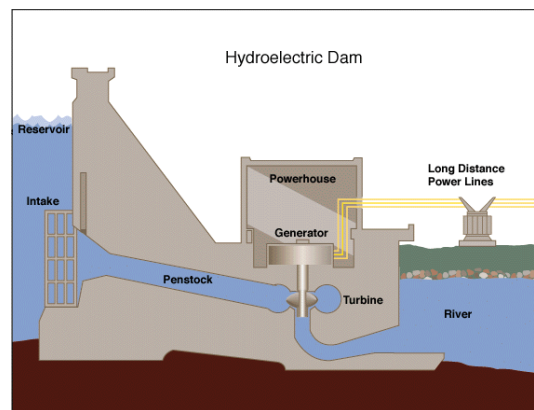
Keywords: *Buck-Boost Converter, PLTA*

Abstrak: Semakin meningkatnya kebutuhan listrik untuk masyarakat dan kendala biaya untuk penggunaan energi fosil, maka perlu inovasi pembuatan sumber listrik dengan tenaga air (PLTA). Untuk meningkatkan efisiensi dan kestabilan gelombang *output* maka dipasang konverter pada rangkaian ini yang dapat menghasilkan tegangan *output* yang lebih rendah ataupun lebih tinggi dari tegangan *input* dengan menggunakan siklus kerja saklar PWM. Dengan dipasangnya konverter dalam rangkaian pembangkit tenaga air tentu tidak dapat menampung tegangan dengan jumlah yang sangat besar karena keterbatasan spesifikasi komponen yang digunakan. Rangkaian *Buck-Boost* yang digunakan harus menggunakan perhitungan matematis yang akurat dan harus disimulasikan terlebih dahulu untuk mencegah dan meminimalisir terjadinya error dan sesuatu hal yang tidak diinginkan.

Kata Kunci: *Buck-Boost Converter, PLTA*

Pendahuluan

Penggunaan energi baru terbarukan (EBT) merupakan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil yang dapat dipergunakan untuk pembangkit listrik. Air merupakan salah satu energi yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik karena jumlahnya yang melimpah dan dapat ditemukan dimanapun, maka dari itu ada sebuah inovasi yang memanfaatkan air yakni Pembangkit Listrik Tenaga Air yang sering disebut dengan PLTA. Debit air yang digunakan sebagai debit awal adalah debit minimal dari sumber air yang akan digunakan, dimana sepanjang tahunnya digunakan debit minimal dan debit maksimal



Gambar 1.1 Sistem Kerja PLTA

Secara umum PLTA merupakan suatu mekanisme konverensi energi yang terdiri dari bendungan, waduk, turbin, pipa air, dan generator[3]. Dalam sebuah sistem PLTA, terdapat beberapa tipe turbin yang dapat digunakan yaitu salah satunya pengaplikasian dengan tipe turbin *breadshot* yang sangat cocok digunakan untuk head yang sedang serta cocok diaplikasikan pada sumber air aliran datar[4]. Pemanfaatan PLTA biasanya dilakukan pada air yang berarus deras dan bervolume tinggi untuk menghasilkan energi listrik yang besar. Namun beberapa masalah mungkin kerap terjadi karena susahnya sistem pengontrolan yang dilakukan. Beberapa PLTA yang ada kerap kali menghasilkan daya tidak sesuai dengan daya kapasitas masing-masing bahkan tidak memenuhi target yang diinginkan.[9] Seiring berkembangnya teknologi dan inovasi maka digunakannya konverter pada rangkaian PLTA. Dengan menerapkan prinsip kerja PWM yang dapat diatur dan penerapan *Buck-Boost Converter* memudahkan pengaturan tegangan output bertambah tinggi atau rendah yang dihasilkan oleh sumber air tersebut. Namun dengan adanya penerapan konverter dalam PLTA berarti ada juga batas spesifikasi dari komponen konverter yang digunakan.

Metode

Salah satu tahapan dalam melakukan perancangan rangkaian konverter Buck-Boost diawali dengan menghitung komponen yang akan digunakan.

$$\begin{aligned}
 &V_{max} = 12V & \Delta I &= 0,3A \\
 &V_{min} = 9V & \text{Freq. Switch} &= 20\text{ kHz} \\
 &V_o = 10V & I_o &= 1A
 \end{aligned}$$

• Duty Cycle

$$D_{max} = \frac{V_{out}}{(V_{in\ max} + V_{out})} = \frac{10}{12+10} = \frac{10}{22} = 0,4545 \cdot 100 = 45,45\% \rightarrow 45,45\% \text{ (boost)}$$

$$D_{min} = \frac{V_{out}}{(V_{in\ min} + V_{out})} = \frac{10}{9+10} = \frac{10}{19} = 0,5263 \cdot 100 = 52,63\% \rightarrow 52,63\% \text{ (buck)}.$$

• Induktor

$$L = \frac{(V_{in\ max} \cdot V_{out}) \cdot D_{max}}{\text{Freq. Switch} \cdot \Delta I} = \frac{(12 \cdot 10) \cdot 0,4545}{20.000 \cdot 0,3} = \frac{5454}{6000} = 909 \mu H$$

• Capacitor

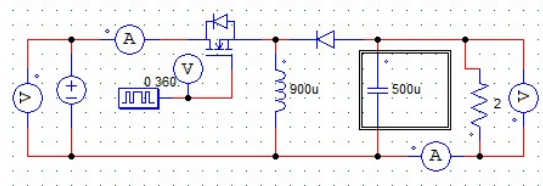
$$C = \frac{I_{out} \cdot D_{max}}{\Delta V \cdot \text{Freq. Switch}} = \frac{1 \cdot 0,4545}{0,1 \cdot 20.000} = \frac{0,4545}{2000} = 227,25 \mu F \rightarrow 2200 \mu F$$

• Resistor

$$R = \frac{V_{in\ max} - V_{out}}{I_{out}} = \frac{12-10}{1} = \frac{2}{1} = 2 \Omega$$

Gambar 2 Perhitungan Matematis *Buck-Boost Converter*

Setelah melakukan perhitungan matematis dan dirasa nilai sudah memenuhi syarat dan penjualan umum komponen, maka akan diteruskan dengan melakukan simulasi rangkaian pada *software* PSIM yang dapat digunakan untuk melihat gelombang *ripple* tegangan *output*.



Gambar 3. Simulasi Rangkaian *Buck-Boost Converter* pada *Software* PSIM

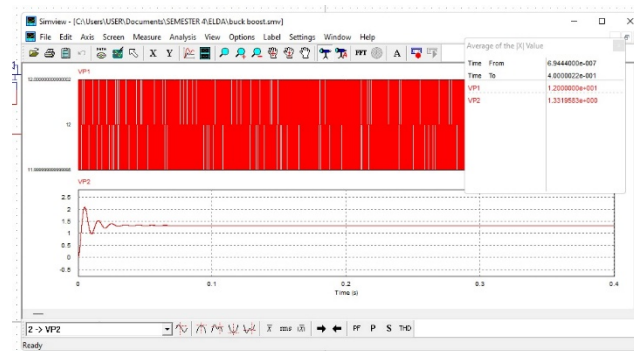
Setelah rangkaian disusun sedemikian rupa maka akan di running agar dapat menampilkan gelombang *ripple* riak dari tegangan *output* yang dihasilkan konverter. Komponen *getting block* yang digunakan dalam mengatur tegangan output dirubah dengan penggunaan PWM. Disalam rangkaian ini *Duty Cycle* sangat berpengaruh. Saat *Duty Cycle* 10% – 50% rangkaian akan berjalan dengan mode *Buck* yang artinya tegangan *output* yang dihasilkan mengalami penurunan dari tegangan sumbernya, dan sebaliknya saat *Duty Cycle* 60% – 100% maka rangkaian akan menjalankan mode *Boost* yang artinya tegangan *output* yang dihasilkan lebih tinggi dari pada tegangan sumbernya semua itu tergantung kebutuhan *supply* listrik yang dibutuhkan. Untuk konsep switching pada konverter DC-DC ada tiga konsep dasar yaitu voltage inverter, step up konverter, dan step down konverter. Semua regulator akan menyimpan energi pada perioda "on" dari switch, dimana ketiganya menggunakan komponen : switch, diode, dan kapasitor atau induktor untuk menyimpan daya[10].

Hasil dan Pembahasan

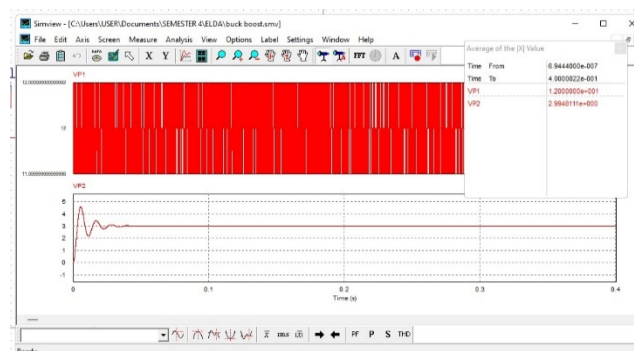
Konverter *Buck-boost* adalah konverter DC to DC dengan menyatukan prinsip *converter buck* dan *converter boost*. Pada *buck-boost converter* tegangan *output* yang diinginkan diatur agar tetap pada level tegangan yang telah ditetapkan walaupun tegangan masukan lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan yang diinginkan [5]. Penggunaan *buck-boost converter* untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) ini bertujuan sebagai penurun dan menaikkan tegangan *output* generator. Adapun besaran tegangan output yang dihasilkan *converter buck-boost* dapat dirumuskan sebagai berikut :

- **$V + \text{output} = V + \text{in} \cdot D / (1-D)$**
- **$V + \text{output}$ adalah tegangan masukan**
- **$V + \text{input}$ adalah tegangan masukan**
- **D = faktor duty-cycle (siklus kerja) [6]**

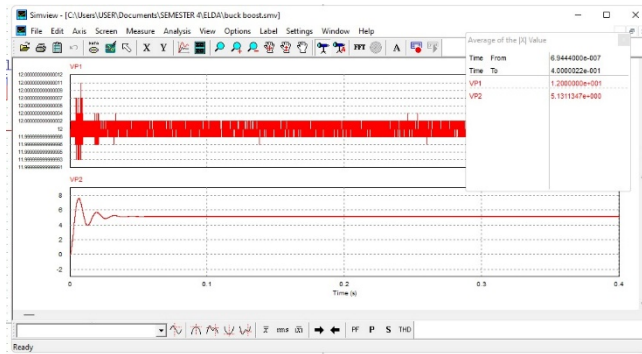
Adapun tegangan input yang digunakan adalah 12V dengan tegangan output yang diharapkan bernilai 10V. Berikut gelombang yang dihasilkan setelah melakukan simulasi rangkaian pada software PSIM:



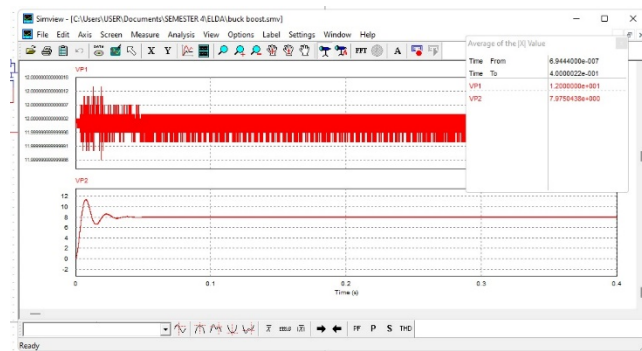
Gambar 4. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 10%



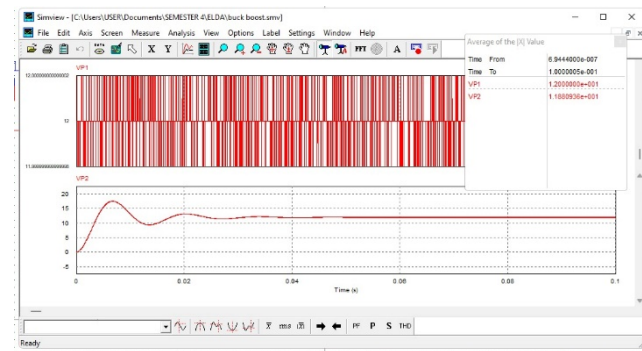
Gambar 5. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 20%



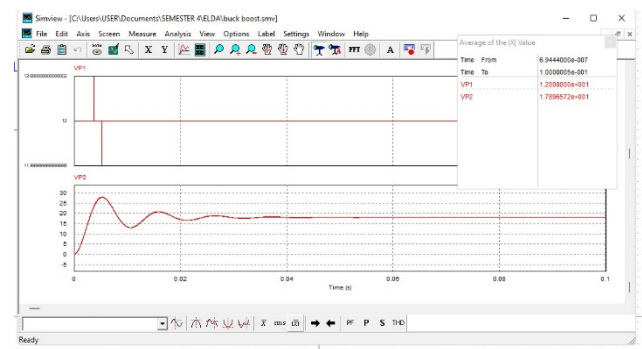
Gambar 6. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 30%



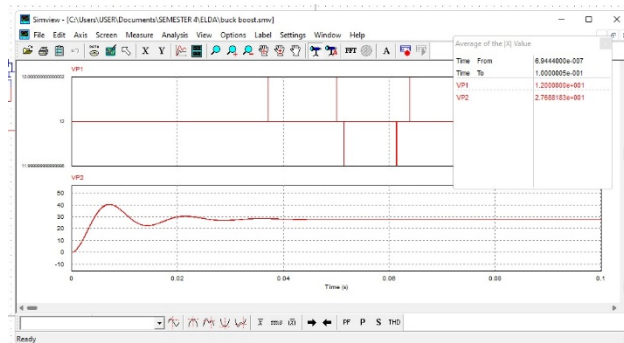
Gambar 7. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 40%



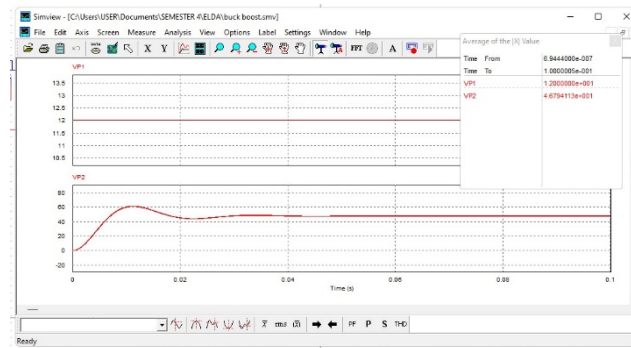
Gambar 8. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 50%



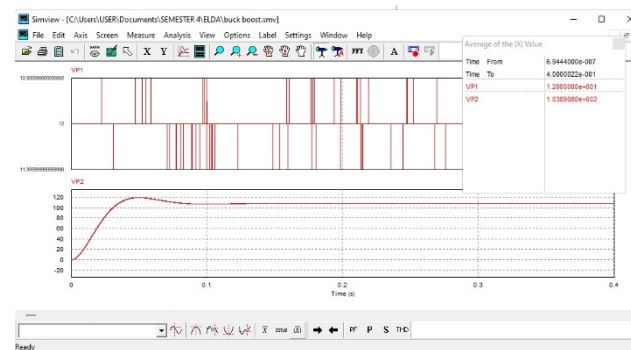
Gambar 9. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 60%



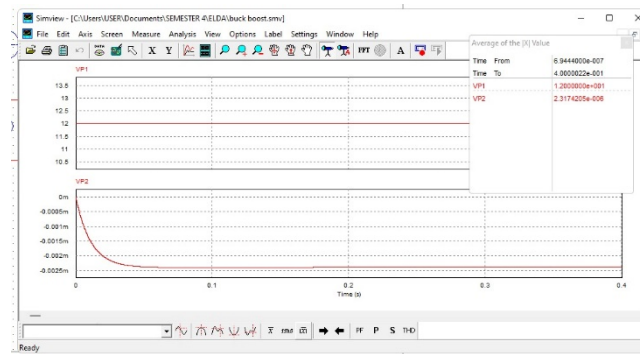
Gambar 10. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 70%



Gambar 11. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 80%



Gambar 12. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 90%



Gambar 13. Gelombang rangkaian *BuckBoost* dengan *Duty Cycle* 100%

Setelah didapati gelombang yang sesuai dengan ketentuan dengan faktor *ripple* yang minim, maka tahap selanjutnya akan dibuat layout PCB, dilanjutkan dengan mencetak PCB, memasang komponen, dan merangkai pada alat *general/PLTA*.

Kesimpulan

Buck-boost converter digunakan dalam PLTA kecil untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan teratur. Konverter ini menghasilkan tegangan *output* yang lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan *input* sesuai kebutuhan. Salah satu keuntungan dari penggunaan *buck-boost converter* adalah efisiensi yang tinggi dalam mengubah tegangan. Konverter ini dapat menghemat energi dan mengurangi biaya operasional sistem. Selain itu, *buck-boost converter* juga dapat dioperasikan dalam berbagai kondisi lingkungan dan dapat diatur untuk menghasilkan berbagai tingkat tegangan *output*.

Namun, penggunaan *buck-boost converter* juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah kompleksitas sistem yang lebih tinggi karena perlu menambahkan komponen seperti *choke* dan kapasitor. Selain itu, konverter ini juga dapat menyebabkan *noise* atau interferensi elektromagnetik pada sistem. Secara keseluruhan, penggunaan *buck-boost converter* pada PLTA sederhana dapat memberikan keuntungan yang signifikan dalam hal efisiensi energi dan kinerja sistem. Variasi beban resistif juga berpengaruh terhadap tegangan dan arus pada simulasi sedangkan terhadap perhitungan secara teori tidak berpengaruh. Hal ini karena adanya pengaruh dari kapasitor, induktor dan dioda. Semakin besar beban resistif, maka semakin besar tegangan keluaran dan semakin kecil arus keluaran. Namun, sebelum memutuskan untuk mengadopsi konverter ini, perlu dipertimbangkan juga faktor-faktor seperti biaya dan kompleksitas sistem serta penggunaan dalam tegangan kerja yang kecil agar tidak terjadi kesalahan dan hal yang tidak diinginkan.

Referensi

- Arifna Dwi Prastiyonoaji, Trias Andromeda, and Mochamad Facta. "Perancangan Konverter Arus Searah Tipe CUK yang Dioperasikan untuk Pencarian Titik Daya Maksimum Panel Surya Berbasis Perturb and Observe". Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2017. TRANSIENT, VOL.6, NO. 1, MARET 2017, ISSN: 2302-9927, 69
- Leily Wustha Johar, Fadli Eka Yandra, and H. Myson 2023. "Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Memanfaatkan Sirkulasi Air Kolam" Program Studi Teknik Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari. JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah Vol.2, No.10, Juni 2023
- G.D.Ramady, M. S. Sungkar, A. G. Mahardika, H. Fadriani, dan A. H. Mutaqin, "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Berbasis Kontrol Arduino UNO," Jurnal Power Elektronik, vol. 10, no. 2, 2021.
- A. B. Nadeak, "Unjuk Kerja Kincir Air Breadshot dengan Sudu 150 Derajat," 2017.
- J. Julianto dan Rajaguguk. A, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Berbasis Arduino pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 8x10 Wp," Jom FTEKNIK, vol.7, no.2, juli-desember 2020.
- Novela Sucira Iyullela Siregar, amd Nur Khozin. "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) *Portable* berbasis IOT". Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2023.
- "Design and implementation of a buck-boost converter for a small-scale hydro power plant" oleh F. F. Akorede et al. (2013).*
- Rika Nurul Huda 2022. "Desain dan Simulasi *Non – Inverting Buck Boost* Konverter" Teknik Elektro Industri, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang. *Volume* 03 Number 04, 2022 ISSN: 2716 4713 (p) ISSN: 2721-4893(e)
- Daniel Rohi dan Hanny Hosiana Tumbelaka. "Studi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas". Petra Christian University, 2017.
- Andi Faturrahman Wahyu, R M Sisdarmanto Adinandra S.T.,M.Sc.,Ph.D . "Sistem Konverter CUK dengan Pengendali Kalang Terbuka (Open Loop)". Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.