

Implementasi *Buck-Boost Converter* pada *Hybrid Turbin Angin Savonius* dan Panel Surya

Anggara Trisna Nugraha¹ dan Irgi Achmad^{2*}

¹ Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; anggranugraha@ppns.ac.id

^{2*} Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; irgiachmad@student.ppns.ac.id

Abstrak : Listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar dalam kehidupan manusia modern. Listrik sudah begitu terintegrasi dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini bisa dipahami mengingat sumber daya batubara yang cukup melimpah. Faktor lain yang berpengaruh dalam meningkatkan penggunaan batubara adalah bahwa pembangkit listrik batubara dirancang sebagai beban dasar karena harga batubara relatif lebih murah. Akan tetapi keberadaan batu bara semakin lama semakin berkurang. Salah satu pemanfaatan dari potensi energi terbarukan adalah teknologi pembangkit listrik tenaga surya dan angin. Pada sistem ini menggunakan panel surya 30 WP dan turbin angin savonius yang kemudian dirancang *hybrid* agar dapat memberikan daya tambahan. Akan tetapi pemanfaatan energi terbarukan tersebut tidak bisa dimanfaatkan secara langsung karena nilai tegangan keluaran yang fluktuatif mengakibatkan mudahnya kerusakan pada peralatan elektronik atau sistem penyimpanan baterai. Sehingga permasalahan tersebut terciptalah inovasi teknologi yaitu Implementasi *buck-boost converter* yang terintegrasi dengan turbin angin savonius dan panel surya. Dibantu dengan sensor arus dan tegangan yang dikontrol oleh arduino uno sehingga dapat memonitoring *input* dan *output* dari *buck-boost converter*. Hasil dari pengujian alat ini menunjukkan bahwa *buck-boost converter* mampu menstabilkan tegangan keluaran dari panel surya dan turbin angin dengan keluaran senilai 14,4 volt yang dimana tegangan tersebut dapat digunakan untuk pengisian baterai VRLA 12 Volt 7,2 Ah.

Kata Kunci: Panel Surya, Turbin Angin Savonius, *Buck-Boost Converter*

1. Pendahuluan

Listrik adalah salah satu kebutuhan dasar dalam kehidupan manusia saat ini. Listrik sudah begitu menyatu dalam kehidupan sehari-hari. Masyarakat Indonesia, terutama masyarakat yang telah tinggal di perkotaan, menjalankan kehidupan sehari-hari selalu bergantung pada energi listrik [1]. Tenaga listrik menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan kualitas Energi hidup masyarakat dan sekaligus menjadi penggerak bagi pembangunan nasional di berbagai sektor perekonomian. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat diperlukan penambahan pasokan tenaga listrik yang besar dan perlu harus ditingkatkan untuk jangka panjang. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan pengembangan kelistrikan nasional untuk jangka panjang. Dalam perencanaan tersebut, prakiraan kebutuhan dan pasokan tenaga listrik perlu mendapat perhatian yang serius [2]. Selama periode 2012-2035, kapasitas terpasang pembangkit listrik nasional (PLN dan non PLN) untuk skenario dasar akan meningkat dari 44,8 GW menjadi 215 GW atau tumbuh rata-rata sebesar 7,1% per tahun. Untuk skenario tinggi pada tahun 2035, kapasitas terpasangnya akan mencapai 26% lebih tinggi dari skenario dasar atau sebesar 270 GW dan tumbuh rata-rata 8,1% per tahun. Pada kedua skenario tersebut, pembangkit listrik batubara terus mendominasi hingga tahun 2035 dengan pangsa mencapai 65% (139 GW) untuk skenario BAU dan 72% (194 GW) untuk skenario tinggi. Hal ini bisa dipahami mengingat sumber daya batubara yang cukup melimpah. Faktor lain yang berpengaruh dalam meningkatkan penggunaan batubara adalah bahwa pembangkit listrik batubara dirancang sebagai beban dasar karena harga batu bara relatif lebih murah dari pada bahan

bakar fosil lainnya [3]. Mengingat batubara memiliki sifat tak terbarukan dan dihasilkan dari proses geologi selama puluhan bahkan ratusan juta tahun, maka sangatlah disayangkan apabila pemanfaatannya tidak memiliki nilai tambah. Selain itu, pembakaran batubara untuk keperluan pembangkit listrik juga menghasilkan limbah padat berbahaya dan beracun [4]. Maka dari itu dengan memperbesar pemanfaatan energi terbarukan, biaya pasokan energi jangka panjang akan semakin rendah dan terjangkau. Berbeda dengan pembangkitan energi fosil yang cenderung naik dari tahun ke tahun karena harga bahan bakar, pengaruh nilai tukar dan inflasi rendah dan kenaikan terjaga. Capital expenditure (capex) pembangkit PLTS, PLT Angin skala besar juga cenderung turun. Oleh karena itu memperbesar porsi energi terbarukan dalam pasokan tenaga listrik dalam jangka panjang dapat menurunkan biaya pembangkitan tenaga listrik [5].

Salah satu pemanfaatan dari potensi energi terbarukan adalah teknologi pembangkit listrik tenaga surya dan angin. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik dapat diterapkan dengan menggunakan panel surya yang memanfaatkan sinar matahari untuk diubah menjadi energi listrik. Panel surya merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan menjanjikan karena tidak menimbulkan polusi dan jumlahnya melimpah, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Begitu juga dengan potensi energi angin juga merupakan bagian dari sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Penggunaan energi matahari dan angin juga berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, serta mengatasi masalah perubahan alam dan lingkungan yang disebabkan oleh upaya konservasi dari sumber energi konvensional. Akan tetapi energi matahari dan angin tidak bisa langsung digunakan dikarenakan energi yang dihasilkan fluktuatif bergantung dengan intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin, sehingga mengakibatkan mudahnya kerusakan pada peralatan elektronik di rumah tangga dan industri atau di dalam sistem penyimpanan baterai, sehingga maka diperlukan mekanisme untuk menstabilkan tegangan keluaran yang akan disuplai ke baterai atau beban.

Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat solusi pemanfaatan potensi energi terbarukan pada pengisian baterai menggunakan *buck-boost converter*. Menurut Payung et al. [6] dalam penelitiannya ini, digunakan sumber *solar cell* 300WP (*watt peak*) yang digunakan untuk proses pengisian baterai 48V DC 45Ah dengan menggunakan *buck-boost converter*. Ketika sumber utama PLN tidak aktif ATS (*Automatic Transfer Switch*) secara otomatis akan memindahkan catu daya dari baterai. Dari sumber baterai digunakan inverter satu fasa untuk mencatu beban rumah tangga sebesar 50W 220V AC. Proses charging baterai sistem dapat mempertahankan nilai tegangan output (V_o) charging antara 54V-56,5V DC dan sistem mampu menyuplai beban sesuai perencanaan sebesar 50W walaupun terjadi selisih drop tegangan sebesar 19V AC. Namun kelemahan pada penelitian ini masih menggunakan satu sumber energi terbarukan yaitu energi surya dimana jika langit mendung atau matahari menghilang pada siang hari maka panel surya tidak dapat menghasilkan listrik dan juga pada sistem tersebut tidak dilengkapi dengan *interface* nilai tegangan input dan output dari sistem sehingga pengguna harus melakukan monitoring secara manual untuk mengetahui besar tegangan input dan output pada sistem.

Dalam penelitian lainnya dilakukan oleh Faiz A. M. [7] yang memanfaatkan energi angin dengan cara pembuatan rancangan sistem pembangkit listrik tenaga angin khususnya dibagian elektronik untuk menghasilkan energi listrik. Tegangan yang keluar dari generator masuk ke *buck-boost converter* yang keluarannya dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan yang keluar dari generator. Tegangan tersebut juga dikontrol oleh mikrokontroler yang berupa arduino uno dengan menggunakan metode kontrol PID-PSO yang berguna untuk mengontrol tegangan yang sesuai dengan yang diinginkan. Dari hasil simulasi pada *buck-boost converter* didapatkan nilai terbaik untuk parameter $K_p=7.60$, $K_i=0.66$, dan $K_d=0.56$ pada pengendalian tegangan *buck-boost converter*. Pada *buck-boost converter* didapatkan nilai Rise Time (T_r) = 0.37 detik, *settling time* (T_s) = 0.39 detik, *delay time* (T_d) = 0.20 detik, *Peak time* (T_p) = 0.39 detik.

Sehingga dari beberapa penelitian tersebut peneliti ingin mengembangkan penstabil tegangan berupa *buck-boost converter* pada pembangkit listrik *hybrid* energi angin dan panel surya [8]. Kelebihan dari sistem ini adalah *output* tegangan dari *buck-boost converter* yang dibuat nilainya akan tetap berada pada set point meskipun input dari energi terbarukan tersebut naik turun [9]. Selanjutnya pada *charge*

controller pada turbin di pasaran tidak dilengkapi dengan *interface* nilai tegangan input dan output dari sistem sehingga pengguna harus melakukan monitoring secara manual untuk mengetahui besar tegangan input dan output pada sistem serta sistem juga dapat dengan mudah diperbaiki ketika terjadi kerusakan serta dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang lebih kompleks [10]. Sehingga terciptalah inovasi teknologi yaitu Perancangan *Buck-Boost Converter* Pada Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Turbin Angin Vertikal Savonius Dan Panel Surya [11]. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu mendukung pengoptimalan penggunaan energi terbarukan dari energi surya dan angin untuk dijadikan sebagai salah satu alternatif penyedia energi listrik serta dapat meningkatkan keefektifan *battery charger* dalam mengisi baterai dan dapat memperpanjang *lifetime* baterai [12].

2. Metode dan Material

A. Material

1) Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel fotovoltaik. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. Panel surya merupakan alat yang sangat penting dalam pembangkit listrik tenaga surya, yang berfungsi untuk mengubah energi surya (matahari) menjadi energi listrik. Dalam sebuah panel surya ini ada sel surya yang mempunyai peranan penting dalam panel surya untuk memaksimalkan cahaya matahari [13].

2) Turbin Angin Savonius

Turbin Angin Savonius adalah turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang dapat beroperasi dalam kondisi angin kecepatan ringan. Turbin ini ditemukan pada tahun 1922 oleh seorang sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius. Konstruksi turbin ini sangat sederhana, terdiri dari dua bilah semi-silinder. Dalam perkembangannya, turbin Savonius mengalami banyak perubahan bentuk dari rotor, seperti desain rotor berbentuk L [14].

3) Generator DC

Generator DC pada dasarnya memiliki bagian dasar yang sama dengan komponen mesin listrik lainnya. Secara umum generator arus searah (DC) adalah suatu alat yang mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat dalam medan magnet. Menurut hukum Faraday, ggl induksi yang akan muncul dalam konduktor sebanding dengan laju perubahan *fluks* magnet yang mengelilingi konduktor. Jika kumparan adalah rangkaian tertutup, arus induksi akan muncul. Apa yang membedakannya dari generator lain adalah komponen penyearah yang didalamnya, yang disebut komutator dan sikat. Secara khusus generator DC terdiri dari dua bagian, stator adalah bagian tetap dari motor DC dan rotor adalah bagian yang berputar dari motor DC. Bagian stator meliputi: rangka motor, belitan stator, sikat arang, *bearing* dan *box* terminal. Sedangkan rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor [15].

4) Buck-Boost Converter

Buck-boost converter adalah konverter DC (*Direct Current*) yang output tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan input, dan juga tegangan outputnya selalu bernilai negatif. Seperti halnya konverter *buck* dan konverter *boost*, konverter *buck-boost* memiliki rangkaian yang terdiri dari induktor, kapasitor, *diode freewheel*, dan komponen switching seperti *Thyristor*, MOSFET, IGBT, dan GTO. Proses *switching* pada konverter ini juga disulut oleh PWM sebagai pengaturan *duty cycle* yang sangat berpengaruh pada besar kecilnya tegangan output dari *buck-boost converter* [16].

Rangkaian *Non-inverting Buck-Boost* (NIBB) menggunakan dua buah *switch mode buck* dan *switch mode boost*. Rangkaian NIBB memiliki tiga mode operasi, yaitu mode *buck*, *boost*, dan *buck-boost*. Ketika

tegangan input lebih rendah dari tegangan yang diinginkan, rangkaian menjadi mode *boost*. Sebaliknya, ketika tegangan *input* lebih tinggi dari tegangan yang diinginkan, maka menjadi mode *buck*. Ketika tegangan input stabil mendekati tegangan yang diinginkan, maka akan beroperasi dalam mode *buck-boost* [17].

5) Arduino Uno

Arduino UNO adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya [18].

6) Sensor Tegangan

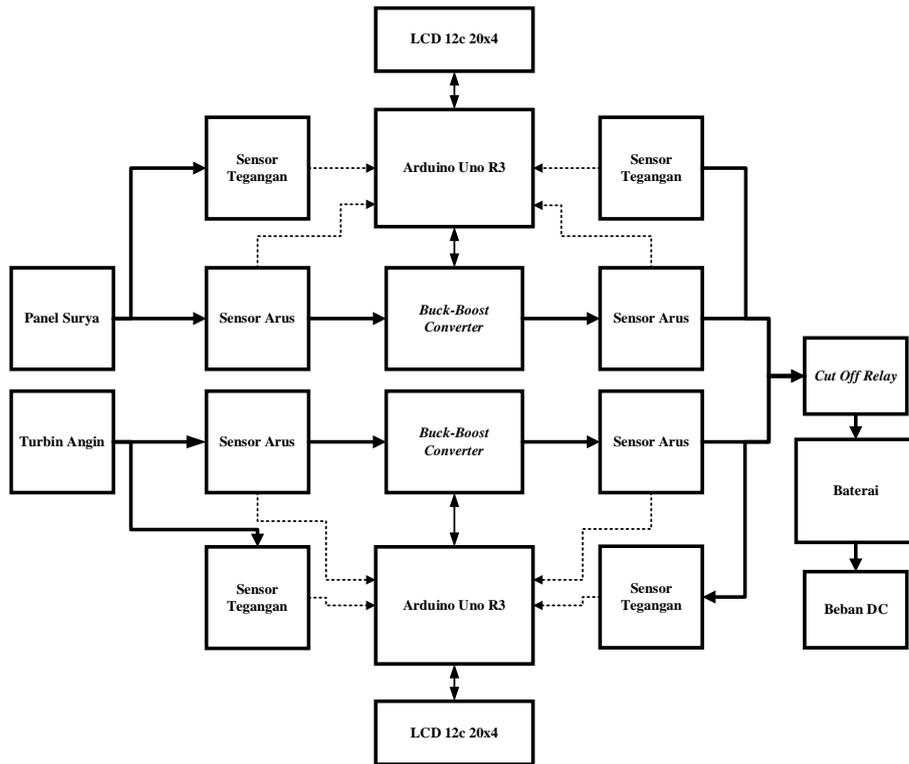
Sensor adalah *transduser* (pengatur/detektor) parameter lingkungan dalam representasi analognya. Pada dasarnya setiap sensor akan diubah menjadi tegangan yang dapat diproses untuk proses selanjutnya begitu juga dengan Arduino. Jika rentang tegangan terbaca antara 0-5V maka Anda dapat menggunakan pin analog secara langsung, sedangkan jika rentang tegangan terbaca > 5V Anda perlu menggunakan rangkaian tambahan yaitu pembagi tegangan karena pin Arduino bekerja pada maks 5V [16].

7) Sensor Arus ACS 712

Allegro™ ACS712 menawarkan solusi ekonomis dan akurat untuk mendeteksi arus AC atau DC dalam sistem industri, komersial, dan komunikasi. Paket perangkat memungkinkannya untuk diimplementasikan dengan mudah oleh pelanggan. Aplikasi yang umum termasuk kontrol motor, pendeteksi beban dan manajemen beban, pengalihan daya, dan perlindungan arus lebih. Perangkat ini tidak ditujukan untuk aplikasi otomotif [19].

B. Metode

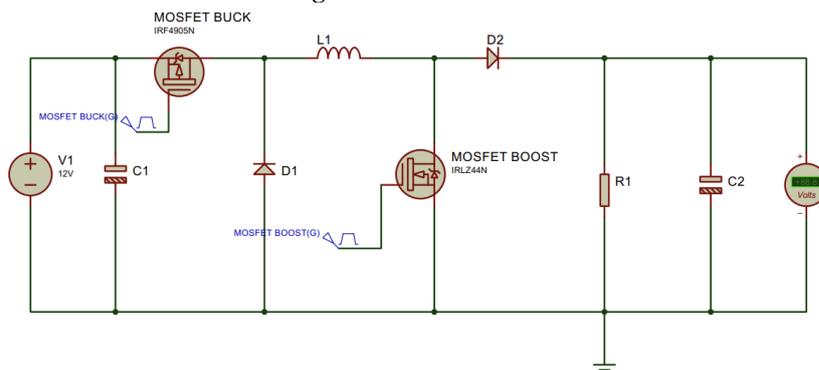
Penelitian ini menggunakan sumber energi listrik dari panel surya 30 Wp dan turbin angin savonius. Tegangan keluaran dari panel surya dan turbin angin akan distabilkan melalui *buck-boost converter* dengan keluaran tegangan senilai 14.4 Volt DC sesuai dengan tegangan pengisian baterai VRLA 12 Volt. Sistem *buck-boost converter* pada penelitian ini adalah menggunakan dua buah mikrokontroler yang mana keluaran tegangan dari kedua *buck-boost converter* tersebut dapat dirangkai secara paralel. Hal ini memanfaatkan prinsip *Kirchoff Voltage Law* dimana kedua sistem tersebut dapat dirangkai secara paralel dikarenakan level tegangan dari keduanya adalah sama.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok dapat dilihat bahwa ada 2 input sumber energi listrik yaitu dari energi surya dan energi angin . Ada sensor tegangan dan sensor arus yang masing-masing dipasang pada *output* panel surya dan energi angin. Hasil pembacaan sensor akan diterima oleh Arduino Uno R3 untuk kemudian ditampilkan hasil pembacaan tegangan dan arus pada LCD 20x4. Hasil *output* tegangan pada panel surya dan energi angin akan diterima oleh *buck-boost converter* dan dikontrol oleh arduino agar *output* tegangan sesuai keinginan/tegangan yang dibutuhkan oleh baterai. Kemudian ada sensor tegangan dan sensor arus yang dipasang pada *output buck-boost converter* untuk mengukur keluaran arus dan tegangan. Hasil pembacaan sensor akan diterima oleh Arduino Uno R3 dan ditampilkan pada LCD 16x2. Kemudian tegangan keluaran pada buck-boost converter akan diparalel dan dihubungkan ke *cut off relay* yang dimana fungsi dari *cut off relay* tersebut adalah sebagai proteksi apabila kapasitas pengisian baterai telah penuh maka *cut off relay* akan memutus proses pengisian baterai.

Perancangan *buck-boost converter* pada penelitian ini menggunakan rangkaian *non-inverting buck-boost converter* yang dimana pada rangkaian ini menggunakan dua buah mosfet yang berfungsi sebagai *switching*. Mosfet yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe IRF9540N P-chanel sebagai *switch buck* dan tipe IRFZ44N N-chanel sebagai *switch boost*.



Gambar 2. Rangkaian Buck-Boost Converter

Tabel 1. Parameter Perhitungan *Buck-Boost Converter*

Parameter	Nilai
V input (tegangan input minimal)	8 V
V input (tegangan input maksimal)	25 V
V output (tegangan output yang diinginkan)	14,4 V
Arus output	2 A
Ripple tegangan output	1%
Ripple arus induktor	10%
Frekuensi <i>Switching</i>	62 KHz

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

1) Perhitungan *input* 8 V

a. Menentukan nilai *Duty Cycle*

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

$$14.4 = \frac{1}{1-D} \times 8$$

$$D = 0,45$$

b. Menentukan nilai induktor

$$I_o = I_c = 2A \tag{2}$$

$$I_l = I_o + I_i = 2 + 2 = 4A \tag{3}$$

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \tag{4}$$

$$L = \frac{8 \times 0,45}{0,1 \times 4 \times 62000}$$

$$L = 0,000145 H$$

$$L = 145 \mu H$$

c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{I_o \times D}{\Delta V_{c\Delta p} \times f_{sw}} \tag{5}$$

$$C = \frac{2 \times 4,5}{0,01 \times 14,4 \times 62000}$$

$$C = 0,001 F$$

$$C = 1000 \mu F$$

2) Perhitungan *input* 25 V

a. Menentukan nilai *Duty Cycle*

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} \tag{6}$$

$$D = \frac{14,4}{25}$$

$$D = 0,57$$

b. Menentukan nilai induktor

$$L = \frac{V_o(1-D)}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \tag{7}$$

$$L = \frac{14.4(1-0,57)}{0,1 \times 2 \times 62000}$$

$$L = 0,000499 H$$

$$L = 499 \mu H$$

c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{\Delta I_{pp}}{8 \times \Delta V_{c_{pp}} \times f_{sw}} \quad (8)$$

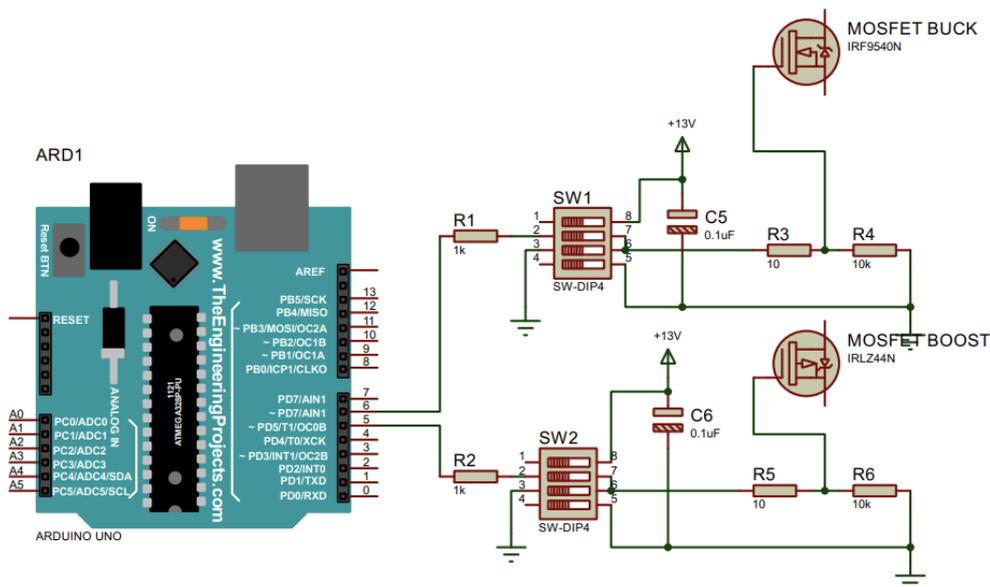
$$C = \frac{0.1 \times 2}{8 \times 0,01 \times 14,4 \times 62000}$$

$$C = 0,000028 F$$

$$C = 28 \mu F$$

Pada perhitungan ini nilai kapasitor yang dipilih adalah nilai kapasitor terbesar senilai 1000 μF . Pada perhitungan nilai induktor dipilih nilai yang terbesar yaitu senilai 499 μH , akan tetapi pada penelitian ini induktor yang digunakan sebesar 470 μH karena nilainya mudah dijumpai dipasaran.

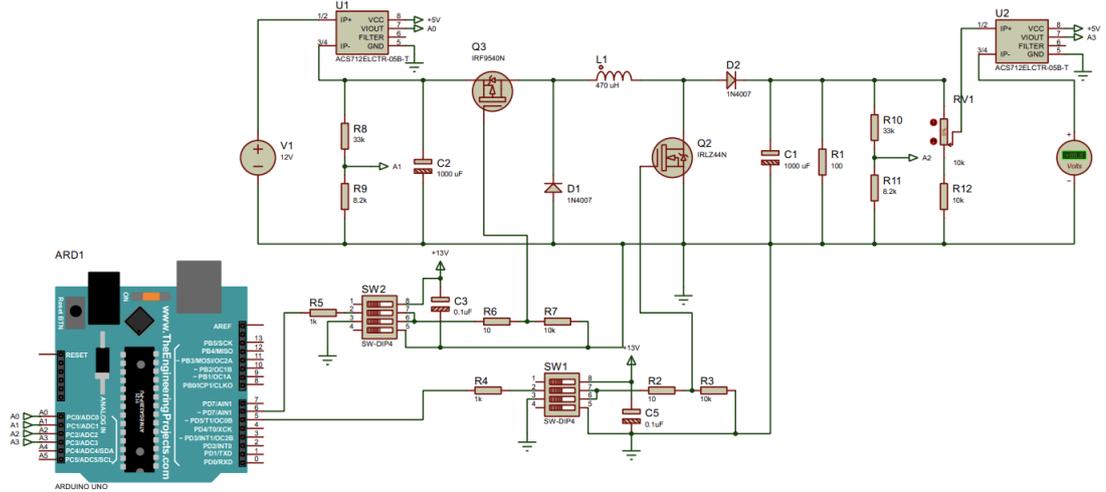
Pada penelitian ini besarnya sinyal PWM yang dihasilkan oleh board Arduino adalah sebesar 5 VDC, dimana tegangan ini tidak dapat menggerakkan saklar pada MOSFET, sehingga diperlukan driver MOSFET. Dengan driver MOSFET, besaran tegangan PWM akan mendekati nilai VCC yang digunakan pada rangkaian driver. Rangkaian driver MOSFET pada penelitian ini menggunakan optocoupler TLP250 untuk mode boost dan mode buck.



Gambar 3. Rangkaian Driver MOSFET

Rancangan keseluruhan sistem *buck-boost converter* ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Mikrokontroler Atmega 328P (Arduino Uno R3)
- Induktor (L) = 470 μH
- Kapasitor (C) = 1000 μF 50 V
- Diode SR5100 5A
- Drvier Mosfet TLP 250
- Mosfet switch buck yaitu IRF9540N P-channel dan mosfet switch boost yaitu IRLZ44N N-channel
- Sensor tegangan yaitu voltage divider dengan perbandingan nilai resistor yaitu R1 = 33 k ohm dan R2 8.2 k ohm
- Sensor arus ACS712
- R beban yaitu 100 ohm
- Potensiometer 10 k



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan Buck Boost Converter

Perancangan Mekanik pada penelitian ini meliputi rancangan turbin angin dan penyangga panel surya. Pada perancangan turbin angin disusun atas material besi L. Panjang kaki penyangga pada penelitian ini direncanakan sepanjang 1,5 meter. Kemudian pada perancangan penyangga panel surya direncanakan menggunakan bahan kanal C baja ringan dengan ukuran C 75 x 0.6 mm. untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut. Panel surya yang digunakan adalah panel surya dengan daya 30 wp yang mempunyai dimensi Panjang 650 mm, lebar 350 mm dan tebal 25 mm



Gambar 5. Perancangan Mekanik Turbin Angin



Gambar 6. Perancangan Mekanik Penyangga Panel Surya

3. Hasil dan Analisis

Pada penelitian ini membahas mengenai pengujian alat yang telah dibuat dan analisa data yang telah dilakukan. Pengujian terdiri dari pengujian panel surya, pengujian turbin angin, pengujian sistem *buck-boost converter*, dan pengujian sistem secara keseluruhan.

3.1 Pengujian Panel Surya

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap panel surya. Pengujian bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari panel surya tersebut. Data yang akan diambil berupa data intensitas cahaya, *output* tegangan pada panel surya yang dihasilkan. Pengujian pada panel surya ini menggunakan panel surya 30 Wp. Pengujian pada panel surya ini menggunakan alat ukur luxmeter thermo gun dan multimeter.

Tabel 2. Data Pengujian Panel Surya

Waktu Pengujian	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu Permukaan panel Surya (°C)	Tegangan Keluaran (V)
07.00	48900	28.8	19.17
08.00	122000	39.6	19.33
09.00	153000	48.6	19.75
10.00	170300	56.5	19.88
11.00	172800	56.8	19.97
12.00	128900	54.9	19.6
13.00	89190	46.8	18.74
14.00	22410	41.2	18.38
15.00	11100	32.3	18.09
16.00	8890	29.4	17.64
17.00	367	28.4	11.37

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya maka tegangan keluaran panel surya juga semakin besar. Pada pengujian panel surya tersebut dapat dilihat bahwa ketika intensitas cahaya tertinggi sebesar 172800 lux tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 19,97 Volt kemudian ketika intensitas cahaya tertinggi sebesar 367 lux tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 11,37 Volt.

3.2 Pengujian Turbin Angin Savonius

Pengujian turbin angin savonius dilakukan di Pantai Kenjeran Surabaya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui data karakteristik dan daya keluaran dari turbin angin savonius terhadap kecepatan angin yang terdapat ditempat tersebut. Data yang diambil pada pengujian ini berupa kecepatan angin, RPM dan tegangan keluaran dari generator turbin angin. Pengujian pada turbin angin ini menggunakan alat ukur anemometer, tachometer, dan multimeter digital.

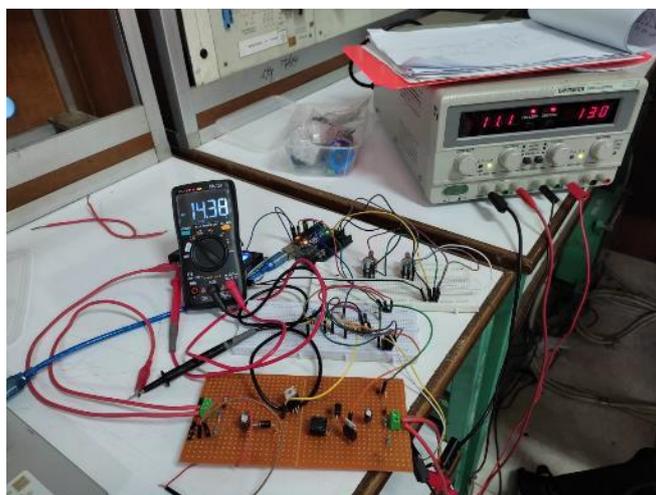
Tabel 3. Data Pengujian Turbin Angin

Waktu Pengujian	Kecepatan Angin (m/s)	RPM Turbin	RPM Generator	Tegangan Keluaran (V)
12.30	3.1	132.9	237.8	11.58
13.00	3.3	146.8	242.3	13.03
13.30	3.5	160	263.3	13.18
14.00	3.2	142.2	248.5	12.95
14.30	3.4	158.1	249.1	13.2
15.00	3.2	145	248.3	12.78
15.30	3	127.3	229.1	12.56
16.00	3.3	129.6	230.2	13.05
16.30	3.4	159.5	263.3	13.08
17.00	3.2	143.4	253.1	12.35

Dari Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar juga nilai tegangan keluaran dari pengujian turbin angin savonius. Dari pengujian tersebut didapat rata-rata kecepatan angin yaitu 3,26 m/s dan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 12,78 Volt

3.3 Pengujian Buck Boost Converter

Berikut pada Gambar 7 merupakan dokumentasi pengujian *buck boost converter*. Pengujian dilakukan di lab elektronika PPNS.



Gambar 7. Pengujian Buck Boost Converter

Setelah melakukan perancangan sistem *buck-boost converter* dan juga melakukan simulasi dengan merangkai komponen pada papan PCB lubang dan *project board*. Selanjutnya dilakukan pembuatan PCB *buck-boost converter*. Pembuatan PCB *buck-boost converter* dilakukan dengan menggunakan *software* EAGLE. Setelah selesai dilakukan pembuatan PCB, selanjutnya dilakukan tahap penyolderan komponen ke PCB yang telah dibuat. Berikut pada Gambar 8 merupakan hasil dari pembuatan PCB dan perakitan komponen yang telah ditentukan.



Gambar 8. Realisasi Perancangan *Buck-Boost Converter*

3.3.1 Pengujian Mode *Buck*

Pada pengujian mode *buck* ini diharapkan pada *buck boost converter* yang telah dibuat diharapkan mampu menurunkan tegangan sesuai setpoint yaitu 14.4 Volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa resistor sebesar 220 ohm dan memberikan variasi tegangan masukan 15-20 Volt.

Tabel 4. Data Pengujian Mode *Buck*

Percobaan ke-	Vinput (V)	Vout (V)	Vout teori (V)	Duty Cycle (%)	Error (%)
1	15.06	14.2	14.76	98	3.79
2	16.14	14.34	14.04	87	2.12
3	17	14.41	14.45	85	0.28
4	17.35	14.23	14.57	84	2.36
5	17.89	14.51	14.67	82	1.09
6	17.56	14.44	14.40	82	0.28
7	18.87	14.46	14.34	76	0.83
8	18.9	14.37	14.18	75	1.38
9	19.36	14.42	14.33	74	0.65
10	20.22	14.35	14.36	71	0.04

3.3.2 Pengujian Mode *Boost*

Pada pengujian mode *boost* ini diharapkan pada *buck boost converter* yang telah dibuat diharapkan mampu menaikkan tegangan sesuai setpoint yaitu 14.4 Volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa resistor sebesar 220 ohm dan memberikan variasi tegangan masukan 8-13 Volt.

Tabel 5. Data Pengujian Mode *Boost*

Percobaan ke-	Vinput (V)	Vout (V)	Vout teori (V)	Duty Cycle (%)	Error (%)
1	8.45	14.5	14.57	42	0.47
2	8.89	14.45	14.34	38	0.78
3	9.56	14.38	14.06	32	2.28
4	9.78	14.41	14.17	31	1.67
5	10.1	14.39	14.43	30	0.27
6	10.63	14.46	14.36	26	0.66
7	11.98	14.43	15.36	22	6.05
8	12.45	14.38	14.48	14	0.67
9	12.86	14.41	14.45	11	0.27
10	13	14.4	14.29	9	0.80

3.3.3 Pengujian Mode *Buck Boost*

Pada pengujian mode *buck boost* ini pada *buck boost converter* yang telah dibuat diharapkan mampu menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai setpoint yaitu 14.4 Volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa resistor sebesar 220 ohm dan memberikan variasi tegangan masukan 8-20 Volt.

Tabel 6. Data Pengujian Mode *Buck-Boost*

Percobaan ke-	Vinput (V)	Vout (V)	Mode
1	8.00	14.38	<i>Boost</i>
2	9.00	14.34	<i>Boost</i>
3	10.00	14.39	<i>Boost</i>
4	11.00	14.44	<i>Boost</i>
5	12.00	14.41	<i>Boost</i>
6	13.00	14.23	<i>Boost</i>
7	14.00	14.19	<i>Boost</i>
8	17.00	14.23	<i>Buck</i>
9	18.00	14.48	<i>Buck</i>
10	19.00	14.34	<i>Buck</i>
11	20.00	14.37	<i>Buck</i>

3.3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan menerapkan *buck-boost converter* pada panel surya dan turbin angin. Pada pengujian ini akan diukur nilai input dan output *buck-boost converter* yang telah terintegrasi dengan sistem. Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui performa sistem sebagai pengisian baterai VRLA 12 V 7,2 Ah. Nilai yang diukur akan ditampilkan pada LCD I2C.

Tabel 7. Pengujian Integrasi

Waktu Pengujian	Kecepatan Angin (m/s)	Vin Panel Surya (V)	Iin Panel Surya (A)	Vin Turbin Angin (V)	Iin Turbin Angin (A)	Vout Buck Boost (V)	Iout Buck Boost (A)
14.00	3.3	18.45	0.58	13.05	0.098	14.35	1.5
14.30	3.5	18.37	0.56	13.3	0.15	14.32	1.2
15.00	3	18.03	0.5	11.1	0.076	14.54	1.34
15.30	3.2	17.87	0.49	12.29	0.083	13.85	1.67
16.00	3.4	17.53	0.44	13.24	0.12	14.46	1.87
16.30	3.1	17.3	0.38	12.03	0.08	14.41	1.57
17.00	3.2	12.83	0.087	12.34	0.093	13.93	1.31

Pada pengujian secara integrasi hybrid didapatkan data pada Tabel 7 pengujian dilakukan pada pukul 14.00 – 17.00 dengan panel surya mampu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 18,45 Volt dan tegangan minimum sebesar 12,83. Kemudian dengan input turbin angin menghasilkan tegangan maksimum sebesar 13,05 Volt dan tegangan minimum sebesar 11,1 Volt. Kemudian Vout *buck-boost converter* pada pengujian integrasi tersebut menghasilkan tegangan dengan range 13,85-14,54 Volt. Meskipun tegangan *output* pada panel surya dan turbin angin yang dihasilkan sifatnya fluktuatif tegangan *output* yang dihasilkan *converter* cukup stabil.

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian panel surya, turbin angin, *buck-boost converter* dan pengujian integrasi sistem diatas, pada tabel 2 mengenai pengujian panel surya dapat dinyatakan bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya maka tegangan keluaran panel surya juga semakin besar. Pada pengujian panel surya intensitas cahaya tertinggi diperoleh 172800 lux dengan tegangan output 19.97 Volt. Pada tabel 3 Mengenai pengujian turbin angin savonius dapat di dinyatakan bahwa semakin besar kecepatan angin maka tegangan keluaran turbin angin savonius juga semakin besar. Pada pengujian turbin angin kecepatan angin tertinggi 3,5 m/s dengan tegangan output 13,18 Volt. Pada pengujian *buck-boost converter* mode *buck* didapatkan nilai rata-rata tegangan keluaran senilai 14.37 Volt dan rata-rata eror sebesar 0,23 %. Pada pengujian *buck-boost converter* mode *boost* didapatkan nilai rata-rata tegangan keluaran senilai 14.42 Volt dan rata-rata eror sebesar 0,15 %. Pada pengujian *buck boost converter* mode *buck-boost* didapatkan nilai rata-rata tegangan keluaran sebesar 14,34 Volt. Pada pengujian keseluruhan didapatkan rata-rata nilai tegangan keluaran pada *buck boost converter* sebesar 14,26 Volt dan rata-rata nilai arus keluaran pada *buck boost converter* turbin angin sebesar 1,49 Ampere.

5. Kesimpulan

Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *buck boost converter* yang dibuat dapat mencapai set poin yang diinginkan yaitu sebesar 14,4 Volt hal itu dapat dilihat pada pengujian *buck boost converter* saat mode *buck* dimana tegangan keluaran rata-rata 14,37 Volt, kemudian pada pengujian *buck-boost converter* mode *boost* dimana tegangan keluaran rata-rata 14,42 Volt dan pada pengujian *buck-boost converter* mode *buck-boost* dimana tegangan keluaran rata-rata 14,42 Volt dan tetap pada set poin meskipun nilai input yang berubah-ubah. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *buck-boost converter* tersebut dapat berfungsi semestinya dan dapat digunakan untuk pengisian baterai 12 Volt 7,2 Ah yang digunakan oleh peneliti dalam mengimplementasikan *buck-boost converter* sebagai penstabil tegangan keluaran panel surya dan turbin angin savonius. Kelebihan dari sistem ini adalah *charge controller* di pasaran tidak dilengkapi dengan *interface* nilai tegangan input dan output dari sistem sehingga pengguna harus melakukan monitoring secara manual untuk mengetahui besar tegangan input dan output pada sistem serta sistem juga dapat dengan mudah diperbaiki ketika terjadi kerusakan serta dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang lebih kompleks. Pada

penelitian ini dilakukan *hybrid* pada output dari kedua *buck boost converter*. Dimana *setpoint* dari kedua *buck boost converter* akan di atur pada tegangan 14,4 V. Memanfaatkan prinsip *Kirchoff Voltage Law* dimana kedua sistem tersebut dapat dirangkai secara paralel dikarenakan level tegangan dari keduanya adalah sama. Sehingga *output* arus yang digunakan pada pengecasan baterai akan menjadi lebih besar, hal ini akan mempercepat proses pengisian baterai. Namun kekurangan pada penelitian ini adalah membutuhkan dua buah sistem baterai *charge controller* yang digunakan untuk meng-*hybrid* dua buah sumber energi listrik dari pemanfaatan sumber energi terbarukan, sehingga hal tersebut tidak menghemat ruang pada box panel dan terkesan boros komponen dari pada mendesain sistem dengan satu buah sistem *charge controller*.

6. Referensi

1. T. T. Gultam, "Pemenuhan Sumber Tenaga Listrik Di Indonesia," *Jurnal Ilmiah Research Sains*, Vols. 3, no. 1, pp. 130-138, Februari 2017.
2. A. Sugiyono, *Outlook Energi Indonesia 2012: Pengembangan Energi Masa Depan dalam Mendukung Pertumbuhan Ekonomi dan Ketahanan Energi Nasional*, Jakarta: BPPT Press, 2012.
3. A. Sugiyono, "Outlook Energi Indonesia 2015-2035: Prospek Energi Baru Terbarukan," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, Vols. 12, No. 2, pp. 87-96, 2016.
4. S, Amanda Ayudhia, "Batubara Sebagai Sumber Energi: Asal, Jenis, dan Kegunaannya," 08 Mei 2020. [Online]. Available: <https://ugrg.ft.ugm.ac.id/artikel/batubara-sebagai-sumber-energi-asal-jenis-dan-kegunaannya/>. [Accessed 12 Juni 2022].
5. F. Tumiwa, "Sikap Politik Jokowi dan Tantangan Pengembangan Energi Terbarukan di 2020," 2020. [Online]. Available: <https://iesr.or.id/jokowi-dan-tantangan-pengembangan-energi-terbarukan-di-2020>. [Accessed 07 Januari 2022].
6. E. P. F. D. M. Yeheskiel Rante Payung, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Charging Baterai dengan Sumber Solar Cell Menggunakan Kontrol PI pada Uninterruptible Power Supply (UPS) Offline untuk Aplikasi Beban Rumah Tangga," *PoliGrid*, vol. 1 No. 2, 2020.
7. M. F. Afif, "Rancang Bangun Kontrol Pid Berbasis Pso Pada Dc-Dc Buck Boost Converter Generator Turbin Angin", Surabaya: DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
8. D. Priyambodo and A. T. Nugraha, "Design and Build A Photovoltaic and Vertical Savonious Turbine Power Plant as an Alternative Power Supply to Help Save Energy in Skyscrapers," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.1*, pp. 57-63, 2021.
9. A. T. Nugraha, "Design of Charger Controller on Wind Energy Power Plant With Arduino Uno Based on Pi Controller," *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.4*, 2021.
10. M. D. h. Putra and A. T. Nugraha, "Rancang Bangun Battery Charger Dengan Sistem Constant Voltage Berbasis Kontrol Pi," *Seminar MASTER PPNS*, vol. 6 No. 1, 2021.
11. A. T. Nugraha and D. Priyambodo, "Prototype Hybrid Power Plant of Solar Panel and Vertical Wind Turbine as a Provider of Alternative Electrical Energy at Kenjeran Beach Surabaya.," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 2.3*, pp. 108-113, 2020.
12. A. T. Nugraha, "Rancang Bangun Charger Controller Pada Pembangkit Listrik Energi Angin Berbasis Arduino Uno," *Seminar MASTER PPNS*, vol. 6 No. 1, 2021.
13. R. Hutahaean, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Komplek Perumahan Royal Gardenia Medan", Medan: DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SUMATERA UTARA, 2018.
14. M. L. Dewi, "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotorsavonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin", Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam universitas Sebelas Maret Surakarta, 2010.
15. S. ANDIKA, *Makalah Generator DC (Tugas Akhir Percobaan Generator DC)*, Lampung: Laboratorium Konversi Energi Elektrik Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung, 2013.
16. B. S. Imam Setyawan, "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzydi Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang," *Jurnal Teknik Elektro*, Vols. 8, No. 3, pp. 627-635, 2019.

17. A. K. Dwi Ranggah Kurniawan, "Penggunaan Buck Boost Converter Pada Sistem Battery Charging Terkendali Mikrokontroler Bersumber Solar Cell", Surabaya: PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
18. Arduino.cc, "Arduino Uno Rev 3," 09 06 2022. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?queryID=undefined#>. [Accessed 12 06 2022].
19. S. Selviyani, rancang Bangun Sistem Monitoring Arus Dan Tegangan Dc Berbasis Mikrokontroler Atmega32 Pada Turbin Angin Horizontal Axis, Surabaya: Program Studi D3 Metrologi Dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

