

---

## Rancang Bangun *Trainer Kit Simulator* Identifikasi Karakteristik *Solar Cell* Sebagai Media Pembelajaran

Ili Munadhif<sup>1\*</sup>, Kharisma Nizar Maulana<sup>2</sup>, Mohammad Abu Jami'in<sup>2</sup>, Ryan Yudha Adhitya<sup>1</sup>  
Suci Indaryani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Otomasi, <sup>2</sup>Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal

Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Keputih Sukolilo 60111 Surabaya

\*E-mail Korespondensi : [iimunadhif.its@gmail.com](mailto:iimunadhif.its@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i2.22323>

Submitted September 14<sup>th</sup> 2023, Accepted February 27<sup>th</sup> 2024, Published August 15<sup>th</sup> 2024

---

### Abstrak

Panel surya terdiri dari sel photovoltaic yang identik dengan piranti semikonduktor dioda. Photovoltaic memiliki titik istimewa yang biasa disebut MPP (*Maximum Power Point*). Pada titik tersebut photovoltaic berada pada keadaan optimal, baik tegangan maupun arus yang dihasilkan. Letak dari MPP tidak diketahui namun bisa dicari menggunakan perhitungan atau algoritma penjejak yang disebut *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Pada umumnya MPPT menggunakan algoritma peturb and observe yang memiliki kekurangan dalam menentukan titik daya maksimum karena sering terjebak di titik maksimum lokal. Pada penelitian ini algoritma MPPT yang digunakan berbasis neural network dengan konverter tipe buck-boost. Cara ini dilakukan tanpa memerlukan informasi detail mengenai photovoltaic. MPPT ini akan dijadikan trainer kit simulator identifikasi karakteristik solar cell di laboratorium elektronika daya PPNS. MPPT yang telah dibuat memiliki efisiensi antara 80-92% dan mampu meningkatkan daya rata-rata sebesar 8-11.36% untuk panel surya berjenis monocrystalline dan 1-13.05% untuk panel surya berjenis polycrystalline menyesuaikan pada beban yang digunakan.

**Kata Kunci:** panel surya, *maximum power point*, konverter, *neural network*

### Abstract

*Solar panels consist of photovoltaic cells which are identical to diode semiconductor devices. Photovoltaics have a special point which is usually called MPP (Maximum Power Point). At that point, the photovoltaic is in an optimal state, both the voltage and current produced. The location of the MPP is unknown but can be found using calculations or a tracking algorithm called Maximum Power Point Tracking (MPPT). In general, MPPT uses the observe and observe algorithm which has shortcomings in determining the maximum power point because it is often trapped at the local maximum point. In this research, the MPPT algorithm used is based on a neural network with a buck-boost type converter. This method is done without requiring detailed information about photovoltaics. This MPPT will be used as a trainer kit for a simulator for identifying solar cell characteristics in the PPNS power electronics laboratory. The MPPT that has been created has an efficiency of between 80-92% and can increase the average power by 8-11.36% for monocrystalline solar panels and 1-13.05% for polycrystalline solar panels depending on the load used.*

**Key words:** solar panel, *maximum power point*, converter, *neural network*

---

## PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia modern. Listrik digunakan untuk keperluan mengerjakan tugas, belajar atau sekedar hiburan. Masyarakat Indonesia, khususnya perkotaan, telah mengandalkan listrik untuk kehidupan sehari-hari (Gultom, 2017). Dalam rangka memenuhi kebutuhan listrik yang terus menerus meningkat maka diperlukan persediaan tenaga listrik yang cukup besar dan perlu di tingkatkan. Oleh sebab itu perlu adanya rencana jangka panjang untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional.

Energi surya memiliki sumber daya yang tidak akan habis dan dapat digunakan sebagai energi alternatif. Energi surya dapat dimanfaatkan setiap saat, kecuali pada malam hari dan cuaca buruk. Indonesia berada di daerah khatulistiwa yang memiliki potensi energi surya sangat besar. Pemanfaatan energi surya salah satunya sebagai pembangkit tenaga listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yaitu pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan tidak memerlukan bahan bakar. Energi surya dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya (Rois *et al.*, 2021). Sistem pembangkit

listrik tenaga surya yang memanfaatkan energi matahari dapat menghasilkan energi listrik dengan perantara sel *photovoltaic*. Sel *photovoltaic* merupakan elemen semikonduktor yang memanfaatkan efek *photovoltaic* untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik tanpa elemen mekanis dan tanpa penggunaan bahan bakar. Cara kerja sel *photovoltaic* identik dengan piranti semikonduktor dioda (Isman, 2017). Untuk mengoptimalkan daya keluaran dari solar cell diperlukan modul PV dengan efisiensi yang baik. Letak dari MPP tidak diketahui namun bisa dicari menggunakan perhitungan atau algoritma penjejak yang disebut *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). MPPT ialah sebuah system elektronika yg dioperasikan di sebuah panel surya sehingga panel surya mampu menghasilkan daya maksimum (Babgei, 2010). Sistem MPPT bekerja dengan cara memaksa panel surya agar bekerja pada titik daya maksimumnya, sehingga daya yang mengalir ke beban adalah daya maksimal. Pada umumnya digunakan DC-DC *converter* dalam sebuah sistem MPPT untuk menggeser daya operasi dari panel surya menjadi titik daya maksimalnya. Pada umumnya MPPT menggunakan algoritma *peturb & observe*. Dimana algoritma ini memiliki kekurangan dalam menentukan titik daya maksimum karena sering terjebak di titik maksimum lokal.

Pada penelitian ini algoritma MPPT yang akan digunakan adalah MPPT berbasis *neural network* dengan konverter tipe *buck-boost* dimana algoritma *neural network* ini operasinya tidak memerlukan informasi detail mengenai PV. Untuk *input* data pada metode ini dapat berupa arus dan tegangan pada modul PV atau variabel lingkungan seperti radiasi dan suhu atau kombinasi dari salah satu atau semuanya. Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian sebelumnya, pertama dilakukan oleh Asrori *et al* (2022) tentang merancang, membuat, dan menguji kinerja trainer kit instalasi panel surya 50 Wp. Hasilnya menunjukkan bahwa desain tersebut berfungsi untuk instalasi PLTS sederhana, dengan pengaruh radiasi matahari pada keluaran daya panel surya dan disarankan pengembangan dengan peningkatan kapasitas rheostat. Penelitian rujukan kedua dilakukan Sangaji *et al* (2018) membandingkan daya keluaran panel surya dengan dan tanpa MPPT saat ada perubahan radiasi cahaya matahari dan suhu permukaan. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan MPPT Neural Network meningkatkan daya yang dihasilkan panel surya dibandingkan dengan yang tidak menggunakan MPPT. Rata-rata daya selama 9 jam adalah 27,80 W dengan MPPT dan 27,02 W tanpa MPPT.

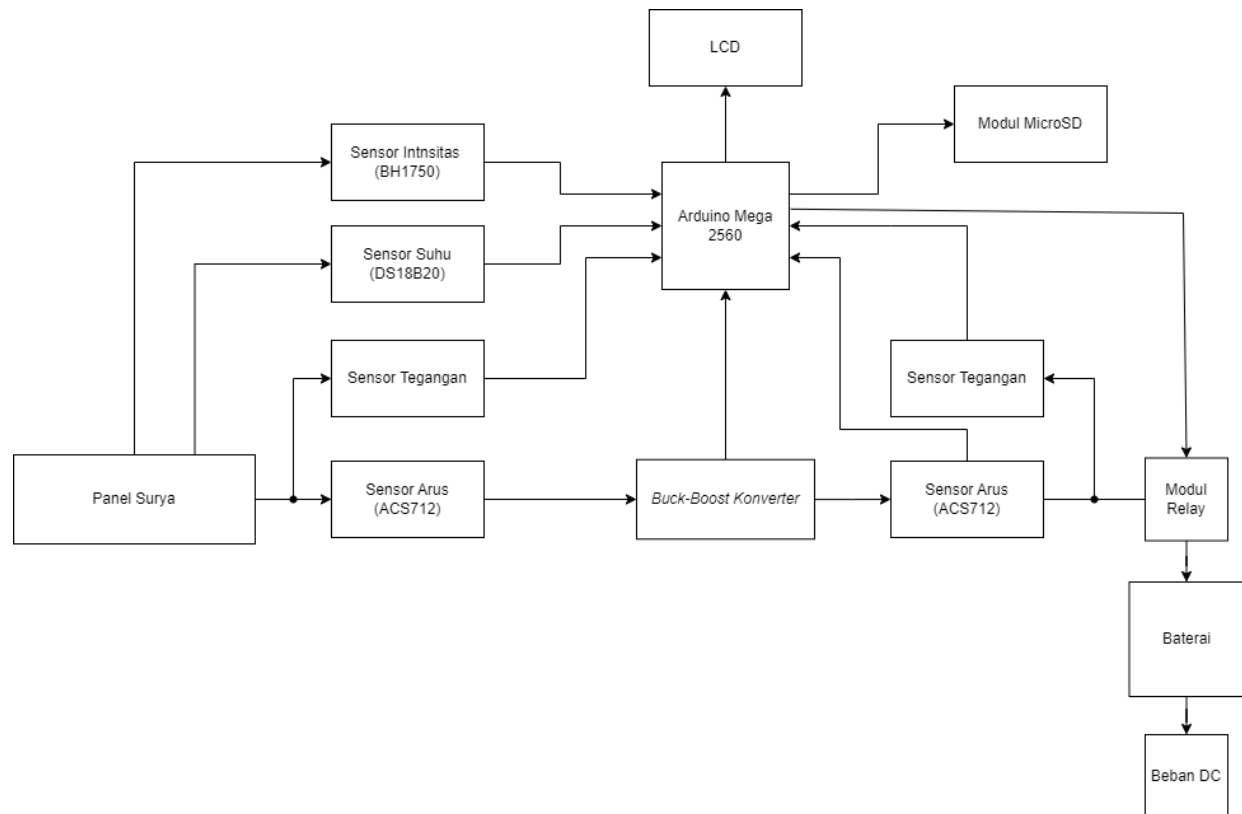
*Buck-boost converter* adalah konverter DC (*Direct Current*) yang *output* tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan *input*, dan juga tegangan *output*nya selalu bernilai negatif. Proses *switching* pada konverter ini juga disulut oleh PWM sebagai pengaturan *Duty Cycle* yang sangat berpengaruh pada besar kecilnya tegangan *output* dari *buck-boost converter* (Imam Setyawan & Bambang Suprianto, 2019). 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* (Yani, 2017). Penulis menciptakan rancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang digunakan sebagai modul pembelajaran praktikum di laboratorium elektronika daya. Modul ini dapat digunakan untuk perancangan PLTS yang terintegrasi. Beberapa komponen yang terdapat pada modul PLTS ini berupa *solar cell*, SCC (*solar charge controller*), *accu*, dan *inverter*. Pengembangan modul dapat dilakukan agar mahasiswa lebih mudah saat melakukan praktikum.

## METODE PENELITIAN

Tahap implementasi penelitian dilakukan dengan perancangan *hardware*, *software* dan mekanik. Setelah perancangan selesai, sinkronisasi *hardware*, mekanik, dan *software* dilakukan untuk memastikan seluruh sistem dapat bekerja sebelum pengujian dilakukan. Dalam tahap pengujian, jika pengujian berhasil, langkah selanjutnya adalah pengambilan data dan analisis. Namun, jika pengujian mengalami kegagalan, perbaikan dan pemeriksaan ulang pada perancangan *hardware*, mekanik, dan *software* perlu dilakukan

Analisis perhitungan dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain analisis perhitungan panel surya *monocrystalline*, dan analisis perhitungan panel surya *monocrystalline*. Tahapan selanjutnya yaitu menentukan desain dan perencanaan sistem. Pada tahap ini akan digambarkan sistem yang dibuat agar dapat dijadikan pedoman dalam pengerjaan. Pada sistem ini, solar cell merupakan komponen yang akan diteliti. Pada diagram blok terdapat Arduino Mega 2560 yang digunakan untuk mengontrol *buck-boost converter* dan juga sebagai penerima pembacaan beberapa sensor pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Pada penelitian ini juga terdapat LCD I2C 20x4 dimana LCD tersebut

digunakan untuk menampilkan pembacaan hasil dari sensor selain itu juga terdapat modul *MicroSD Card* yang digunakan untuk menyimpan data. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Data *variable* yang diuji yaitu tegangan (V), arus (A), intensitas cahaya (Lux), dan *temperature* (°C). Sensor yang digunakan untuk membaca parameter *variable* yang keluar dari *solar cell* yaitu tegangan dan arus akan diterima oleh *buck-boost converter* yang di kontrol oleh Arduino Mega 2560 untuk diubah terlebih dahulu dari *input* analog menjadi digital (ADC) agar *output* tegangan tersebut sesuai dengan keinginan. Selanjutnya, dilakukan pengolahan data untuk diambil informasinya sebagai data referensi masukan metode algoritma *Neural Network*. Hasilnya berupa sinyal PWM yang kemudian sinyal ini untuk *switching* Mosfet menentukan *set point* yang diinginkan. Dalam sistem penyimpanan baterai *relay* yang berfungsi sebagai proteksi baterai apabila kapasitas baterai penuh maka *relay* akan otomatis memutuskan aliran tenaga yang menuju ke baterai atau sebagai proteksi mencegah terjadinya *overcharge* pada saat proses pengisian baterai.

Komponen kebutuhan sistem yang akan digunakan dengan memperhitungkan jumlah kebutuhan yang diperlukan antara lain *Solar Cell 100 WP Monocrystalline*, *Solar Cell 100 WP Polycrystalline*, Arduino Mega 2560, *Buck-boost Converter* (Mosfet, Dioda, Resistor, Induktor, Kapasitor), Lampu Halogen, Modul *Dimmer*, LCD I2C 20x4., ACS712, *Voltage Detector*, BH1750, DS18B20, Lampu DC, Motor DC, dan Baterai 12v.

Perencanaan Metode *Feed Forward Neural Network* (FFNN) dilakukan dengan menentukan parameter yang akan menentukan data training. Data training tersebut akan dinormalisasi dan akan diolah melalui *software* Excel yang kemudian data tersebut akan diproses melalui *Software* Matlab. Pada penelitian ini, arsitektur FFNN digunakan untuk melakukan *training input* berupa nilai tegangan, suhu, tegangan, dan intensitas cahaya, sedangkan *Duty Cycle* adalah *output*. Arsitektur *Neural Network* tersebut memiliki tiga neuron *input* dan satu neuron *output*. Proses perhitungan metode FFNN diawali dengan menghitung normalisasi data, menghitung *Layer 1*, menghitung fungsi aktivasi logsig, menghitung *Layer 2*, menghitung fungsi aktivasi tansig, dan denormalisasi yang merupakan hasil akhir dari perhitungan FFNN.

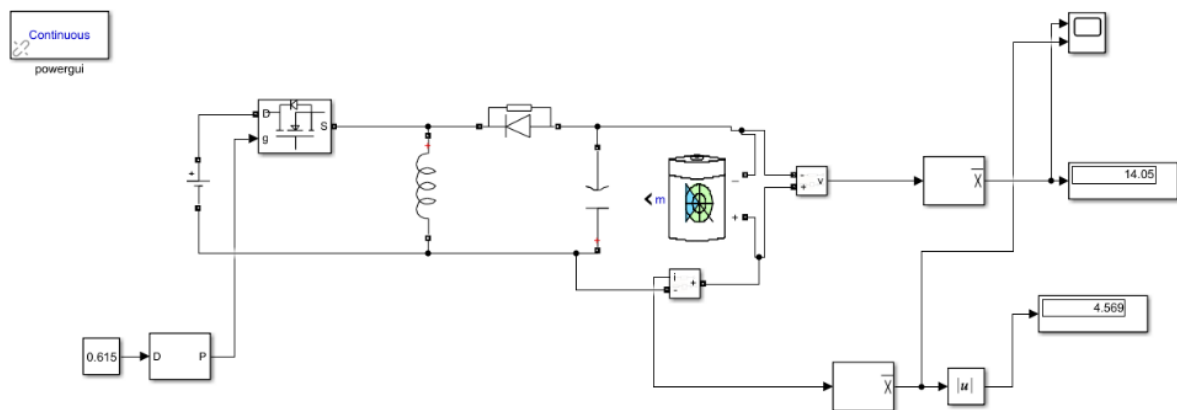
Perancangan *hardware* merupakan langkah yang selanjutnya dilakukan. Perancangan *hardware* meliputi merangkai semua komponen yang dibutuhkan Hal ini dilakukan untuk mempermudah perancangan

perangkat keras. Rancangan *hardware* dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian *input*, bagian sistem kontrol, dan bagian *output*.

Perancangan MPPT *Buck-boost Converter* dilakukan untuk menstabilkan tegangan keluaran panel surya. Tegangan keluaran yang di harapkan mencapai 14.4 volt. Pada perancangan *buck-boost converter* dijelaskan mengenai perhitungan komponen *buck-boost converter* dan rangkaian *buck-boost converter* secara keseluruhan sesuai dengan Tabel 1. Pada perhitungan didapatkan nilai *Duty Cycle* (D) sebesar 0.443 saat tegangan sumber maksimal atau 44.3% dan saat tegangan sumber minimal didapatkan nilai *Duty Cycle* sebesar 0.615 atau 61.5%, nilai Resistor (R) Sebesar 3.6  $\Omega$ , nilai Induktor (L) Ketika tegangan sumber maksimal sebesar 138.822 uH sedangkan untuk nilai Induktor (L) Ketika tegangan sumber minimal sebesar 66.494 uH, dan nilai Kapasitor Ketika tegangan sumber maksimal sebesar 3076.292 uF nilai Kapasitor Ketika tegangan sumber maksimal sebesar 4270.833 uF. Setelah semua parameter telah dihitung kemudian rangkaian disimulasikan agar dapat diketahui apakah nilai parameter yang telah dihitung sudah benar atau belum. Pada penelitian ini simulasi rangkaian *buck-boost converter* dilakukan pada *Software* Matlab seperti pada Gambar 2.

Tabel 1. Parameter Perhitungan *Buck-boost Converter*

VSMIN	9V
VSMAX	18.5V
VOUT	14.4V
IOUT	4A
FSWITCH	40Kh
EFISIENSI	90%
DAYA	57.6
VF	1.5



Gambar 2. Simulasi rangkaian *Buck-boost Converter* pada *software* Matlab

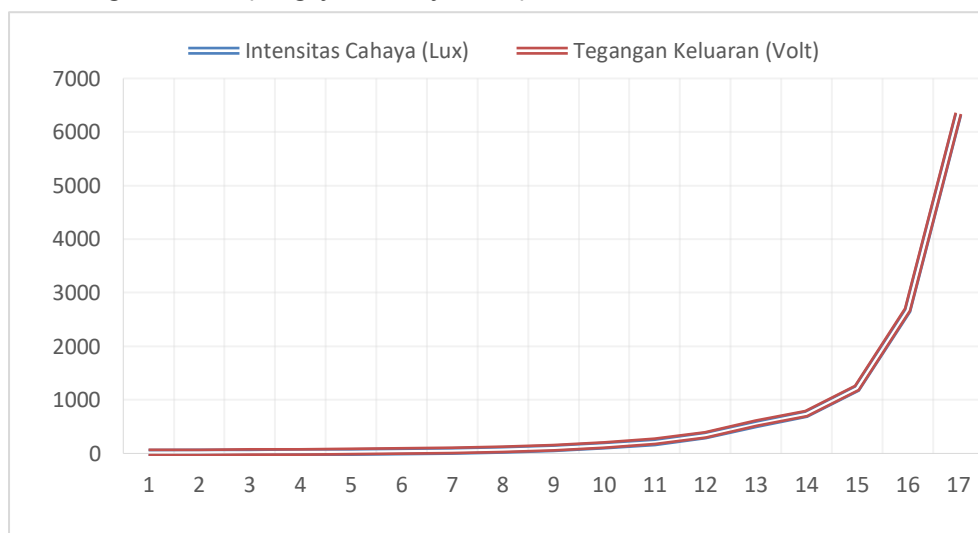
Dengan *Duty Cycle* sebesar 0.615 didapatkan grafik Arus dan Tegangan. simulasi rangkaian *Buck-boost Converter* berjalan sesuai dengan rancangan dengan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 14.05 Volt dan Arus sebesar 4.5 Ampere. Setelah melakukan desain sistem *buck-boost converter* dan mensimulasikannya melalui *software* Matlab langkah selanjutnya adalah membuat PCB *buck-boost converter*. PCB *buck-boost converter* dibuat dengan membuat skema rangkaian *buck-boost converter* menggunakan *software* EAGLE.

Perancangan *software* adalah tahap merancang program pada masing-masing *software* yang digunakan. Pemrograman Arduino menggunakan Arduino IDE, perancangan desain *layout* PCB menggunakan Eagle, perancangan desain *layout* dan layin panel dan prototype menggunakan AutoCAD. Tahap selanjutnya adalah perancangan mekanik untuk membuat alat tersebut. Dalam pembuatan alat ini mengacu pada desain yang dibuat. Dilanjutkan dengan tahap integrasi *hardware* dan *software* dimana tahap ini menyelaraskan kerja seluruh komponen dan memastikan bahwa komunikasi antar satu komponen dengan komponen lain dapat dilakukan dan berjalan lancar.

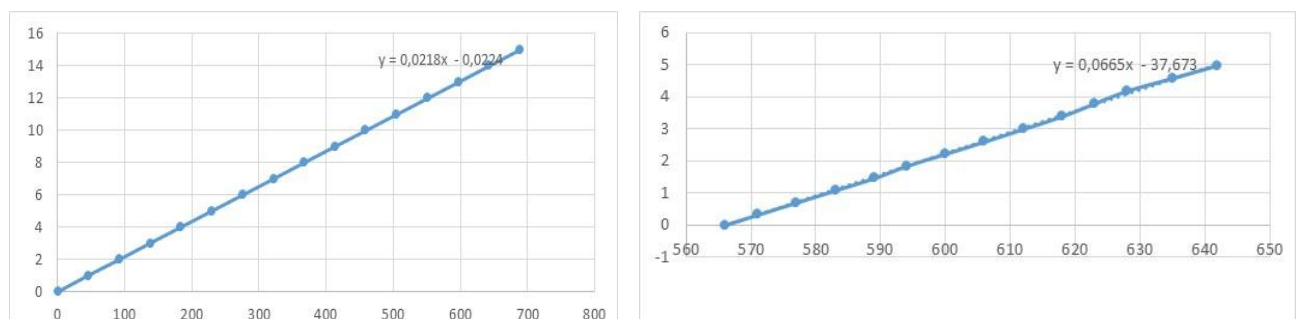
Setelah alat dan bahan terpenuhi serta telah melakukan perancangan *hardware* dan mekanik langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pembuatan alat (fabrikasi) serta perakitan *hardware* dan sistem kendali berdasarkan desain yang direncanakan sebelumnya. Setelah itu dilakukan pengujian sistem. Tahap ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja dari alat ini dapat berkerja dengan baik atau perlu dilakukan perancangan kembali dengan melakukan pengecekan keseluruhan sistem. Apabila mengalami kegagalan saat dilakukan pengujian maka yang harus dilakukan adalah menganalisa kembali penyebab kegagalan yang terjadi. Pengujian juga bertujuan bahwa trainer kit yang dibuat sudah sesuai atau tidak. Setelah menganalisa dapat diambil kesimpulan apa yang terjadi sehingga dapat memutuskan apa yang harus diperbaiki, apakah dari *software* atau *hardware*. Setelah melakukan perbaikan alat harus diuji kembali hingga alat benar-benar bekerja sesuai rencana. Dalam tahap pengujian, pengambilan data dilakukan untuk menguji kinerja alat yang telah dibuat.

### HASIL PEMBAHASAN

Pengujian hasil perancangan dan pembuatan alat ini membahas mengenai pengujian panel surya, pengujian sensor tegangan, pengujian sensor arus ACS712, sensor suhu DS18B20, sensor intensitas cahaya BH1750, dan Pengujian MPPT dengan *buck-boost converter* sebagai sistem kontrol dari panel surya. Pengujian panel surya bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari panel surya tersebut. Data yang akan diambil adalah tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengujian pada panel surya ini menggunakan panel surya berjenis *Monocrystalline* 100Wp. Pengujian panel surya ini menggunakan alat ukur luxmeter dan multimeter digital. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian panel surya



Gambar 4. Hubungan ADC Sensor ACS712 dengan Nilai Tegangan Terukur

Berdasarkan Gambar 3, semakin tinggi intensitas cahaya maka nilai keluaran juga semakin besar. Intensitas cahaya terkecil yaitu 13 lux tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 5.25 Volt, sedangkan

ketika intensitas cahaya tertinggi yaitu 6330 lux tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 19.05 Volt. Pengujian sensor tegangan dilakukan setelah melakukan kalibrasi sensor tegangan. Hubungan ADC sensor dengan nilai tegangan terukur diperoleh dari data yang didapatkan menggunakan *software* excel untuk menentukan nilai persamaan regresi linier sederhana. Selanjutnya dilakukan pengujian sensor ACS 712. Sebelum dilakukan pengujian sensor tegangan dilakukan tahap kalibrasi sensor tegangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara mencari nilai ADC sensor ACS712 dengan nilai tegangan terukur pada multimeter digital terlebih dahulu. Setelah didapatkan nilai ADC sensor ACS712 dengan nilai arus terukur pada multimeter digital maka akan dicari persamaan menggunakan metode regresi linier sederhana.

Pada penelitian ini digunakan *driver* PWM untuk *switching* komponen MOSFET pada DC-DC *Buck-boost Converter*. *Driver* PWM yang digunakan adalah IC FOD3182 dengan tegangan *input* sebesar 12 V. Selain itu, digunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pembangkit gelombang dengan frekuensi yang diatur menjadi 40 kHz. *driver* PWM menghasilkan tegangan *output* sebesar 6,1 V dengan tegangan *input* sebesar 12,3 V dan *Duty Cycle* sebesar 50%. Dari data pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa *driver* PWM sudah sesuai, di mana jika diberikan tegangan *input* sebesar 12 V, akan menghasilkan tegangan *output* sebesar 6 V dengan *Duty Cycle* 50%.

Pengujian pada *buck-boost converter* dengan tiga metode berbeda, yaitu *mode buck*, *mode boost*, dan *mode buck-boost*. Pengujian menggunakan *power supply* sebagai sumber daya dan resistor 8.5 ohm 10 watt sebagai beban. Pada pengujian *buck* rata-rata tegangan keluaran dari *buck-boost converter* pada saat *mode buck* adalah sebesar 14.37 V sedangkan rata-rata arus yang keluar adalah 2.03 A. Pada pengujian *mode boost* didapatkan rata-rata tegangan keluaran dari *buck-boost converter* pada saat *mode boost* adalah sebesar 14.44 V sedangkan rata-rata arus yang keluar adalah 1.91 A. sedangkan pada *mode buck-boost* didapatkan bahwa rata-rata tegangan keluaran dari *buck-boost converter* pada saat *mode boost* adalah sebesar 14.48 V sedangkan rata-rata arus yang keluar adalah 2.07 A.

Dari data rata-rata efisiensi yang diperoleh pada pengujian *buck-boost converter*, didapatkan bahwa rata-rata efisiensi terkecil adalah pada saat *mode boost* dengan efisiensi sebesar 77.39 %, kemudian rata-rata efisiensi tertinggi adalah saat *mode buck* dengan efisiensi lebih dari 81.17%. Pengujian *buck-boost converter* secara integrasi dengan panel surya ini dilakukan dengan menerapkan *buck-boost converter* pada sistem panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline* menggunakan lampu dc 10 watt, 15 watt, 20 watt, dan motor dc 12 volt sebagai beban, selain itu *buck-boost converter* juga dilakukan pengujian pengecasan menggunakan baterai 12 volt.

### **Pengujian *buck-boost converter* dengan panel surya *monocrystalline***

Pengujian *buck-boost converter* dengan panel surya *monocrystalline* menghasilkan data berikut. Pada pengujian pertama, panel surya mampu menghasilkan tegangan maksimum 18.5 Volt dan tegangan minimum 9.04 Volt. Tegangan keluaran *buck-boost converter* berada dalam rentang 11.11-13.26 Volt dengan rata-rata 12.205 Volt. Daya keluaran maksimum mencapai 7.96 Watt, minimum 3.89 Watt, dengan rata-rata 7.05 Watt dan efisiensi 83.38%. Pengujian selanjutnya menunjukkan panel surya menghasilkan tegangan maksimum 17.4 Volt dan tegangan minimum 9.03 Volt. Tegangan keluaran *buck-boost converter* berkisar 11.26-13.65 Volt dengan rata-rata 12.5 Volt. Daya keluaran maksimum 9.56 Watt, minimum 4.73 Watt, dengan rata-rata 6.94 Watt dan efisiensi 86.01%.

Pada pengujian ketiga, tegangan maksimum dari panel surya mencapai 18.9 Volt dan tegangan minimum 9.26 Volt. Tegangan keluaran *buck-boost converter* berada pada rentang 10-13.13 Volt dengan rata-rata 11.719 Volt. Daya keluaran maksimum adalah 7.61 Watt, minimum 3 Watt, dengan rata-rata 7 Watt dan efisiensi 77.9%. Pengujian terakhir menunjukkan tegangan maksimum panel surya mencapai 18 Volt dan tegangan minimum 9.13 Volt. Tegangan keluaran *buck-boost converter* berkisar 11.96-16.3 Volt dengan rata-rata 13.798 Volt. Daya keluaran maksimum adalah 3.75 Watt, minimum 2.03 Watt, dengan rata-rata 2.81 Watt dan efisiensi 84.59%. Selain itu, pada pengujian pengecasan baterai, tegangan keluaran *buck-boost converter* bervariasi antara 13.8-14.4 Volt dengan rata-rata 14.15 Volt. Daya keluaran maksimum mencapai 15.73 Watt, minimum 12.24 Watt, dengan rata-rata 13.67 Watt dan efisiensi 72.05%.

### **Pengujian *buck-boost converter* dengan panel surya *polycrystalline***

Pengujian dilakukan pada *buck-boost converter* terintegrasi dengan panel surya Polycrystalline menggunakan lampu DC dan motor DC sebagai beban, serta pengujian pengecasan baterai. Intensitas cahaya awal berkisar antara 100 hingga 125 lux dengan menggunakan lampu halogen sebagai simulator matahari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *buck-boost converter* dengan panel surya Polycrystalline mampu menghasilkan tegangan maksimum antara 17,4 hingga 18,9 Volt dengan intensitas cahaya yang bervariasi. Tegangan output *buck-boost converter* berada dalam kisaran 11,11 hingga 16,3 Volt dengan daya keluaran maksimum antara 2,81 hingga 9,56 Watt dan efisiensi antara 72,05% hingga 86,01%. Selain itu, *converter* juga mampu melakukan pengecasan baterai dengan tegangan awal 12,30 Volt.

Selanjutnya, dilakukan pengujian perbandingan karakteristik antara panel surya Monocrystalline dan Polycrystalline dengan menggunakan berbagai beban lampu DC dan motor DC. Hasilnya menunjukkan bahwa secara keseluruhan, panel surya Monocrystalline memerlukan intensitas cahaya yang lebih tinggi untuk mencapai tegangan minimal dibandingkan dengan panel surya Polycrystalline. Selain itu, dilakukan juga perbandingan antara *buck-boost converter* biasa dengan MPPT *buck-boost converter*. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat peningkatan daya dengan persentase tertentu pada pengujian dengan berbagai beban lampu dan motor DC, serta pada pengujian pengecasan baterai.

### **KESIMPULAN**

Perancangan *buck-boost converter* yang telah dilakukan menggunakan beberapa komponen Induktor, Kapasitor, Dioda, Mosfet, dan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Perancangan *buck-boost converter* berhasil diaplikasikan pada trainer kit yang ada pada laboratorium elektronika daya PPNS. Selain itu berhasil diintegrasikan dengan metode MPPT Artificial Neural network. MPPT yang diintegrasikan pada panel surya memiliki efisiensi antara 80-92% dan mampu meningkatkan daya rata-rata sebesar 8-11.36% untuk panel surya berjenis monocrystalline dan 1-13.05% untuk panel surya berjenis polycrystalline tergantung pada beban yang digunakan. Hasil dari identifikasi karakteristik panel surya adalah panel surya monocrystalline memerlukan intensitas cahaya yang lebih besar daripada panel surya polycrystalline untuk mencapai voltase minimum yaitu 9 volt, akan tetapi panel surya monocrystalline memiliki daya keluaran yang lebih baik daripada panel surya polycrystalline.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asrori, A., Abdullah, M. N. W., & Mashudi, I. (2022). Rancang Bangun dan Pengujian Kinerja Trainer Kit Instalasi Panel Surya 50 Wp. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 7(1), 91. <https://doi.org/10.31544/jtera.v7.i1.2022.91-98>
- Babgei, A. F. (2010). Rancang Bangun Maximum Power Point Tracker (MPPT) Pada Panel Surya Dengan Menggunakan Metode Fuzzy. *Teknik Elektro, ITS*, 1–9. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-21777-2207100161-Paper.pdf>
- Endra, R. Y., Cucus, A., Affandi, F. N., & Syahputra, M. B. (2019). Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya. *Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika (Telekomunikasi, Volume 10)*, 1–9.
- Gultom, T. T. (2017). Pemenuhan sumber tenaga listrik di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Research Sains*, 3(1), 130–139.
- Gunawan, L. A., Agung, A. I., Widyartono, M., & Haryudo, S. I. (2021). Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 65–71.
- Hartono, R. (2013). Perancangan sistem data logger temperatur baterai berbasis arduino duemilanove. In *Skripsi Fakultas Teknik Universitas Jember Jawa Timur*.
- Haryanto, H., & Hidayat, S. (2016). Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 1(2), 58. <https://doi.org/10.36055/setrum.v1i2.476>

- Isman, A. (2017). Implementasi Teknik Maximum Power Point Tracking ( Mppt ) Pada Sistem Penjejak Matahari Berbasis Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System(Anfis).5–7.
- Kusmantoro, A., & Margono, M. (2020). Peningkatan Kinerja MPPT Menggunakan Kontrol PWM Fuzzy dengan Tuning PID. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(2), 80–86. <https://doi.org/10.17529/jre.v16i2.16220>
- Mulyani, D., & Hartono, D. (2018). Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 1. <https://doi.org/10.24843/jekt.2018.v11.i01.p01>
- Musthofa, M. U., Umma, Z. K., & Handayani, A. N. (2017). *Analisis Jaringan Saraf Tiruan Model Perceptron Pada Pengenalan Pola Pulau di Indonesia*. 11(1), 89–100.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1). <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>Siswanto 2018
- Rois, M., Haqq, A., Cholissodin, I., & Soebroto, A. A. (2021). Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO). 5(8), 3524–3537.
- Sangaji, A. H., & Rijanto, T. (2018). Maximum Power Point Tracking (MPPT) Menggunakan Metode Artificial Neural Network untuk Panel Surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 07, 85–92.
- Setyawan, I & Suprianto, B. (2019). Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck-boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(3), 627–635.
- Siswanto, Ikin Rojikin, & Windu Gata. (2019). Pemanfaatan Sensor Suhu DHT-22, Ultrasonik HC-SR04 Untuk Mengendalikan Kolam Dengan Notifikasi Email. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 3(3), 544–551. <https://doi.org/10.29207/resti.v3i3.1334>
- Yani, Y. I. A. (2017). Rancang Bangun Buck-boost Converter Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. In *Elektronika Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.