

## Sistem Pengujian Tegangan Boost Converter Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTH) Picohydro Kapasitas Rendah

M. Suyanto<sup>1</sup>, Subandi<sup>2</sup>, Syafriyudin<sup>3</sup>, Isa Mubarak<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak No 28 Komplek Balapan Jogjakarta (0274) 563029, Fax. (0274) 563847

e-mail: myanto@akprind.ac.id<sup>1</sup>, dien@akprind.ac.id<sup>2</sup>, isamubarak70@gmail.com<sup>4</sup>

**Abstrak.** Pengujian tegangan, pada pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH), menggunakan dua sumber yaitu pembangkit tenaga surya/matahari dan pembangkit tenaga kincir air. Komponen penunjang untuk menghasilkan konversi energi listrik salah satunya adalah *boostconverter* yang menjadi pokok bahasan utama. Oleh karena itu penulis tertarik untuk membuat dan menguji tegangan, pada boost converter dengan tujuan untuk memaksimalkan kinerja dari genertator DC sebagai pensupplay baterai/accu pada PLTH *pico hydro*. Sumber tegangan dc dari konverter DC-DC dapat diperoleh dari generator, atau sumber tegangan ac yang disearahkan AC to DC. Sedangkan *Dc-dc converter* merupakan rangkaian elektronika daya, untuk mengubah suatu masukan tegangan dc to dc menjadi tegangan keluaran dengan nilai lebih besar. Hasil pengujian tegangan dari data dilapangan dapat disimpulkan sebagai berikut. Hasil pengujian tegangan *boost converter*, pada Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid Pico Hydro* dapat menghasilkan tegangan sebesar 13 volt dari output Generator DC sebesar 8,39 volt. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *boost converter* sebesar 13,4 volt, dapat stabil walaupun tegangan keluaran dari generator berubah-ubah. Dengan penambahan alat boost converter pada PLTH *pico hydro*, dapat membantu pengisian baterai/accu untuk mengisi tegangan yang dibutuhkan baterai yaitu 12 volt, dari boos convevter 13,4 volt lama waktu pengisian accu 5,3 jam.

**Kata kunci:** *Boost konventer, Generator DC, PLTMh, Accu*

**Abstract.** Voltage testing, on hybrid power plants (PLTH), uses two sources that are solar/solar power plants and waterwheel power plants. Supporting components to produce electric energy conversion one of them is *boostconverter* which is the main subject. Therefore the author is interested in making and testing the voltage, on the boost converter with the aim to maximize the performance of the DC Genertator as a pensupplay Baterai/accu on PLTH Pico Hydro. The DC-voltage source of the DC-DC converter can be obtained from a generator, or an AC voltage source that is air-conditioned to DC. While *Dc-DC converter* is a power electronic circuit, to convert a DC to DC voltage input into the output voltage with a greater value. The test results of the voltage from the field data can be concluded as follows. The voltage boost converter test results, on the Pico Hydro Hybrid power plant can produce a voltage of 13 volts from the output DC Generator 8.39 Volt. The output voltage generated by the boost converter is 13.4 volts, can be stable although the output voltage of the generator is variable. With the addition of the tool boost converter on PLTH Pico Hydro, can help battery charging/ACCU to charge the required voltage of the battery is 12 volts, from the boos convevter 13.4 volt long time charging ACCU 5.3 hours.

**Keywords:** *Boost konventer, DC Generator, PLTMh, ACCU*

### PENDAHULUAN

Potensi sumber energi terbarukan di Indonesia meliputi 4,8 KWh/m<sup>2</sup>/hari energi surya, 458 GW biomassa, 3-6 m/s tenaga angin, dan 3 GW nuklir (cadangan uranium). Selain itu Indonesia juga memiliki sumber energi hidro yang besar dengan total potensial diperkirakan 75.67 GW. Akan tetapi potensi besarnya tidak diimbangi dari energi terbarukan seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan energi lautan relative tinggi, namun tidak digunakan secara signifikan.

Sistem energi hibrida adalah salah satu energi terbarukan yang menjadi populer sebagai sistem tenaga listrik yang dapat berdiri sendiri untuk menyediakan listrik. Sistem tenaga hibrida, secara umumnya terdiri dari dua atau lebih sumber energi terbarukan yang digunakan bersama untuk menyediakan peningkatan efisiensi sistem serta keseimbangan yang lebih besar dalam pasokan energi. Dalam pengujian tegangansystem

pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH), menggunakan dua sumber tenaga pembangkit yaitu pembangkit tenaga surya/matahari dan pembangkit dari tenaga kincir air. Pada pembangkit tenaga surya/matahari dan pembangkit tenaga kincir air terdapat beberapa komponen penunjang untuk menghasilkan konversi energi listrik yang layak untuk digunakan salah satu nya adalah *boostconverter* yang menjadi pokok bahasan utamadimana fungsinya adalah untuk mengubah suatu masukan tegangan DC menjadi tegangan DC keluaran dengan nilai yang lebih besar tegangan masukan.

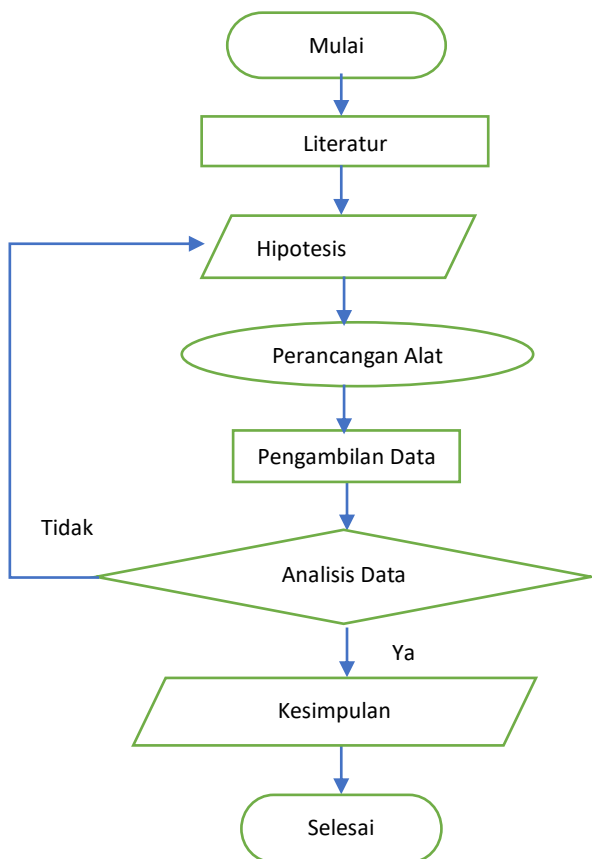
Penggunaan *jumping water* pada *pltmh* irigasi dengan menggunakan kincir air jenis *breastshot* dapat meningkatkan putaran kincir seiring dengan meningkat nya sudut *jumping water* [14]

Oleh karena itu penulis tertarik untuk membuat dan mengujitegangan suatu alat boost converter pada penerapan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) *pico hydro* dengan tujuan untuk memaksimalkan kinerja

dari generator DC menuju baterai/accu pada PLTH *pico hydro*.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian, terdiri dari, melakukan studi kepustakaan sebagai referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Mengkaji relevan yang bersesuaian dengan perancangan *boost converter* pada PLTH *pico hydro*. Perancangan *boost converter* pada PLTH *pico hydro* dengan membuat sistem blok diagram. Melakukan pengujian dengan mensimulasi perancangan *boost converter* sebagai penaik tegangan pada PLTH *pico hydro*. Dalam perancangan tahap pertama adalah membuat diagram blok rangkaian, kemudian memilih rangkaian komponen yang akan digunakan dan disimulasikan sesuai dengan kebutuhan. Blok diagram Gambar 1. *Flowchart* perancangan alat.



Gambar 1. *Flowchart* perancangan alat

Sistem *hybrid* atau Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD, PLTH ini memanfaatkan *renewable Energy* sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasi dengan *solar cell* sebagai sumber energi cadangan (sekunder). Pada PLTH, *renewable Energy* yang digunakan, untuk penelitian menggunakan aliran selokan sawah sebagai

sumber energi air, yang dikombinasikan dengan energi matahari sehingga akan menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal.

## Generator DC

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang bekerja berdasarkan energi gerak/mechanik yang kemudian merubahnya menjadi energi listrik. Pada generator DC arah arus saat tegangan negatif dibalik dengan mekanisme cincin-belah, sehingga siklusnya berubah menjadi: positif – nol – positif - nol (tegangan DC).[1]. Tegangan induksi generator dapat diketahui dengan persamaan:

$$E_{rms} = 4,44 \times N \times f \times \Phi_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}} \quad (1)$$

dimana:

$E_{rms}$  : Tegangan efektif induksi generator (V)

$N$  : jumlah lilitan

$f$  : frekuensi (Hz)

$\Phi_{max}$  : fluks maksimum (Wb)

$N_s$  : jumlah kumparan

$N_{ph}$  : jumlah fasa

Generator dc yang digunakan didalam perancangan adalah generator kincir air dc magnet permanen, seperti gambar 2.



Gambar 2. Generator kincir dc magnet permanen

Dan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Generator permanen magnet.
- DC 12V-18V 30W 800 RPM.
- Daya: 30W (Max).
- Dimensi :
- Aplikasi: Kincir air, kincir angin.

## Accu/baterai

Baterai atau accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah daripada sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar tersebut adalah

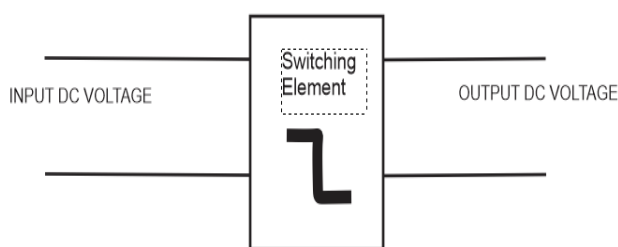
12 volt sampai 12,6 volt. seperti diperlihatkan gambar 3. Accu 12 V DC.[2].



Gambar 3. Accu motor 12V

### Dc-dc Converter

Tegangan searah (DC) pada system tenaga listrik saat ini sangat dibutuhkan. Konverter DC-DC merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan berdasarkan perubahan *duty cycle* rangkaian kontrolnya. Sumber tegangan dc dari konverter DC-DC dapat diperoleh dari baterai, atau dengan menyearahkan sumber tegangan ac yang kemudian dihaluskan dengan filter kapasitor untuk mengurangi riak (*ripple*). Dc-dc converter merupakan rangkaian elektronika power untuk mengubah suatu masukan tegangan dc menjadi tegangan dc keluaran dengan nilai yang lebih besar atau kecil dari tegangan masukan.[3] Pada perancangan ini, rangkaian *dc-dc converter* yang akan dibahas merupakan *switched-mode dc-dc converter*, atau biasa disebut dengan *switching power supply*. Tegangan dc masukan dari proses *dc-dc converter* tersebut adalah berasal dari sumber tegangan dc yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap. Pada dasarnya, tegangan keluaran dc yang ingin dicapai adalah dengan cara pengaturan lamanya waktu perhubungan antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama. Seperti diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Dc-dc converter.

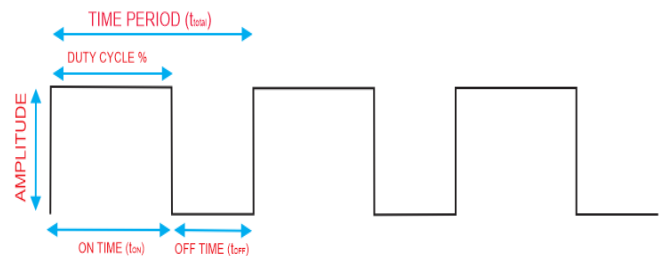
Dasar dari *switching power supply* terdiri dari tiga topologi yaitu *buck (step-down)*, *boost (step-up)* dan *buckboost (step-up/down)*. Ketiga rangkaian dasar

*switching power supply* ini merupakan *nonisolated dc-dc converter* di mana masukan dan keluaran dengan *grounding* yang sama. Pada dasarnya ada dua cara untuk meregulasi tegangan pada *switching power supply*, yaitu dengan *Pulse Width Modulation (PWM)* dan *Pulse Frequency Modulation (PFM)*.

### Pulse Width Modulation (PWM)

Merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode ON ( $T_{on}$ ) pada tegangan berfrekuensi dengan periode frekuensi yang tetap atau sama. Siklus kerja ini didapatkan dari perbandingan antara lamanya tegangan pada nilai maksimum ( $T_{on}$ ) dengan lamanya tegangan pada nilai minimum atau nol ( $T_{off}$ ) dan biasa disebut *duty cycle* ( $D$ ). Untuk menentukan besarnya *duty cycle* digunakan persamaan 2.

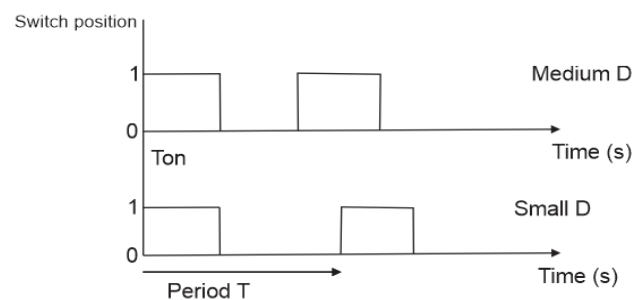
$$duty\ cycle(D) = \frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}} = \frac{T_{on}}{T} = T_{on} \cdot F \quad (2)$$



Gambar 5. Pulse Width Modulation (PWM)

### Pulse Frequency Modulation (PFM)

Merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan menjaga  $T_{on}$  tetap konstan dan periode switching ( $T$ ) dibuat variable terlihat seperti pada Gambar 6. Kelemahan menggunakan metode ini salah satunya adalah sulitnya untuk mendesain LC filter yang tepat.[4].



Gambar 6. Pulse Frequency Modulation (PFM)

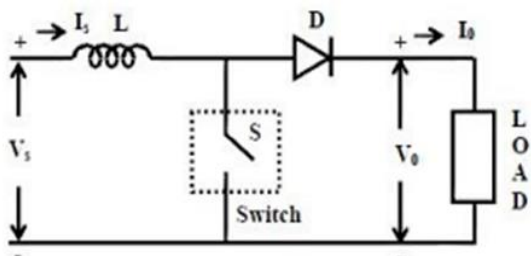
### Boost Converter

*Boost-converter* adalah konverter penaik tegangan DC ke level yang lebih tinggi. Ia merupakan bentuk *power-supply* yang diperlukan ketika tegangan yang dibutuhkan oleh suatu perangkat atau rangkaian elektronik lebih tinggi dari tegangan suplai yang

tersedia. Sebagaimana *buck-converter*, *boost-converter* juga menerapkan sistem SMPS, maka ia adalah bagian dari jenis *power-supply* SMPS juga.

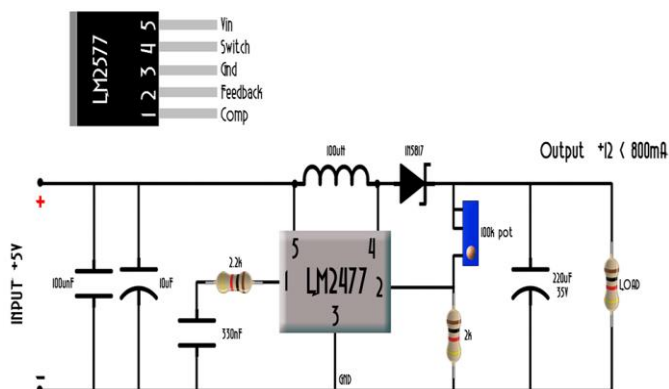
*Boost converter (step-up converter)* adalah konverter daya DC-to-DC yang meningkatkan tegangan (saat mengundurkan arus) dari input (pasokan) ke output (beban). Ini adalah kelas catu daya sakelar-mode (SMPS) yang mengandung setidaknya dua semikonduktor (dioda dan transistor) dan setidaknya satu elemen penyimpanan energi: kapasitor, induktor, atau keduanya dalam kombinasi. Untuk mengurangi riak tegangan, filter yang terbuat dari kapasitor (kadang-kadang dikombinasikan dengan induktor) biasanya ditambahkan ke output konverter (filter sisi beban) dan input (filter sisi pasokan).[5][6].

Dalam hal ini akan dibahas prinsip kerja *boost converter* DC ke DC. Rangkaian dasar *boost converter* ini hanya menggunakan satu dioda, induktor dan kapasitor. Switch akan menjadi transistor MOSFET dan untuk membuat sinyal PWM akan menggunakan IC LM 2577. Pada rangkaian *boost converter* pada gambar dibawah berikut dapat dilihat sakelar, induktor, dan kapasitor dan tentu beban ke output. [7][8].



Gambar 7. Rangkaian dasar *boost converter*

Untuk mendapatkan bahwa output tergantung pada siklus tugas yang tidak proporsional. Jadi semakin besar *duty cycle*, semakin tinggi outputnya. Siklus tugas PWM dapat memiliki nilai antara 0 dan 1. Jadi, satu-satunya output yang mungkin akan sama atau lebih tinggi dari input. Itu sebabnya konfigurasi ini disebut *step up converter*. Dengan komponen *Boost converter* sirkuit LM2577-ADJ, memiliki rangkaian umpan balik yang tetap sama dalam beban yang berbeda. [9][10].



Gambar 8. Rangkaian *boost converter* sirkuit LM2577

Input bisa hingga 12 volt. Jangan berikan tegangan yang lebih tinggi yang dapat membakar komponen LM2577-ADJ. Dalam hal ini tidak memerlukan saklar eksternal karena LM2577-ADJ sudah memilikinya di dalamnya. Dengan pin umpan balik yang terhubung ke pembagi tegangan output, LM2577-ADJ akan mengubah lebar pulsa tergantung dari output agar tetap konstan. Dalam hal ini gunakan diode Schottky Barrier Rectifier karena memiliki tegangan maju rendah. Dioda ini akan menghidupkan arus saat sakelar terbuka.

Untuk menentukan tegangan keluaran dari *boost converter* dengan menggunakan persamaan 3 dan 4.

$$V_{out} V_{in} \left( 1 + \frac{t_{on}}{t_{off}} \right) \quad (3)$$

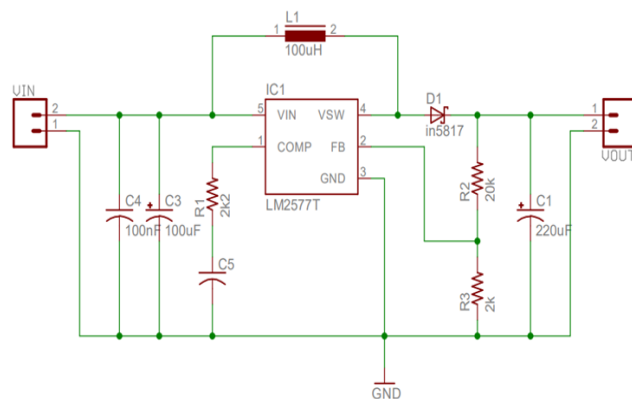
$$V_{out} \frac{V_{in}}{1 - D} \quad (4)$$

Pengujian tegangan pada *Boost converter* yang dilakukan penulis menggunakan komponen utama IC LM2577 dengan osilator 52Hz sebagai frekuensi pensaklaran. *Boost converter*, bertujuan untuk mendapatkan *output* dc terkontrol dari input dc yang tidak diatur dengan menyesuaikan *duty cycle*. *Boost converter* terhubung dengan generator dc dan beban Accu 12V. Siklus konverter yang didapat sesuai dengan persamaan (5).

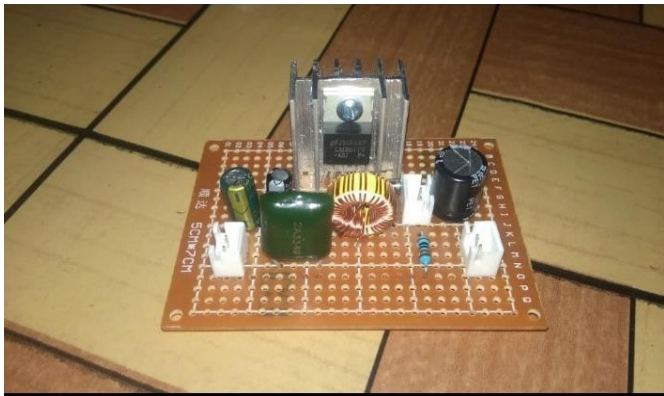
$$duty\ cycle\ D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} \quad (5)$$

### Perancangan Alat

Pada Sistem Pengujian tegangan boost converter pada pembangkit listrik tenaga air (PLTH) *picohydro*, dibutuhkan beberapa sistem rangkaian diantaranya generator dc magnet permanen, accu, inverter dan beban. Serta rangkaian PLTH dan rangkaian *boost converter*. Berikut adalah gambar tata letak komponen dan layout atau jalur pengawatan yang dibuat menggunakan eagle:



Gambar 9. Rangkaian *boost converter* pada eagle.



Gambar 10. Proses perakitan 3

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil Pengujian tegangan pada *boost converter* dilakukan setelah semua sistem sudah terhubung, pengujian memiliki tujuan yaitu: Mengetahui referensi atau mencari nilai batas yang harus diberikan pada *boost converter*. Mengetahui kesalahan-kesalahan atau kekurangan yang ada pada sistem dan diharapkan segera di perbaiki. Mengetahui apakah rangkaian yang dibuat dapat menampilkan nilai output sesuai yang diharapkan. Adapun pengujian peralatan seperti diperlihatkan pada gambar 11. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) *pico hydro*



Gambar 11. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) *pico hydro*

*Boost converter* digunakan untuk mengubah tegangan DC (V) menjadi keluaran tegangan DC yang lebih besar. Didalam rangkaian ini sebagai saklar pengalihan digunakan komponen IC LM2577 dimana sinyal PWM sebagai pengendalinya. Jika sakelar ON induktor mendapatkan daya dari *generator dc*. Selain itu dioda sebagai *reverse bias* melepaskan output dari generator PV dan tujuan dipasangnya kapasitor untuk menyimpan arus yang dihasilkan ke beban. Meskipun demikian jika sakelar OFF maka induktor dalam keadaan *discharge* dan dioda yang terhubung pada *output* generator PV dalam keadaan *forward bias*. Tegangan PV dan tegangan pada induktor (dalam keadaan *discharge*) berkontribusi bersama dalam nilai tegangan output yang dihasilkan. Oleh karena itu tegangan keluaran lebih besar dari pada tegangan masukan yang diberikan.

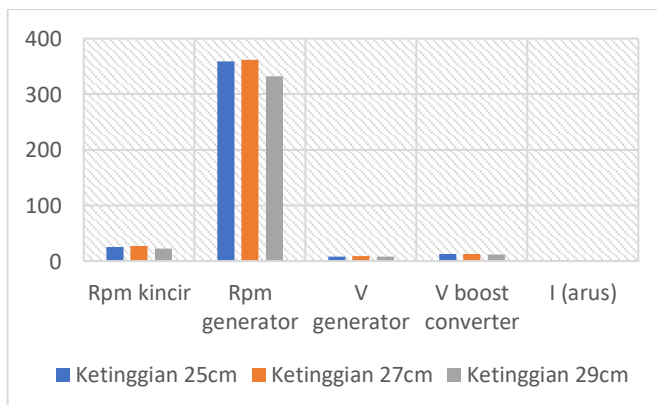
**Pengujian dan analisis data**

Dari hasil pengukuran di lapangan penelitian yang sudah dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian sekaligus pengambilan data rangkaian *boost converter* pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) *pico hydro*. Ditunjukkan pada table 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian

No	Ketinggian Air pada Kincir (m)	Putaran Kincir (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan Generator (volt)	Tegangan Boost converter (volt)	Arus ampere
1	10 cm	23 rpm	362 rpm	8.7 V	12,4 V	0.09 A
2	20 cm	29 rpm	464 rpm	8.8 V	12,4 V	0.09 A
3	30 cm	43 rpm	685 rpm	11.37 V	13,4 V	0.09 A

Dari gambar 12. Grafik pengujian tegangan pada *boos conventer* dan generator DC dapat disimpulkan bahwa tiga perbedaan pengujian ketinggian air (H), tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada hasil maka dapat disimpulkan pengujian *single* kincir ini bekerja dengan baik.



Gambar 12. Grafik Pengujian tegangan pada *boos Conventer* dan generator DC

**Analisis Perhitungan Daya (Watt)**

- Ketinggian 0,25 m, Tegangan (V) = 13 volt, Arus (I) = 0,86 ampere  
 $P = V \times I = 13 \times 0,86 = 11,18 \text{ watt}$
- Ketinggian 0,27 m, Tegangan (V) = 13 volt, Arus (I) = 0,87 ampere  
 $P = V \times I = 13 \times 0,87 = 11,31 \text{ watt}$
- Ketinggian 0,29 m, Tegangan (V) = 12 volt, Arus (I) = 0,81 ampere  
 $P = V \times I = 12 \times 0,81 = 9,72 \text{ watt}$

**Analisis Lama Pengisian Baterai**

Daya Baterai (Wh)

$V = 12 \text{ V}, A = 5 \text{ Ah}, Wh = V \times A = 12 \times 5 = 60 \text{ Wh}$

- Ketinggian 0,25 m  
 Daya Generator (Wh) menggunakan *boost converter*  
 $V = 13 \text{ V}, A = 0,86 \text{ A}$   
 $Wh = V \times A = 13 \times 0,86 = 11,18 \text{ Wh}$   
 Lama pengisian =  $\frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Generator}}$   
 $= \frac{60}{11,18}$

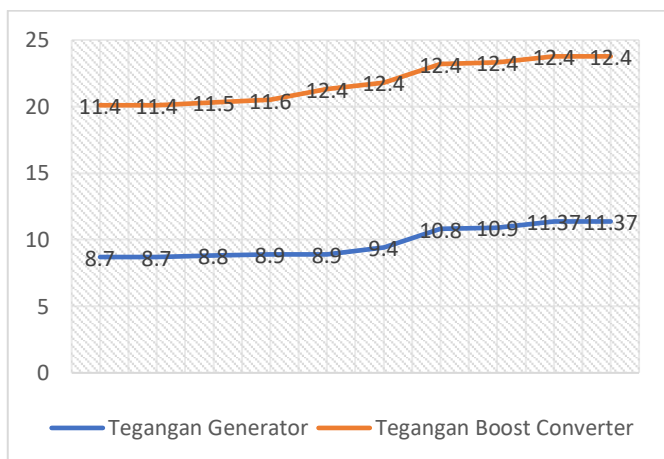
= 5,3 jam

- Ketinggian 0,27 m  
 Daya Generator (Wh) menggunakan *boost converter*  
 $V = 13 \text{ V}, A = 0,87 \text{ A}$   
 $Wh = V \times A = 13 \times 0,87 = 11,31 \text{ Wh}$   
 Lama pengisian =  $\frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Generator}}$   
 $= \frac{60}{11,31}$   
 = 5,3 jam

- Ketinggian 0,29 m  
 Daya Generator (Wh) menggunakan *boost converter*  
 $V = 12 \text{ V}, A = 0,81 \text{ A}$   
 $Wh = V \times A = 12 \times 0,81 = 9,72 \text{ Wh}$   
 Lama pengisian =  $\frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Generator}}$   
 $= \frac{60}{9,72}$   
 = 6,1 jam

Tabel 2. Pengambilan data hasil pengukuran di lapangan  
 Pengukuran Ketinggian level air (30 cm)

No	Kec. Debit $m^2/s$	Putaran Kincir (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan Generator (Volt)	Arus Generator (A)	Tegangan Boost Converter (Volt)	Beban (Watt)	Arus Beban (A)
1	0,571	38	608	8,7	0,78	11,4	45	0,28
2	0,571	38	610	8,7	0,78	11,4	40	0,20
3	0,571	38	611	8,8	0,79	11,5	35	0,22
4	0,571	38	612	8,9	0,81	11,6	30	0,21
5	0,571	38	614	8,9	0,82	12,4	25	0,11
6	0,571	38	614	9,4	0,84	12,4	20	0,18
7	0,571	39	624	10,8	0,86	12,4	15	0,09
8	0,571	39	626	10,9	0,87	12,8	10	0,19
9	0,571	43	685	11,37	0,89	13,4	5	0,09
10	0,571	43	685	11,37	0,89	13,4	0	0



Gambar 13. Grafik Perbandingan Tegangan Generator dengan Boost Konverter

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dari pengujian tegangan dan pengambilan data dilapangan dapat disimpulkan

tentang pengujian *boost converter* pada PLTH sebagai berikut.

1. Hasil pengujian tegangan *boost converter*, pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pico Hydro dapat menghasilkan tegangan sebesar 13 volt dari output Generator DC sebesar 8,39 volt.
2. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *boost converter* sebesar 12,4-13,4 volt, dapat stabil walaupun tegangan keluaran dari generator berubah-ubah.
3. Dengan penambahan alat *boost converter* pada PLTH *pico hydro*, dapat membantu pengisian baterai/accu untuk mengisi tegangan yang dibutuhkan baterai yaitu 12 volt, dari *boost converter* 13,4 volt lama waktu pengisian accu 5,3 jam.
4. *Boost converter* dapat sedikit membantu kinerja tegangan generator yang digunakan, karena pada sungai (tempat pengujian) arus debit air menghasilkan 362rpm pada ketinggian 10cm dengan

output generator 8,7 volt, 464rpm pada ketinggian 20cm dengan output 8,8 volt dan 685rpm pada ketinggian 30cm dengan output generator 11,37volt naik menjadi 13,4 volt pada *boost converter*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. J. Dudrik, M. Pastor, M. Lacko, R. Zatkovic, "Zero-Voltage and Zero-Current Switching PWM DC-DC Converter Using Controlled Secondary Rectifier with One Active Switch and Nondissipative Turn-Off Snubber", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 33, No. 7, pp. 6012-6023, 2018.
- [2]. Saodah S, Sri Utami S., 2018., "Perancangan Inverter Menggunakan Buck Boost Converter Dua Level" Prosiding Seminar Nasional Vokasi Indonesia, Vol 1, e.ISSN 2654-6493, pp.55-59.
- [3]. Fahmi Umarella, "Analisa Induktor Toroid Binokuler Pada Rangkaian Boost Converter", Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia Depok, Hal.1, 2014
- [4]. Hendi Matalata, Leily W Johar, 2018, Analisa Buck Converter Dan Boost Converter Pada Perubahan Duty Cycle Pwm Dengan Membandingkan Frekuensi Pwm 1,7 Khz Dan 3,3Khz, Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi Vol.18, No.1
- [5]. Venny Y., 2018" Perancangan Boost Converter Sebagai Penguat Umpan Balik Charger Control Baterai Pada Panel Surya" Jurnal Civronlit Universitas Batanghari Vol.3 No.2, pp.98-103, Oktober 2018.
- [6]. Venkateswara Rao, Ch., S.S.Tulasiram, B.Brahmaiah, 2015, "Digital Controlled High Power Synchronous Boost Converter Based MPPT Charge Controller For SPV System", International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJJET), Vol. 5 No. 1, pp. 104-110, April 2015.
- [7]. T.Nageswara Rao., V.C. Veera Reddy, (2012)"A Novel Efficient Soft Switched Two Ports DC-DC Boost Converter With Open Loop And Closed Loop Control". Indian Journal of Computer Science and Engineering, Volume: 3 Issue: 3 PP: 394-400
- [8]. Vikas Shrivastava, Seema Deshmukh "Analysis and Study Between Two Soft Switching Techniques Used in Boost Converter Implementation" International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Mechanical, Computing (EECCME)-2018, IEEE Madras.
- [9]. M.Z. Hossain, N.A. Rahim, J. Selvaraj, "Recent Progress and Development on Power DC-DC Converter Topology, Control, Design and Applications: A Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 81, pp. 205-230, 2018.
- [10]. K.I. Wu, B.T. Hwang, C.C.P. Chen, "Synchronous Double-Pumping Technique for Integrated Current-Mode PWM DC-DC Converters Demand on Fast-Transient Response", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 32, No. 1, pp. 849-865, 2017.
- [11]. C. Liu, J. Kan, Y. Zhi, W. Li, J. Sun, G. Cai, J. Wang, Reliable transformerless battery energy storage systems based on cascade dual-boost/buck converters, IET Power Electronics, Vol. 8, Iss. 9, pp. 1681-1689, 2015.
- [12]. Syafriyudin, 2018, *Early Analysis Of Jumping Water Effect On Breastshot Waterwheel For Microhydro Power Plant*, Journal of Physics: Conf. Series 953; 012039.