

## PENSTABIL TEGANGAN KELUARAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU BERBASIS ARDUINO UNO

Achmad Mudawari, Ali Mashar, Ahmad Deni Mulyadi, Teguh Pratama Karia  
Jurusan Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Jawa Barat 40012 Telp. (022) 2013789  
achmad.mudawari@polban.ac.id

### ABSTRAK

*Pembangkit listrik tenaga Bayu (PLTB) merupakan salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang menjadi pilihan dalam program transisi energi nasional Indonesia menuju net-zero emission pada tahun 2060 (Paris Agreement 2015). Pembangkit ini untuk mendapatkan energi listriknya dilakukan dengan cara mengkonversi energi angin menjadi energi listrik. Pada proses konversi ini banyak menggunakan generator magnet permanen sehingga tegangan keluaran bervariasi sebanding dengan kecepatan angin yang berubah-ubah sehingga tidak sesuai dengan kebutuhan beban yang menghendaki tegangan konstan. Paper ini menyajikan stabilisasi tegangan tersebut dengan memanfaatkan teknologi konverter topologi Buck Boost Converter dengan kontrol berbasis Arduino Uno. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan power supply variable, converter berfungsi dengan baik, yaitu mampu menghasilkan tegangan keluaran DC konstan sebesar 12 V DC sesuai setting yang telah ditentukan walaupun diberikan tegangan masukan yang berubah-ubah sebagaimana yang terjadi pada PLTB. Ini menunjukkan bahwa konverter yang diusulkan ini cocok untuk dipasang pada keluaran PLTB untuk mendapatkan tegangan keluaran yang konstan.*

**Kata Kunci:** Energi terbarukan, transisi energi, generator magnet permanen, buck boost Converter

### PENDAHULUAN

Menuju net-zero emission pada tahun 2060 sebagaimana yang telah diprogramkan Pemerintah sesuai Kesepakatan Paris (Paris Agreement) tahun 2015. Energi baru terbarukan (EBT) menjadi pilihan dalam transisi energi nasional untuk menggantikan pembangkit-pembangkit khususnya yang berbasis batubara. Salah satu yang menjadi pilihan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). PLTB merupakan pembangkit Energi baru terbarukan dengan memanfaatkan

energi kinetik angin untuk memutar baling-baling turbin yang dikopel dengan generator untuk menghasilkan energi listrik. Generator yang digunakan pada pembangkit ini adalah generator magnet permanen. Generator magnet permanen dipilih salah satunya adalah kemudahannya untuk mendapatkan frekuensi mendekati normal (50 Hz), khususnya yang bekerja secara On-Grid.

Jika generator tersebut merupakan generator magnet permanen, maka tegangan keluaran

akan berubah-ubah sebanding dengan kecepatan putar turbin angin.

Tegangan keluaran generator dapat diubah menjadi lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukan dengan menggunakan buck Boost converter [6,8,9]

Demikian pula dengan daya yang dibangkitkan akan sebanding dengan kerapatan dan kecepatan angin, serta luas sapuan turbin angin [11].

Dari sifat-sifat pembangkitannya tersebut PLTB masuk dalam kategori pembangkit yang intermittent. Karena keintermitenannya inilah PLTB membutuhkan perangkat interface agar dayanya dapat digunakan untuk memasok beban, baik itu yang terkait dengan daya maupun tegangannya.

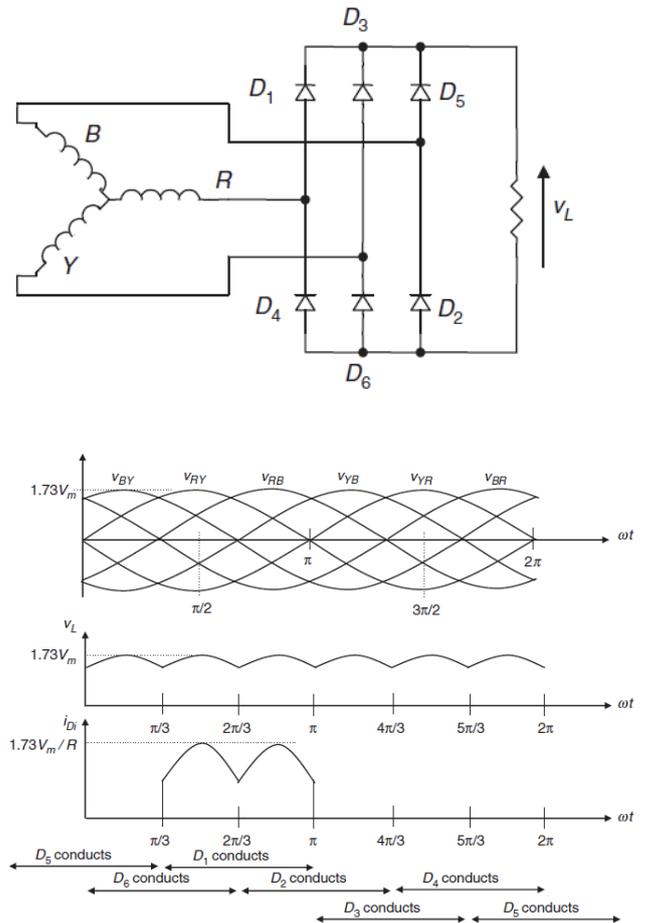
Tegangan keluaran generator yang bervariasi dapat diatur dengan menggunakan penyearah dan boost converter untuk mendapatkan tegangan keluaran yang konstan [5,10].

Paper ini mengusulkan sebuah metoda penstabil tegangan dengan menggunakan penyearah, buck boost converter serta kontrol yang berbasis arduino uno.

### PENYEARAH

Penyearah merupakan bagian dari rangkaian catu daya (*power supply*) yang berfungsi sebagai pengubah sumber tegangan AC menjadi tegangan DC.

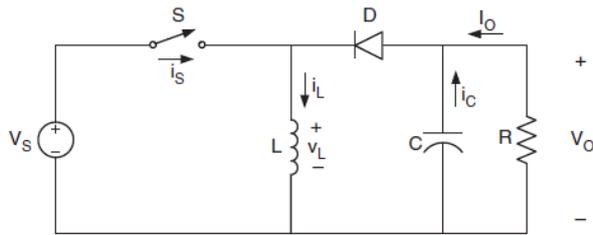
Gambar 1 menggambarkan rangkaian penyearah tiga-fasa gelombang penuh dengan menggunakan diode.



Gambar 1. Rangkaian penyearah tiga-fasa gelombang penuh

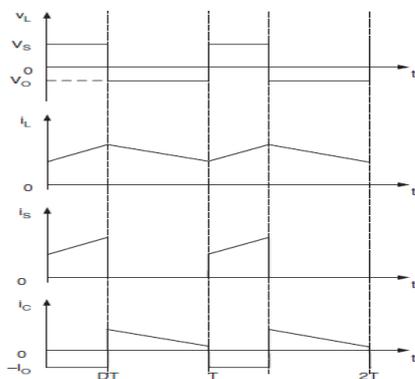
### KONVERTER DC- DC ( DC Chopper )

Konverter DC-DC atau *DC Chopper* berfungsi untuk mengubah sumber tegangan DC tetap dan atau berubah menjadi tegangan keluaran yang tetap dan atau juga berubah dengan cara mengatur *duty cycle* (faktor kerja).



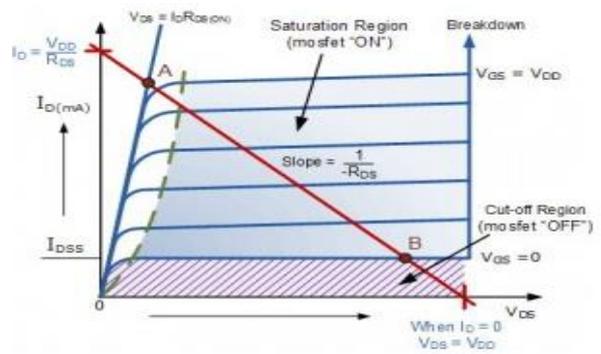
Gambar 2. Rangkaian Buck-boost konverter  
Untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil atau lebih besar dari tegangan masukan bisa digunakan DC Chopper dengan topologi Buck-boost converter seperti terlihat pada Gambar 2.

Prinsip kerja dari *Buck-boost* dibagi menjadi dua mode. Mode pertama pada saat saklar keadaan ON, arus input akan mengalir ke induktor (L) dan arus induktor akan naik sehingga terjadi pengisian energi dan karena diode (Dm) dalam keadaan bias mundur, arus tidak akan mengalir ke beban. Mode kedua pada saat saklar dalam keadaan OFF. Energi yang tersimpan pada induktor (L) akan dibuang dan mengalir ke kapasitor (C) serta beban, dan mengalir lagi ke diode (Dm). Demikian seterusnya hingga saklar dalam mode ON dan arus mengalir ke beban secara kontinyu.



Gambar 3. Gelombang tegangan keluaran buck-boost converter

Pada topologi ini komponen yang digunakan untuk pensaklaran *Buck-boost* adalah MOSFET. Agar MOSFET berfungsi sebagai saklar maka MOSFET dioperasikan pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF).

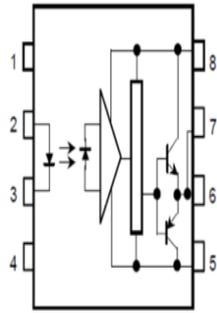


Gambar 4. Kurva karakteristik MOSFET

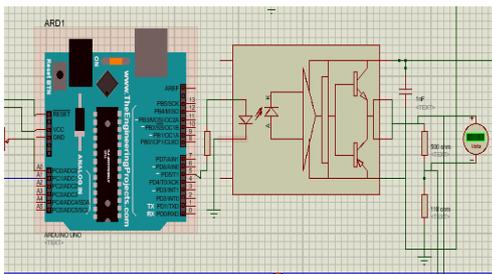
### Driver

MOSFET merupakan komponen elektronik yang bekerja bedasar pulsa berupa tegangan degan besaran +/- 20 volt, sedangkan output digital Arduino adalah 5 volt dan oleh karena itu, diperlukan penguat sinyal untuk mengendalikan *gate* MOSFET. Adapun ilustrasi rangkaian driver ini disajikan pada gambar 6 dan gambar 7

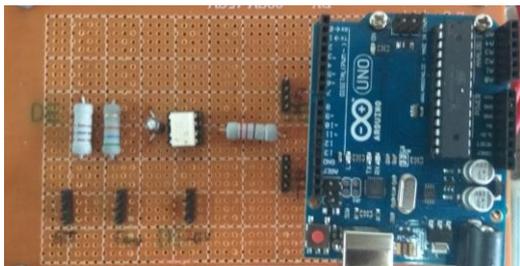
Optocoupler TLP250 digunakan sebagai pemisah sinyal keluaran Arduino dengan rangkaian penguat dan sekaligus sebagai proteksi terhadap arduino.



Gambar 5. Skematik TLP250

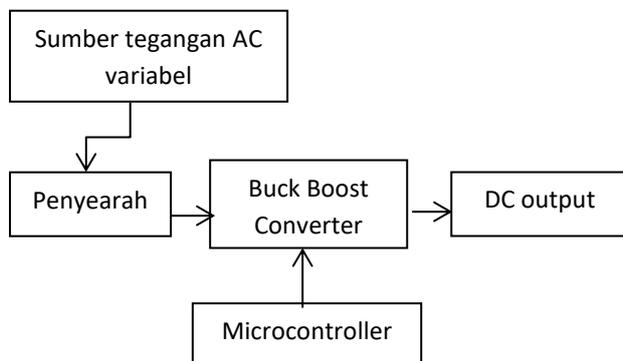


Gambar 6. Rangkaian *driver*



Gambar 7. Ilustrasi visual *driver (hardware)*

**BLOK DIAGRAM**



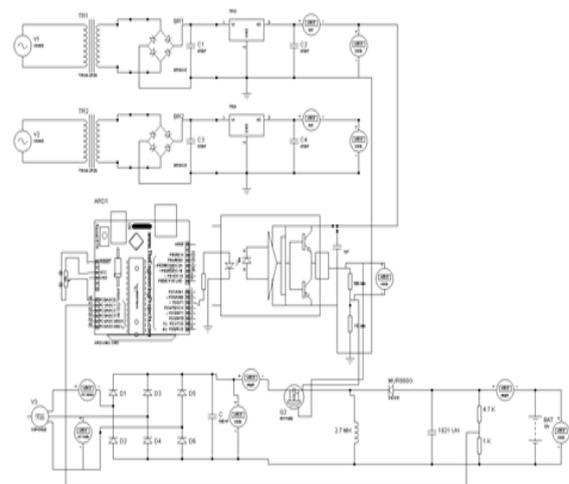
Gambar 7. Diagram Blok sistem

Gambar 7 menggambarkan blok diagram proses konversi serta kontrol tegangan keluaran.

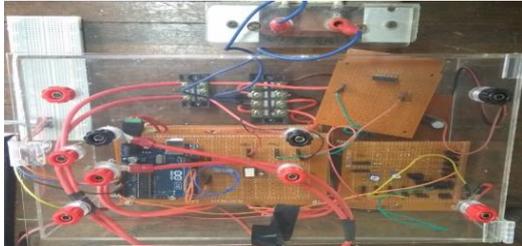
Autotrafo digunakan sebagai pengganti sumber tegangan keluaran PLT Bayu yang bervariasi akibat dari kecepatan angin yang berubah-ubah. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pembangkit pulsa PWM adalah arduino uno.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban resistor. Adapun sumber tegangan AC Variabel diperoleh dari sebuah autotrafo yang disearahkan dan menjadi masukan bagi DC Chopper.

Gambar 8 merupakan gambar rangkaian sistem, sedangkan Gambar 9 memberikan ilustrasi visual rangkaian pengujian yang dilakukan di laboratorium.



Gambar 8. Rangkaian Sistem



Gambar 9. Gambar rangkaian pengujian

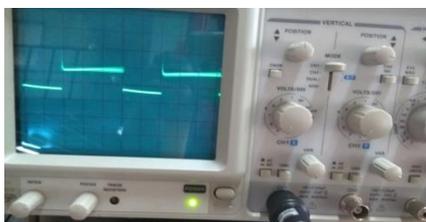
### PENGUJIAN DAN ANALISIS



Gambar 10. Gelombang masukan & keluaran  
Penyearah



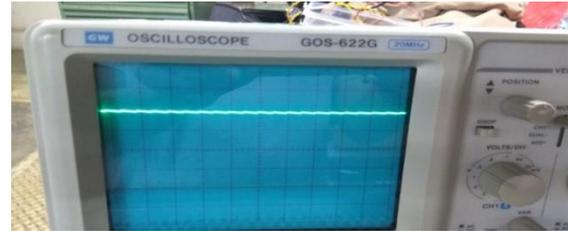
(a)



(b)

Gambar 11. Gambar gelombang keluaran  
driver

(a) dutycycle 5 % (b) dutycycle 76,99 %



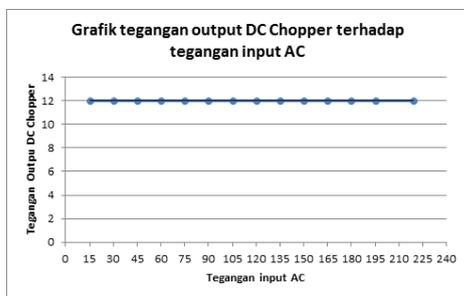
Gambar 12. Gelombang keluaran buck Boost  
Converter 12 volt pada beban

Gambar 10 sampai 12 menyajikan ilustrasi visual hasil pengujian yang berupa tegangan input AC, tegangan keluaran penyearah, tegangan pada Mosfet dan tegangan output pada beban.

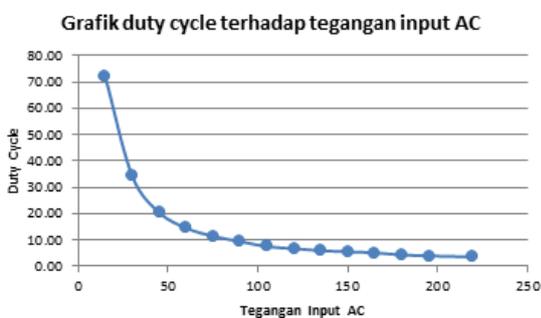
Dapat dilihat pada Table 1 bahwa pengujian dilakukan dengan tegangan sumber bervariasi antara 15 V sampai dengan 219 V AC dan tegangan keluaran tetap konstan sebesar 12 V DC sesuai setting yang ditentukan. Efisiensi juga bervariasi antara 7,28% sampai 31,9%. Perlu diketahui pula bahwa set point 12 V ini bisa di ubah sesuai kebutuhan.

Vac (V)	Iac (A)	Cos phi	Vdc (volt)	Idc (A)	Vout (volt)	Iout (A)	Duty Cycle (%)	Efisiensi sistem (%)	Efisiensi Penyearah (%)	Efisiensi DC Konverter (%)
15	0,76	0,99	9	0,816	12	0,3	71,76	31,90	65,07	49,02
30	0,48	0,99	21	0,28	12	0,35	34,12	29,46	41,25	71,43
45	0,4	0,99	33	0,176	12	0,35	20,39	23,57	32,59	72,31
60	0,36	0,99	45	0,128	12	0,35	14,51	19,64	26,94	72,92
75	0,32	0,99	60	0,104	12	0,35	11,37	17,68	26,26	67,31
90	0,316	0,99	75	0,088	12	0,35	9,41	14,92	23,44	63,64
105	0,306	0,99	90	0,08	12	0,35	7,45	13,20	22,64	58,33
120	0,298	0,99	108	0,072	12	0,35	6,67	11,86	21,96	54,01
135	0,294	0,99	123	0,064	12	0,35	5,88	10,69	20,03	53,35
150	0,288	0,99	147	0,0608	12	0,35	5,49	9,82	20,90	46,99
165	0,284	0,99	162	0,056	12	0,35	5,1	9,05	19,56	46,3
180	0,276	0,99	180	0,0552	12	0,35	4,31	8,54	20,20	42,27
195	0,27	0,99	201	0,052	12	0,35	3,92	8,06	20,05	40,18
219	0,266	0,99	240	0,048	12	0,35	3,53	7,28	19,98	36,46

Tabel 1. Data pengujian sistem



Gambar 13. Grafik hubungan tegangan output DC Copper terhadap tegangan input AC



Gambar 14. Grafik hubungan duty cycle terhadap tegangan input AC

Gambar 13 menyajikan grafik hubungan antara tegangan input yang variable dan output yang konstan sebesar 12 V. Sedangkan Gambar 14 menggambarkan hubungan antara tegangan input dan dutycycle. Dari grafik dapat dilihat semakin besar tegangan input AC, maka semakin kecil *Duty Cycle*.

### EFISIENSI

Perhitungan efisiensi dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{inDC} \times I_{inDC}} \times 100\%$$

buck-boost converter

Data ke-1

$$\eta (\%) = \frac{12 \times 0,3}{9 \times 0,816} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = 49,02 \%$$

### Sistem

Data ke-1

Vac = 15 volt, Iac = 0,76 ampere, Cos phi = 0,99, Vdc = 12 volt Idc = 0,3 ampere

$$\eta (\%) = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{inAC} \times I_{inAC} \times \text{Cos phi}} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = \frac{12 \times 0,3}{15 \times 0,76} \times 100\%$$

$$\eta (\%) = 31,90 \%$$

Data perhitungan selengkapnya disajikan pada Table 1.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konverter topologi buck-boost yang diusulkan dapat berfungsi sebagai penstabil tegangan keluaran dengan tegangan masukan yang berubah-ubah.
2. Konverter mampu mempertahankan tegangan keluaran konstan 12 V sesuai setting yang ditentukan selaras dengan perubahan duty cycle.
3. Efisiensi sistem berkisar antara 7,28 sampai dengan 31,90 % proporsional dengan duty cycle-nya (3,53-71,76 %).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad Mudawari, Ali Mashar, Ahmad Deni Mulyadi, Arif Sumaryanto, Djafar Sodiq, Konverter DC-DC penurun tegangan dua fasa, jurnal Teknik Energi, Vol. 11 no. 2 November 2021, ISSN 2089-2527
- [2] Achmad Mudawari, Boost Chopper dua fasa dengan filter LC keluaran, Jurnal Teknik Energi, Vol.2No.2 Oktober 2014 ISSN 2089-2527
- [3] H. Rashid, Muhammad. 2011. "Power Electronics Handbook". Third Edition.
- [4] M. Hidayat, Suryo. 2010. "Rancang Bangun Buck Boost Konverter". Fakultas Teknik Program Studi Elektro. Depok.
- [5] Mr. Kiran K.Desai, Mr.Rohan V. Gavali, Mr. Shubham D Kanase, Mr.Sumit S.Karande, Mr. N.M. Jamadar, Aplication of Buck Boost Converter for Wind Energy Control, IJRST-International Journal for Inovatif Research in Science & Technology Volume 3 Issue 10 March 2017, ISSN(on line):2349-6010
- [6] N. Prakash, D.Ranithottunggal and M.Sundaram, An Effective Wind Energy System base on Buck-Boost Controller, Researt Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 6(5): 825-834-2013, ISSN: 2040-7467
- [7] Roger, Everett. (2002). Understanding Buck-Boost Power Stages In Switch Mode Power Supplies. Texas Instrument.
- [8] Shafait Ahmed, Khandakar Abdulla Al Mamun, Abhishek Barua, jewel Sikder Joy, Rocky Chakma, Design and Implementation of Controller Based Buck Boost Converter for Small Wind Turbine, IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE) e ISSN: 2278-1676, p ISSN: 2320-333, Volume 10, Issue 6 Ver. I (Nov-Dec.2015), PP 44-50 [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
- [9] Shweta D Chandan, V.Chayapathy, Buck Boost Converter for small Wind Turbine, IJLTMAS, Volume III, Issue VI, June 2014, ISSN: 2278-2540
- [10] S.Jiau,D.Paterson and S.Camilleri, Boost Converter Design For 20 KW Wind Turbine Generator, NT Center for Energi Research, Northem Territory University. Darwin NT0909
- [11] T.Porselvi, Design of Buck-boost Converter for Wind Energi Conversion System, European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X.Vol.83 No. 3(2012) pp. 397-407.