

PERANCANGAN SISTEM KONTROL PADA PLTB BERBASIS PMSG SKALA MIKRO

¹Adrianto Adhi Setyo Nugroho ²Awan Uji Krismanto ³Ni Putu Agustini
Teknik Elektro S1 Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia
¹adrianto.adhi33@gmail.com, ²awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id,
³ni_putu_agustini@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan angin untuk dapat menghasilkan listrik. Tegangan keluaran pada PLTB sangat bergantung kepada keadaan angin sehingga seringkali menghasilkan tegangan yang fluktuatif. Penelitian ini ialah untuk dapat menstabilkan tegangan keluaran dari PLTB agar dapat menghasilkan tegangan output stabil di level 13V DC agar dapat disimpan ke baterai. Dari penelitian yang dilakukan, Rangkaian rectifier dapat bekerja dengan baik mengubah tegangan AC dari generator ke DC dan buck-boost converter yang dirancang dapat bekerja menghasilkan output yang stabil di rentang 13V. Pengujian buck-boost converter dengan generator sebagai sumber tegangan mampu menaikkan dan menurunkan tegangan, tegangan terendah yang dapat di proses oleh buck-boost converter adalah 7V, dan tegangan tertinggi yang dapat diproses adalah 45V

Kata kunci—Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Mikrokontroler, buck-boost converter.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan dalam keseluruhan kegiatan manusia [1]. Penggunaan energi listrik saat ini terus meningkat yang mengakibatkan krisis listrik di Indonesia semakin bertambah. Saat ini sebagian besar energi yang digunakan rakyat Indonesia berasal dari bahan bakar fosil. Sedangkan penggunaan energi terbarukan masih sangat minim dilakukan salah satunya adalah energi angin. Indonesia memiliki

potensi energi angin yang dapat menghasilkan listrik hingga 60 GW yang dikaji di 34 provinsi [2].

Konversi energi angin menjadi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan turbin angin. Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Untuk pembangkit listrik tenaga angin berskala kecil dengan daya 20 W-500 W, umumnya membutuhkan kecepatan angin minimal 4,0-4,5 m/s [3]. Penelitian tentang perancangan sistem kontrol pengisian baterai untuk PLTB skala mikro di PT. Lentera Bumi Nusantara sudah pernah dilakukan (M. R. Robiansyah. 2017). Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa perancangan kontroler untuk turbin angin masing masing \subsystem mampu bekerja sesuai dengan perancangan. Besar arus keluaran kontroler sangat bergantung pada besar tegangan keluaran kontroler, serta mampu beroperasi hingga tegangan masukan 100V AC tiga fasa

Dengan berbagai latar belakang permasalahan di atas, peneliti hendak membuat sistem kontrol yang dapat menstabilkan tegangan keluaran dari generator AC 3 fasa sebelum disimpan ke baterai.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem kontrol yang dapat mengkonversikan tegangan keluaran dari generator AC 3 fasa menjadi DC, dan distabilkan melalui Buck-Boost converter dan disimpan ke baterai

Berdasarkan paparan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem kontrol untuk PLTB skala mikro?

2. Bagaimana cara menyesuaikan tegangan keluaran dari generator AC tiga fasa yang fluktuatif dengan tegangan kerja baterai DC?

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Turbin Angin

Prinsip kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar dari kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik [5]. Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin yaitu :

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3 \quad (1)$$

dengan ρ adalah kerapatan angin pada waktu tertentu dan v adalah kecepatan angin pada waktu tertentu. Umumnya daya efektif yang dapat diambil oleh turbin angin hanya sebesar 20%-30% dari daya estimasi diatas.

B. Rectifier 3 fasa

Rectifier atau AC to DC Converter berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Komponen utama yang digunakan pada rectifier yaitu dioda. Jenis rectifier yang digunakan yaitu three phase bridge rectifier [6]. Dalam mendesain rectifier melibatkan penentuan rating dioda. Rating dioda biasanya ditentukan dalam arus rata-rata, arus rms, arus puncak dan tegangan balik puncak

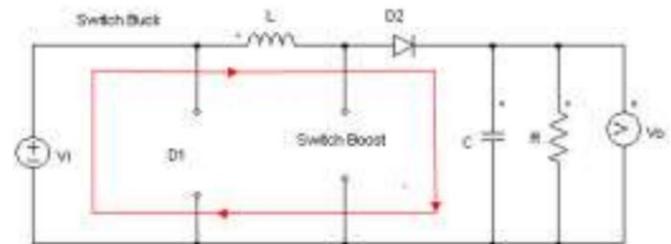
C. Non-Inverting Buck Boost Converter

Buck-boost converter berfungsi untuk mengubah level tegangan dc, baik ke level yang lebih rendah maupun yang lebih tinggi. Rangkaian non-inverting buck-boost converter (NIBB) menggunakan dua buah switch yaitu mode buck dan mode boost yang merupakan kombinasi dari Buck Converter dan Boost Converter

Rangkaian NIBB mempunyai tiga mode pengoperasian, yakni mode buck, boost dan buck-boost. Ketika tegangan input dibawah tegangan yang diatur, maka rangkaian akan menjadi mode boost. ketika tegangan input diatas tegangan yang di atur, maka rangkaian akan menjadi mode buck. Ketika tegangan input stabil mendekati tegangan yang di atur, maka akan bekerja pada mode buck-boost. [12]

1. Mode Buck

Pada mode buck, switch buck akan mendapat sinyal switching dari pwm1, sedangkan switch boost akan mendapat sinyal switching dari pwm2 dengan nilai duty-cycle (D)=0, sehingga switch boost akan dikontrol selalu OFF (open). Sedangkan tegangan ouput dikontrol oleh switch buck



Gambar 1. Mode *Buck switch* tertutup

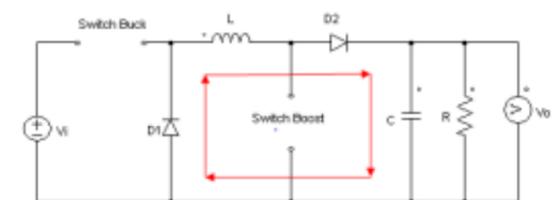
ketika switch buck pada kondisi ON (close) sedangkan dioda 1 bekerja reverse-bias dan dioda 2 bekerja forward-bias, maka arus akan mengisi induktor sekaligus menyuplai beban

$$-V_i + VL + V_o = 0$$

$$VL = V_i - V_o$$

$$VL = L \frac{di}{dt}$$

$$V_i = L \frac{\Delta i}{t_{on}} + V_o \quad (2)$$



Gambar 2. Mode *Buck switch* terbuka

ketika switch buck OFF (open), dioda 1 dan dioda 2 bekerja forward-bias, maka arus yang tersimpan di induktor akan menyuplai beban (discharging).

$$V_o = -VL$$

$$V_o = -L \frac{di}{t_{off}} \quad (3)$$

Maka nilai dari V_o adalah:

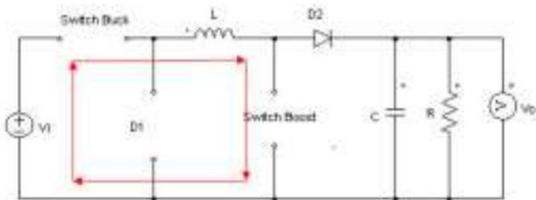
$$V_i = V_o \frac{t_{off}}{t_{on}} + V_o$$

$$V_i = V_o \left(\frac{t_{off}}{t_{on}} + 1 \right)$$

$$V_o = D \cdot V_i \quad (4)$$

2. Mode Boost

Pada mode boost, switch boost akan mendapat sinyal switching dari pwm2. Switch buck mendapat sinyal switching dari pwm1 dengan nilai duty-cycle (D)=1 dan selalu ON (close). Sedangkan tegangan output akan dikontrol oleh switch boost.



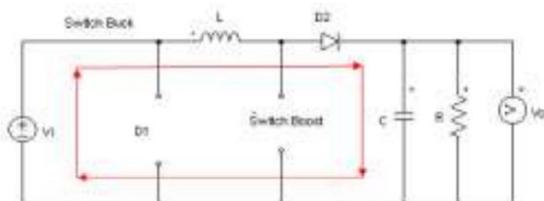
Gambar 3. Mode Boost Switch Tertutup

ketika switch boost pada kondisi ON (close) maka dioda 1 dan dioda 2 bekerja reverse-bias, sehingga arus akan mengisi induktor. Polaritas induktor pada sisi kiri lebih positif dibandingkan sisi kanannya.

$$V_i = VL$$

$$V_i = L \frac{di}{ton}$$

$$V_i \cdot ton = L \cdot \Delta i \quad (5)$$



Gambar 4. Mode Boost Switch Terbuka

ketika switch boost OFF (open) maka dioda 1 bekerja reverse-bias dan dioda 2 bekerja forward-bias, sehingga arus yang tersimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. Berkurangnya arus pada induktor menyebabkan induktor tersebut membalik polaritasnya (lebih negatif dari sisi kiri) sehingga arus yang mengalir pada dioda dan pada beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor. Disaat yang bersamaan kapasitor akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan. Tegangan output pada

boost converter akan lebih tinggi dibandingkan tegangan input.

$$V_o = V_i + VL$$

$$V_o = -L \frac{\Delta i}{toff} + V_i \quad (6)$$

Maka nilai dari V_o adalah:

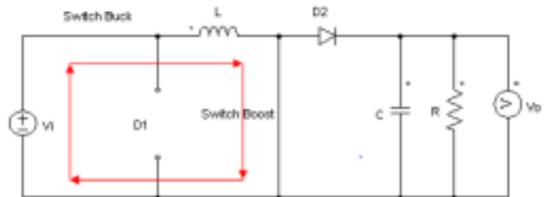
$$V_o = V_i + V_i \frac{ton}{toff}$$

$$V_o = V_i \left(1 - \frac{ton}{toff} \right)$$

$$V_o = V_i \left(\frac{1}{1-D} \right) \quad (7)$$

3. Mode Buck-Boost

Pada mode buck-boost, switch buck dan switch boost mendapat sinyal switching pwm1 dan pwm2.



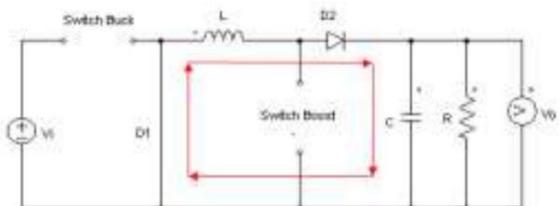
Gambar 5. Mode Buck-Boost switch tertutup

Pada saat switch tertutup dimana *switch buck* dan *switch boost* pada kondisi ON. Pada dioda 1 dan dioda 2 akan bekerja reverse-bias sehingga arus akan mengisi induktor (charging) dan arus induktor (I_L) naik sampai arus maksimum dari induktor. Dengan rumus penurunan pada analisa switch tertutup adalah:

$$V_o = VL$$

$$V_o = L \left(\frac{di}{dt} \right)$$

$$V_o = L \left(\frac{di}{ton} \right) \quad (8)$$



Gambar 6. Mode Buck-Boost switch terbuka

Pada saat switch terbuka dimana *switch buck* dan *switch boost* pada kondisi OFF. Sehingga kedua

dioda bekerja forward-bias dan arus yang tersimpan pada induktor akan menyuplai ke beban (discharging). Dengan rumus penurunan pada saat analisa switch terbuka adalah sebagai berikut:

$$V_o = VL$$

$$V_o = L \left(\frac{di}{dt} \right)$$

$$V_o = L \left(\frac{di}{ton} \right)$$

$$L \cdot di = V_o \cdot toff \quad (9)$$

Maka akan diperoleh persamaan tegangan output pada rangkaian *buck-boost converter* sebagai berikut

$$V_o = \left(\frac{V_i \cdot D}{1-D} \right) \quad (10)$$

D. Arduino

Arduino adalah papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino bersifat open source. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi arduino merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori mikrokontroler. Komponen utama arduino adalah mikrokontroler, maka arduino juga dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan[7].

E. Sensor Tegangan

Pengukuran tegangan, menggunakan rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor untuk mendeteksi berapa tegangan yang di ukur.

Sensor tegangan digunakan untuk memantau tegangan keluaran kontroler. Sinyal tegangan listrik dari sensor tegangan ini akan diubah menjadi sinyal digital pada mikrokontroler[6].

F. Sensor Arus ACS712

Sensor arus digunakan untuk memantau arus keluaran kontroler yang disalurkan ke beban. Pada penelitian ini akan menggunakan sensor arus ACS 712 yang mampu mendeteksi arus mencapai 5A dengan ketelitian 66-185mV setiap perubahan 100mA [10].

G. Sensor tegangan 3 fasa

Sensor tegangan 3 fasa ini digunakan untuk memantau tegangan keluaran generator turbin angin. Data hasil pantauan ini digunakan sebagai tegangan input pada perhitungan pwm pada buck-boost converter

H. Filter

Filter berfungsi untuk mengurangi tingkat ripple tegangan. Filter yang berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan adalah berupa rangkaian kapasitor dan resistor. Dalam sistem kontroler ini terdapat dua filter yang terpasang pada masukan dan keluaran buck regulator. Filter yang terpasang pada masukan buck regulator berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan keluaran generator yang sudah disearahkan menjadi tegangan DC sebelum masuk ke buck regulator. Filter yang terpasang pada keluaran buck regulator berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan keluaran sistem kontroler yang akan disalurkan ke beban[6].

I. Driver Mosfet

MOSFET digunakan untuk mengisolasi antara rangkaian kontrol dan rangkaian daya, juga menguatkan level tegangan 5 Volt yang dibangkitkan Arduino menjadi level tegangan yang lebih tinggi dengan sistem ground terpisah dan mampu memicu MOSFET [11].

Driver MOSFET digunakan untuk menyesuaikan level tegangan sinyal control dari mikrokontroler dengan level tegangan yang dibutuhkan untuk *switching* (pensaklaran) power MOSFET pada *buck regulator*

J. Baterai

Baterai atau Accumulator (Accu) adalah salah satu sumber energi listrik dc yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, seperti sumber energi listrik untuk kendaraan, penyimpanan energi listrik pada pembangkit listrik tenaga surya dan sebagainya. Hal ini disebabkan oleh kelebihanannya yang mudah dibawa, dapat

menyimpan dan menyalurkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Accu ini merupakan sebuah sumber energi listrik dc yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia pada sel-sel elektroda yang terdapat di dalamnya. Energi kimia ini kembali berubah menjadi energi listrik ketika accu dihubungkan dengan beban listrik. [13]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan membahas mengenai perancangan alat mulai dari perancangan software dan perancangan hardware.

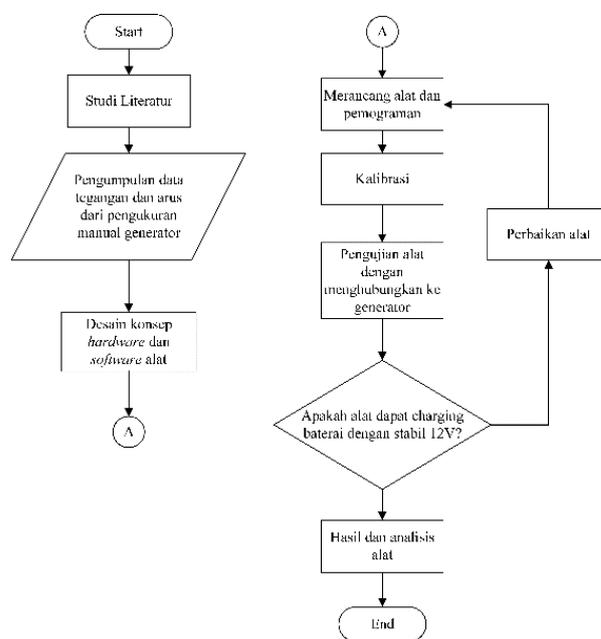
A. Langkah-langkah penelitian

1. Mempelajari software Arduino, proteus, eagle dan komponen hardware yang akan dibuat untuk menambah pemahaman mengenai lingkup topik yang akan dikerjakan.
2. Pengumpulan data yang berhubungan dengan system charging baterai aku berupa arus, tegangan, daya, dan *duty cycle* dari pengukuran manual generator.
3. Melakukan desain skematik rangkaian elektronik menggunakan software proteus dan membuat desain layout pcb untuk menentukan wiring dan tata letak komponen hardware nantinya.
4. Perakitan hardware, melakukan perakitan komponen yang meliputi Arduino, sensor tegangan 3 fasa, sensor arus, sensor tegangan DC, filter dan rectifier
5. Pembuatan program pada software ArduinoIDE.
6. Melakukan kalibrasi dengan metode perbandingan antara sensor dan alat ukur multimeter pada pengujian generator
7. Apabila alat mengalami kerusakan atau belum mencapai target maka akan melakukan perbaikan atau pengembangan ulang pada program dan komponen sampai mencapai standart unjuk kerja yang diinginkan.

8. Melakukan pengujian pada generator
9. Melakukan pengambilan data arus, tegangan, dan daya pada kontroler
10. Menganalisa data hasil pengujian dan kesimpulan.

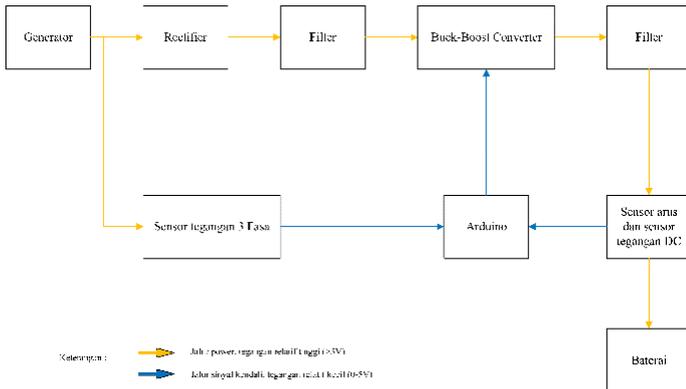
B. Flowchart

Dalam proses pembuatan perancangan sistem kontrol pada PLTB berbasis pmsg skala mikro ada beberapa tahapan yang digunakan. Tahapan-tahapan tersebut sudah di buat dalam bentuk flowchart untuk mempermudah pengerjaan project. Untuk alur flowchart bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.b Flowchart penelitian

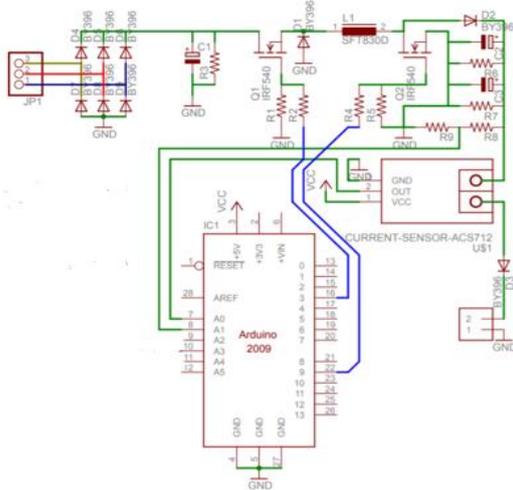
C. Blok Diagram



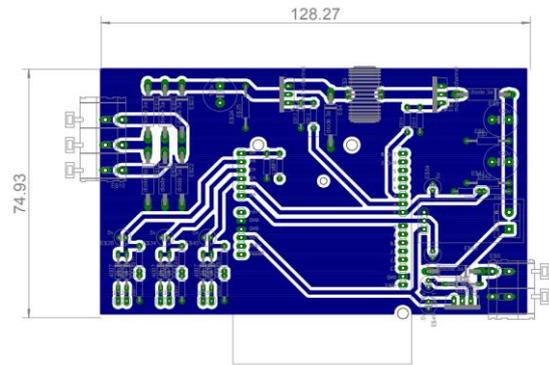
Gambar 8. Blok Diagram

Untuk penjelasan blok diagram dibawah ini adalah, Ketika alat dihubungkan ke generator, sensor tegangan 3 fasa akan membaca tegangan output dari generator lalu dikirimkan ke Arduino. Output generator akan di searahkan pada rectifier lalu difilter untuk meredam noise dari rectifier. Setelah itu melewati buck-boost, lalu hasil output akan di baca oleh sensor arus dan tegangan. Hasil pembacaan dari sensor dikirim ke Arduino untuk diolah agar dapat mengatur *duty cycle* pada buck-boost agar dapat menyesuaikan tegangan kerja baterai. Tegangan dari baterai melewati IC 7805 agar dapat dijadikan suplai daya untuk Arduino

D. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 9. Gambar skematik rangkaian



Gambar 10. Gambar layout PCB



Gambar 11. Gambar modul alat

Perancangan Buck-boost converter

Tabel 1. Parameter perhitungan buck-boost converter

Vinput (tegangan input minimal)	11V
Vinput (tegangan input maksimal)	20V
Voutput (tegangan output yang diinginkan)	12V
Ripple tegangan output	1%
Ripple arus inductor	10%
Arus output	2A

Berikut perhitungan untuk menentukan nilai dari komponen-komponen yang digunakan :

1. Perhitungan dengan input 11V volt

- a. Menentukan nilai duty cycle

$$V_o = \frac{1}{(1-D)} V_i$$

$$12 = \frac{1}{(1-D)} 11$$

$$D = 0,083$$

- b. Menentukan nilai inductor

$$I_o = I_c = 2A$$

$$I_l = I_o + I_i = 2+2 = 4A$$

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_{pp} \times f_{sw}}$$

$$L = \frac{11 \times 0,083}{0,1 \times 4 \times 16000} = 142\mu H$$

c. Menentukan nilai Kapasitor

$$C = \frac{I_o \times D}{\Delta V_{c_{pp}} \times f_{sw}}$$

$$C = \frac{2 \times 0,083}{0,01 \times 12 \times 16000} = 86,45 \mu F$$

2. Perhitungan dengan input 20 volt

a. Menentukan nilai duty cycle

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{12}{20} = 0,6$$

b. Menentukan nilai inductor

$$L = \frac{V_o (1-D)}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}}$$

$$L = \frac{11 (1 - 0,6)}{0,1 \times 2 \times 16000} = 1500\mu H$$

c. Menentukan nilai Kapasitor

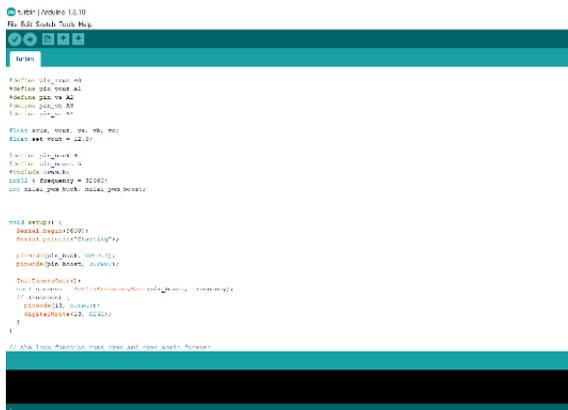
$$C = \frac{I_o \times D}{8 \times \Delta V_{c_{pp}} \times f_{sw}}$$

$$C = \frac{2 \times 0,6}{8 \times 0,01 \times 12 \times 16000} = 78 \mu F$$

Dari perhitungan buck-boost converter dipilih nilai inductor terkecil 150 mikroHenry dan nilai kapasitor terbesar 86 mikroFarad.

E. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (software) terdiri dari program pembacaan nilai-nilai dari sensor 3 fasa, sensor arus dan sensor tegangan DC, program pengaturan duty cycle buck-boost converter, Perancangan perangkat lunak menggunakan software Arduino IDE, yaitu software bawaan dari Arduino.



Gambar 12. Gambar perancangan perangkat lunak

IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Pengujian keseluruhan

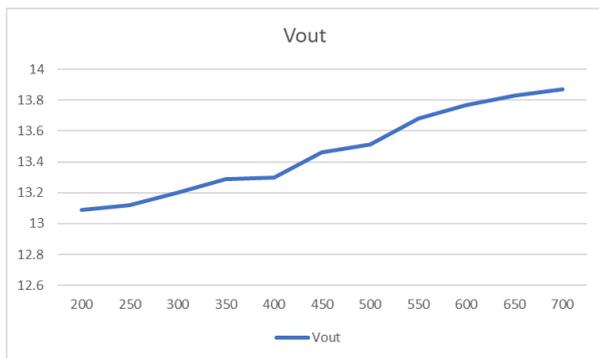
Pengujian dilakukan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan buck-boost converter sudah sesuai dengan tegangan kerja baterai. Tegangan keluaran PMSG diproses melalui sensor 3 fasa, lalu masuk ke mikrokontroler. Data ADC yang diperoleh dari sensor akan diproses kembali oleh mikrokontroler dimana keluaran dari proses tersebut kemudian digunakan untuk mengatur duty cycle buck-boost converter. Buck-boost converter berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran generator agar dapat stabil pada tegangan 12 volt DC. Pelaksanaan pengujian alat dilakukan di Gedung Lab Elektro Laboratorium Konversi Energi Elektrik lantai 1 kampus 2 ITN Malang. Dengan menyambungkan generator ke motor DC yang dapat diatur RPMnya untuk mensimulasikan kecepatan angin.

Langkah pengujian :

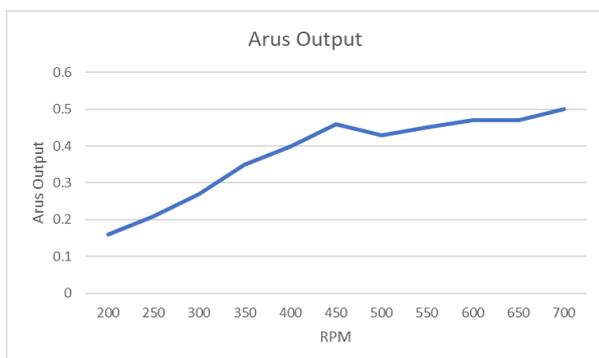
- Generator disambung dengan motor yang sudah terhubung dengan VSD agar dapat diatur kecepatannya
- Hubungkan kontroler dengan generator
- Program diupload ke Arduino menggunakan software Arduino IDE
- Hubungkan beban dengan kontroler, menggunakan beban lampu dc 12V
- Menjalankan motor sesuai dengan RPM yang diinginkan
- Mencatat data hasil pengujian setiap RPM

Tabel 2. Data hasil pengujian Kontroler

No	RPM	V _{input}			V _{out}	Arus
		R	S	T		
1	200	6,59	7	6,8	13,09	0,16
2	250	10,92	11,33	11,12	13,12	0,21
3	300	15,24	15,86	15,65	13,2	0,27
4	350	19,57	20,6	20,19	13,29	0,35
5	400	23,07	24,10	23,89	13,3	0,4
6	450	28,01	29,67	28,63	13,46	0,46
7	500	32,54	34,60	33,16	13,51	0,43
8	550	35,02	36,66	35,02	13,68	0,45
9	600	39,13	39,34	39,96	13,77	0,47
10	650	41,26	43,4	41,78	13,83	0,47
11	700	45,63	46,3	45,21	13,87	0,5



Gambar 13. Grafik tegangan output kontroler



Gambar 14. Grafik arus output kontroler

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa kontroler dapat bekerja dengan baik menaikkan dan menurunkan tegangan pada rentang 13V. pada RPM 200, dengan nilai input 7V AC didapatkan nilai output 13V DC. Dan pada pengujian RPM 700, dengan nilai input 46V AC didapatkan nilai output kontroler 13V DC.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, pengujian, dan analisa data, maka dapat disimpulkan diantaranya, yaitu :

1. Rangkaian *buck-boost converter* dapat menghasilkan output yang stabil di rentang nilai 13V
1. Pengujian *buck-boost converter* dengan generator sebagai sumber tegangan mampu menaikkan dan menurunkan tegangan, tegangan terendah yang dapat di proses oleh *buck-boost converter* adalah 7V, dan tegangan tertinggi yang dapat diproses adalah 45V

B. Saran

Dalam pembuatan penelitian ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan, maka dari itu agar sistem dapat menjadi lebih baik diperlukan pengembangan. Saran dari penulis antara lain sebagai berikut:

- a. Untuk mendapatkan tegangan stabil di level 12 volt, maka perlu ditambahkan sistem kontrol seperti fuzzy logic controller atau PID
- b. Dalam pemilihan komponen pada buck-boost converter yang baik seharusnya sesuai dengan perhitungan. Mulai dari pemilihan inductor, kapasitor mosfet

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pradana, Michael Aditya Putra. 2016. *Prototype Sistem Kontrol Otomatis Pada Pembangkit Listrik Alternatif Tegangan Rendah*. Universitas Sanata Dharma. Jurnal Ilmiah Widya Teknik Volume 15 Nomor 2 2016
- [2] Perpres No. 22/2017. (n.d.). Tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).
- [3] Nawawi, I., & Fatkhurrozi, B. (2016). Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil Pada Bangunan Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 1–7.
- [4] Gumilar, Desisius. 2020. Rancang Bangun Kontroler Untuk Pengisian Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Pltb) Skala Mikro. Kota Pontianak: Universitas Tanjungpura
- [5] Sabbaha, Nur. 2015. Perancangan Dan Implementasi Konverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya Dan Angin Untuk Suplai Listrik Arus Bolak Balik. Universitas Telkom
- [6] Robiansyah, Muhammad Rinaldy. 2017. Perancangan Kontroler Untuk Turbin Angin Skala Kecil. Kota Bandung : Universitas Telkom. Seminar Nasional TEKNOKA ke - 2, Vol. 2, 2017
- [7] Mahardika, I Gusti Ngurah Agung. 2016. Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS. Universitas Udayana. E-Journal SPEKTRUM Vol. 3, No. 1 Juni 2016

- [8] Malvino.Barmawi. 1996. Prinsip-Prinsip Elektronika. Jilid 2. Edisi 3. Jakarta : Erlangga
- [9] Mohan, Ned. Tore M.Undeland. William P.Robins. 1995. *Power Electronics : Converters, Applications, and Design*. Second Edition. New York : John Wiley and Sons.
- [10]Edovidata, Hafelzan Enang. 2019. Perancangan Sistem Pengisian Accumulator Mobil Listrik dengan Sumber Listrik Solar Cell Berbasis Mikrokontroler. Universitas Negeri Padang. JTEV (Jurnal Teknik Elektro Danvokasional) Volume 6 Number 1 (2019)
- [11]Jainudin, Arif Muslih. 2017. Konverter Arus Searah Tipe Buck Dengan Umpan Balik Arus Dan Tegangan Untuk Pengisi Akumulator. Universitas Diponegoro. TRANSIENT, VOL. 6, NO. 4, Desember 2017, ISSN: 2302-9927, 591
- [12]Yani, Yunita Ika Agil. 2017. Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Kota Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- [13]Farizy, A., F., Asfani, D. A., Soedibjo. 2016. “Desain Sistem Monitoring State Of Charge Baterai Pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperatur”. Jurnal Teknik Its. 5(2): 2301-9271.
- [14]Wiwien Widyastuti, Martanto, Leonardo Utomo Pribadi, “Alat Pengukur Tegangan Pengisian dan Pengosongan untuk Baterai Isi Ulang”, Laporan Penelitian, Yogyakarta.