

RANCANG BANGUN TRAINER PENGISIAN DAYA BATERAI BERBASIS DC TO DC BUCK CONVERTER MENGGUNAKAN PANEL SURYA 1,5WP

Muhammad Ghulam Sulaiman¹, Natalia Subekti², Royhan Abdilah Dirgantara³

^{1,2,3} Prodi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang, Jl. Cakrawala No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, [\(0341\) 551312](tel:(0341)551312)

Keywords:

Buck Converter, Trainer Kit Elektronika, Modul surya, TP4056, Baterai

Corespondent Email:

muhammad.ghulam.2305346@students.um.ac.id

Abstrak. Masalah utama modul surya sebagai sumber energi alternatif adalah ketidakstabilan tegangan output yang memengaruhi pengisian baterai. Oleh karena itu, diperlukan buck converter untuk menyesuaikan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan baterai. Penelitian ini merancang dan menguji Trainer Kit berbasis DC to DC buck converter sebagai media pembelajaran konversi energi surya. Pengujian dengan satu dan dua modul surya 12V 1,5 WP menunjukkan buck converter berhasil menurunkan tegangan input menjadi sekitar 5V, sesuai kebutuhan modul TP4056 untuk pengisian baterai lithium-ion. Output TP4056 stabil pada 4,20V dan arus 30 mA. Penambahan modul surya meningkatkan daya input tanpa memengaruhi arus pengisian karena dikendalikan TP4056. Trainer ini efektif menunjukkan fungsi buck converter dan kestabilan pengisian baterai berbasis energi surya, cocok untuk pembelajaran elektronika daya dan energi terbarukan.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. The main problem with solar modules as an alternative energy source is the instability of the output voltage which affects battery charging. Therefore, a buck converter is needed to adjust the voltage to match the battery needs. This research designs and tests a DC to DC buck converter-based Trainer Kit as a learning medium for solar energy conversion. Tests with one and two 12V 1.5 WP solar modules showed that the buck converter successfully reduced the input voltage to around 5V, as required by the TP4056 module for charging lithium-ion batteries. The TP4056 output stabilized at 4.20V and a current of 30 mA. The addition of solar modules increases the input power without affecting the charging current as it is controlled by the TP4056. This trainer effectively demonstrates the buck converter function and the stability of solar energy-based battery charging, suitable for learning power electronics and renewable energy.

1. PENDAHULUAN

Dunia telah menghadapi banyak tantangan dalam industri energi dalam beberapa dekade terakhir, terutama terkait dengan ketergantungan terhadap sumber energi fosil yang tidak terbarukan dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Dua masalah utama telah muncul sebagai akibat dari bergantung pada bahan bakar fosil, yaitu gas, minyak, dan batu bara. Yang pertama adalah kehilangan sumber daya alam yang tidak dapat

diperbaharui, dan yang kedua adalah peningkatan emisi gas rumah kaca, yang berdampak pada perubahan iklim di seluruh dunia [1]. Energi surya adalah salah satu sumber energi alternatif yang semakin mendapat perhatian. Energi surya dipancarkan oleh matahari melalui peralatan tertentu untuk menjadi sumber daya. Ini adalah salah satu jenis energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai alternatif energi [2]. Energi ini melimpah, bersih, dan dapat dimanfaatkan

hampir di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Pemerintah mendorong pengembangan energi matahari di Indonesia karena potensinya yang sangat besar. Karena Indonesia berada di garis khatulistiwa dan iklimnya yang tropis, intensitas radiasi matahari cenderung konstan dan komprehensif di seluruh negeri [3].

Panel surya dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya dapat menghasilkan energi listrik dari intensitas cahaya matahari. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menghidupkan alat elektronik yang biasa digunakan manusia [4]. Sebelum Energi Listrik dari panel surya digunakan untuk suplai daya pada peralatan elektronik, umumnya energi listrik yang dihasilkan panel surya disimpan terlebih dahulu menggunakan baterai. Dalam proses pengisian baterai, diperlukan tegangan yang stabil agar baterai tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah rangkaian penurunan tegangan DC to DC Buck Converter agar arus dan tegangan sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai.

Panel surya sebenarnya cukup untuk menghasilkan listrik untuk digunakan. Untuk menyimpan energi tersebut ke dalam baterai, kita hanya perlu menurunkan voltase. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem buck-converter untuk menurunkan voltase [5]. Dalam pengisian baterai, Listrik DC harus diatur untuk memastikan bahwa tegangan dan arus yang diterapkan ke baterai berada dalam rentang yang aman dan ideal. Regulator tegangan dan arus mengontrol keluaran daya untuk mencegah tegangan atau arus yang berlebihan merusak baterai [6]. Dalam konteks pendidikan, Dibutuhkan perangkat pendidik (Trainer) yang dapat digunakan sebagai alat pelatihan untuk mengajar siswa tentang cara kerja dan penggunaan Buck Converter dalam sistem pengisian baterai berbasis surya. Dalam penelitian Rahmadiyah dan Sondang (2015) [7], Hasil penilaian siswa terhadap Trainer sebagai media pembelajaran mendapat persentase 92,25% dengan kategori sangat baik; penilaian sikap siswa mendapat nilai rata-rata 3,14 dengan kategori sangat baik; penilaian kognitif siswa mendapat nilai rata-rata 3,23 dengan kategori sangat baik; dan penilaian psikomotor siswa mendapat nilai rata-rata 2,98 dengan kategori sangat baik.

Dalam artikel ini, kami membahas desain dan pembuatan Trainer pengisian daya baterai menggunakan panel surya 12 Volt 1,5 WP yang dilengkapi dengan DC to DC Buck Converter. Kami juga membahas analisis kinerja Buck Converter dalam menurunkan tegangan dari panel surya agar sesuai dan stabil untuk pengisian baterai. Tujuan dari pengisian daya ini adalah untuk memberi siswa atau mahasiswa alat bantu praktikum untuk mempelajari Mekanisme penurunan Tegangan panel surya 12 Volt 1,5 WP menggunakan rangkaian Buck Converter serta melatih siswa untuk menghitung lama pengisian baterai. Dengan adanya Trainer ini, diharapkan siswa atau mahasiswa dapat memahami konsep dasar konversi daya listrik dan dapat melakukan perhitungan matematis untuk mengetahui lama pengisian baterai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Trainer kit Elektronika

Menurut Listiyawan et al. (2023) [8], Trainer adalah alat pembelajaran yang terdiri dari kumpulan elemen dari rangkaian terintegrasi yang dapat membantu menerapkan teori dalam praktik tertentu. Tujuan penggunaan alat peraga ini adalah untuk memberikan gambaran nyata tentang bahan yang dibahas dalam materi pembelajaran [9].

2.2 Modul Surya

Modul surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi foton menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik. Dalam penelitian ini, modul surya dengan spesifikasi tegangan 12 volt memiliki kekurangan, yaitu tegangan keluaran panel surya atau solar cell 12 Volt biasanya antara 16 dan 21 Volt [10].

2.3 Buck Converter

Menurut Sapteka (2023) [11], Konverter Buck, juga dikenal sebagai konverter step-down, adalah konverter daya DC-DC yang berfungsi untuk meningkatkan arus sambil menurunkan tegangan dari input ke beban (output). Komponen ini umum digunakan untuk mengatur suplai daya pada sistem berbasis mikrokontroler atau baterai [5]. Dalam perancangan trainer ini, rangkaian Buck converter menurunkan tegangan masukan yang berasal dari modul surya sebesar 12 volt menjadi 5 volt.

2.4 Baterai *Rechargeable*

Dalam sistem tenaga surya, baterai berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh sistem [12]. Baterai Rechargeable atau yang biasa disebut Baterai Sekunder merupakan baterai yang dapat digunakan berkali-kali. Dibandingkan dengan jenis baterai sekunder lainnya, baterai ini lebih ringan, memiliki energi densitas tinggi, tidak memiliki efek memori, dan tahan lama (selama sepuluh tahun atau lebih) [13].

2.5 Modul Pengisian Baterai TP4056

Modul pengisian baterai TP4056 banyak digunakan untuk mengisi baterai lithium secara aman dengan metode pengisian CC-CV (Constant Current - Constant Voltage). LED berwarna merah menunjukkan mode pengisian/pengisian baterai dan LED berwarna hijau menunjukkan mode penuh/pengisian penuh [14]. Modul ini memiliki fitur proteksi tegangan yang memungkinkan baterai bertahan lebih lama dan melakukan recharge secara otomatis [15].

2.6 Beban Listrik

Beban listrik adalah suatu perangkat yang dapat beroperasi jika dialiri arus listrik dan digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis energi dari listrik, seperti panas, cahaya, gerak, dan sebagainya [16]. Dalam perancangan trainer ini, Beban listrik seperti kipas DC, LED HPL, dan buzzer digunakan untuk menguji kinerja dari sistem konversi daya dan baterai. Masing-masing memiliki karakteristik beban resistif atau induktif dan memberikan variasi konsumsi daya dalam pengujian sistem [17].

3. METODE PENELITIAN

Kegiatan perancangan Trainer ini dilakukan di dua lokasi utama. Lokasi pertama yaitu Selasar Gedung B12 Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, digunakan sebagai tempat untuk perakitan dan perancangan Trainer. Sedangkan untuk pengujian kinerja Trainer, dilakukan di lapangan parkir Gedung Graha Cakrawala Universitas Negeri Malang yang memungkinkan pencahayaan matahari secara langsung dan optimal. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Mei 2025 dan terdiri dari beberapa tahapan penting

mulai dari identifikasi masalah hingga pengujian kinerja Trainer. Berikut adalah alur tahapan metode penelitian yang dilakukan:



3.1 Identifikasi Masalah

Berdasarkan observasi di lingkungan pembelajaran, ditemukan bahwa materi mengenai prinsip kerja DC to DC buck converter masih bersifat teoritis dan kurang didukung oleh alat bantu visual atau praktik langsung. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi berupa Trainer edukatif yang mampu mensimulasikan proses penurunan tegangan dari panel surya ke baterai secara nyata.

3.2 Studi Literatur dan Identifikasi Komponen

Studi ini mencakup pencarian referensi dari jurnal, buku teknik elektro, serta spesifikasi datasheet komponen. Dari hasil kajian tersebut, peneliti mengidentifikasi berbagai komponen yang diperlukan. Komponen-komponen ini nantinya akan dirangkai menjadi sistem Trainer edukatif.

3.3 Perancangan Rangkaian Buck Converter

Tahap selanjutnya adalah perancangan skematik rangkaian buck converter yang akan digunakan dalam Trainer. Rangkaian ini disusun berdasarkan prinsip dasar konversi tegangan step-down, di mana tegangan output yang lebih rendah dihasilkan dari tegangan input yang lebih tinggi menggunakan teknik switching.

3.4 Simulasi Menggunakan Multisim

Untuk memastikan bahwa rangkaian bekerja sesuai rancangan, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Multisim. Melalui simulasi ini, dapat diamati bagaimana tegangan dan arus berperilaku saat input dari panel surya masuk ke sistem dan dialirkan ke baterai.

3.5 Perakitan Trainer

Setelah rangkaian divalidasi melalui simulasi, dilakukan proses perakitan Trainer. Seluruh komponen yang telah diidentifikasi disusun secara sistematis di atas papan PCB dan dimasukkan ke dalam casing Trainer yang ringkas dan mudah dibawa.

3.6 Pengujian Kinerja Buck Converter dan Trainer

Trainer yang telah dirakit kemudian diuji di lapangan terbuka. Tempat ini dipilih karena memungkinkan panel surya menerima cahaya matahari secara optimal. Pengujian bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan buck converter dalam menurunkan tegangan input dari panel surya ke level yang sesuai untuk pengisian baterai.

3.7 Analisis Data dan Evaluasi Kelayakan

Tahap akhir dari penelitian adalah menganalisis hasil pengujian dan mengevaluasi kelayakan Trainer sebagai media pembelajaran. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui efisiensi kerja buck converter, keakuratan konversi tegangan, serta kepraktisan penggunaan alat di lingkungan pendidikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Alat Praktikum Trainer Pengisian Daya Baterai Berbasis DC To DC Buck Converter Menggunakan Panel Surya 1,5WP

Alat yang telah dirancang pada penelitian ini adalah media pembelajaran dalam bentuk Trainer Pengisian Baterai dengan sumber tegangan berupa modul surya 12V 1,5WP yang dilengkapi dengan rangkaian buck converter guna menurunkan tegangan input dari modul surya. Bentuk Fisik Trainer dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 1. Bentuk Fisik Trainer Tampak Depan

Setiap lubang pada Trainer ini berfungsi sebagai tempat terhubungnya kabel agar setiap komponen dapat terhubung dan berfungsi dengan baik.

4.2 Pengujian Rangkaian Buck Converter

Pengujian Rangkaian Buck Converter pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian pengujian, yaitu pengujian rangkaian buck converter dengan satu modul surya dan pengujian rangkaian buck converter dengan dua modul surya.

4.2.1 Pengujian rangkaian Buck Converter dengan satu Modul Surya

Pengujian pada rangkaian buck converter menggunakan satu modul surya dilakukan setiap 5 menit sekali dalam 10 kali pengujian pada pukul 09:50-10:35. Berikut adalah Skema rangkaian untuk sumber tegangan 1 modul surya



Gambar 2. Rangkaian Trainer untuk 1 Modul Surya

Dalam pengujian ini, digunakan aplikasi Lux Light Meter Pro pada Mobile Phone guna mengetahui besarnya intensitas Cahaya. Pada pengujian ini, intensitas Cahaya dalam satuan lux diukur menggunakan aplikasi Lux Light Meter Pro. Dari hasil pengukuran intensitas Cahaya, didapatkan data intensitas Cahaya (Lux) maksimal pada aplikasi Lux Light Meter Pro sebesar 65535 Lux dengan kalibrasi 1x. Data hasil Pengujian ditampilkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Percobaan Menggunakan 1 Modul Surya

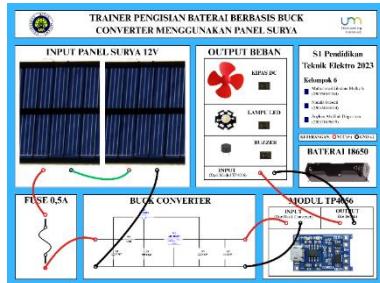
No	Waktu (t)	Modul Surya		Buck Converter		Selisih		η (%)
		V	I	V	I	V	I	
1	09:50	11, 7	62, 8	4,9	62, 7	6,8	0,1	43,79
2	09:55	12, 1	65, 8	5,0	64, 9	7,1	0,9	43,94
3	10:00	12, 1	79,	5,0	77,	7,3	1,6	41,20

		3	3	7				
4	10:05	12, 7	85, 9	5,1	83, 4	7,6	2,5	39,18
5	10:10	12, 7	86, 1	5,0	81, 3	7,7	4,8	37,42
6	10:15	13, 4	86, 1	5,0	81, 0	8,4	5,1	34,90
7	10:20	13, 3	86, 0	5,0	79, 7	8,3	6,3	34,92
8	10:25	13, 8	87, 5	5,0	82, 8	8,8	4,7	34,07
9	10:30	13, 7	91, 3	5,0	86, 3	8,7	10, 7	32,18
1	10:35	14, 1	98, 8	5,1	86, 9	9,0	11, 9	31,66

5	10:10	25, 3	86, 7	5,1	81, 3	20, 3	5,6	18,65
6	10:15	25, 8	89, 4	5,0	81, 0	20, 8	8,4	17,59
7	10:20	26, 0	89, 8	5,0	79, 7	21, 0	10, 1	17,09
8	10:25	26, 3	88, 9	5,0	82, 8	21, 0	6,7	18,12
9	10:30	26, 5	89, 3	5,0	86, 3	21, 5	8,7	17,02
1	10:35	27, 1	90, 1	5,1	86, 9	22, 0	3,2	18,24

4.2.2 Pengujian rangkaian Buck Converter dengan dua Modul Surya

Pengujian pada rangkaian buck converter menggunakan dua modul surya dilakukan setiap 5 menit sekali dalam 10 kali pengujian pada pukul 09:50-10:35. Berikut adalah Skema rangkaian untuk sumber tegangan 2 modul surya



Gambar 3. Rangkaian Trainer untuk 2 Modul Surya

Dalam pengujian ini, digunakan aplikasi Lux Light Meter Pro pada Mobile Phone guna mengetahui besarnya intensitas Cahaya. Pada pengujian ini, intensitas Cahaya dalam satuan lux diukur menggunakan aplikasi Lux Light Meter Pro. Dari hasil pengukuran intensitas Cahaya, didapatkan data intensitas Cahaya (Lux) maksimal pada aplikasi Lux Light Meter Pro sebesar 65535 Lux dengan kalibrasi 1x. Data hasil Pengujian ditampilkan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2 Hasil Percobaan Menggunakan 2 Modul Surya

No	Waktu (t)	Modul Surya		Buck Converter		Selisih		η (%)
		V	I	V	I	V	I	
1	09:50	23, 9	69, 6	5,1	62, 7	18, 8	6,9	18,90
2	09:55	24, 1	75, 6	5,1	64, 9	19, 0	10, 7	17,49
3	10:00	24, 1	74, 3	5,0	77, 7	19, 1	3,4	21,71
4	10:05	24, 7	86, 2	5,1	83, 4	19, 6	2,8	19,92

4.3 Pembahasan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa rangkaian buck converter dalam menurunkan tegangan dari satu modul surya sebelum diteruskan ke modul TP4056 yang berfungsi sebagai pengisi daya baterai. Selama pengujian, intensitas cahaya diatur tetap pada kisaran maksimal aplikasi Lux Light Meter Pro, yaitu 65535 Lux. Meskipun nilai lux tampak konstan, terdapat variasi pada parameter kelistrikan (tegangan dan arus) yang disebabkan oleh faktor waktu dan paparan sinar matahari terhadap panel surya.

Gambar 4 Grafik Pengujian Menggunakan 1 Modul Surya



Berdasarkan grafik hasil percobaan dengan satu modul surya, tegangan dari panel meningkat seiring waktu, sementara tegangan keluaran buck converter tetap stabil di kisaran 5 V. Ini menunjukkan bahwa buck converter berfungsi dengan baik dalam menstabilkan tegangan. Pada grafik arus, arus dari panel juga meningkat, namun arus keluaran buck converter selalu lebih rendah, menandakan adanya rugi daya dalam proses konversi. Efisiensi rata-rata rangkaian buck converter dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{43,79 + 43,94 + 41,20 + 39,18 + 37,42 + 34,90 + 34,07 + 32,18 + 31,66}{10} = 37,63\%$$



Berdasarkan grafik hasil percobaan menggunakan dua modul surya, terlihat bahwa tegangan dari panel surya meningkat secara bertahap dari sekitar 23,9 V hingga 27,1 V. Sementara itu, tegangan keluaran dari buck converter tetap stabil di kisaran 5 V, menunjukkan bahwa buck converter berhasil menjaga tegangan output meskipun input mengalami perubahan. Pada grafik arus, arus dari panel surya juga mengalami kenaikan dari 69,6 A hingga 90,1 A, sedangkan arus keluaran dari buck converter umumnya lebih rendah, meskipun sempat lebih tinggi pada data tertentu. Hal ini mengindikasikan adanya fluktuasi dalam konversi daya. Efisiensi rata-rata rangkaian buck converter dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{18,90 + 17,49 + 21,71 + 19,92 + 18,65 + 17,59 + 17,09 + 18,12 + 17,02 + 18,24}{10} = 18,67\%$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa trainer pengisian daya baterai berbasis DC to DC buck converter yang dirancang berhasil menurunkan dan menstabilkan tegangan dari modul surya 12V 1,5WP menjadi sekitar 5V, sesuai dengan kebutuhan modul pengisi baterai TP4056. Pengujian dilakukan menggunakan satu dan dua modul surya, menunjukkan bahwa penambahan jumlah modul surya meningkatkan daya input, namun tidak mempengaruhi arus pengisian karena dikontrol oleh TP4056.

Rangkaian buck converter menunjukkan kinerja yang baik dalam menyesuaikan tegangan input untuk pengisian baterai, tetapi memiliki efisiensi rata-rata yang berbeda tergantung pada jumlah modul surya. Dengan 1 modul surya, efisiensi rata-rata mencapai sekitar 37,63%, sedangkan dengan 2 modul surya efisiensinya turun menjadi sekitar 18,67%, yang menunjukkan adanya peningkatan rugi daya pada arus dan tegangan

yang lebih tinggi. Kesimpulan harus mengindikasi secara jelas hasil-hasil yang diperoleh, kelebihan dan kekurangannya, serta kemungkinan pengembangan selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan terhadap penelitian ini khususnya dosen pembimbing matakuliah elektronika daya dan teman-teman kelas prodi S1 Pendidikan Teknik Elektro Offering B Universitas Negeri Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Effendi, "Analisis Penggunaan Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 6, no. 4, pp. 1298–1302, 2023, doi: 10.31004/jutin.v6i4.20634.
- [2] L. Lubna, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Potensi Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Pelita J. Penelit. dan Karya Ilm.*, vol. 21, no. 1, pp. 76–79, 2021, doi: 10.33592/pelita.v21i1.1269.
- [3] A. Kharisma, S. Pinandita, and A. E. Jayanti, "Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 145–154, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.23956.
- [4] S. Widyawati Putri, G. Marausna, and E. Eko Prasetyo, "Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Panel Surya," *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 29–37, 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i1.442.
- [5] J. W. Sukmasae and S. R. Akbar, "Simulasi Buck Converter Pada Perancangan Alat Pengisian Daya Baterai LiPO," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik>
- [6] D. A. Fadilla and M. Adli, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN DAN MONITORING BATERAI 48 VOLT DENGAN SUMBER PLN," *Konf. Nas. Soc. dan Eng. Politek. Negeri Medan*, vol. 5, no. 1, pp. 590–598, 2024, doi: <https://doi.org/10.51510/konsep.v5i1.1823>.
- [7] I. P. Rahmadiyah and M. Sondang, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN TRAINER ELEKTRONIKA DIGITAL UNTUK

- MATA PELAJARAN TEKNIK ELEKTRONIKA DASAR Inggit Pangestu Rahmadiyah Abstrak,” *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 145–152, 2015, doi: <https://doi.org/10.26740/jpte.v4n1.p%25p>.
- [8] A. D. Listiyawan, Irwanto, and M. Fatkhurrokhman, “Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Elektronika Daya di Laboratorium Vokasional Teknik Elektro,” *J. Educ.*, vol. 06, no. 01, pp. 4716–4723, 2023.
- [9] G. Manus, D. J. Mamahit, and S. R. U. Sompie, “Perancangan dan Pembuatan TrainerPraktikum Sistem Digital di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi,” *E-journal Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 41–47, 2017.
- [10] A. K. Albahar and M. F. Haqi, “PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA (PV) TERHADAP KELUARAN DAYA,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 8, no. 2, pp. 115–122, 2020.
- [11] A. N. G. Sapteka, *BUKU AJAR ELEKTRONIKA DAYA (Edisi 2)* POLITEKNIK NEGERI BALI, no. Edisi 2. 2023.
- [12] S. Safrudin, O. A. Rozak, M. Zulfikar, and R. Nurhadi, “PEMANFAATAN PANEL SURYA OFF-GRID 100 WP SEBAGAI SUMBER ENERGI SISTEM PENDETEKSI DAN PENANGGULANGAN BANJIR,” *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.*, vol. 13, no. 1, 2025.
- [13] F. A. Perdana, “Baterai Lithium,” *INKUIRI J. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. 2, p. 113, 2021, doi: 10.20961/inkuiri.v9i2.50082.
- [14] N. E. Budiyanta, M. C. Wishnu, D. R. W, and L. Lukas, “Perancangan Fidget Device Berbasis Internet Of Things,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.24912/tesla.v21i1.3241.
- [15] A. P. Abiyasa, I. W. Sukadana, I. W. Sutama, and I. W. Sugarayasa, “Datalogger Portabel Online Untuk Remote Monitoring Menggunakan Arduino Mikrokontroler,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro (FORTEI 2017)*, pp. 5–10, 2017, [Online]. Available: www.wampserver.com.
- [16] Juhana, “Analisa Pengaruh Beban Linier Dan Beban Non Linier Terhadap Fungsi Kerja Miniature Circuit Breaker,” *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 1, no. 1, pp. 13–23, 2018, doi: 10.32493/epic.v1i1.1033.
- [17] Y. Herdanu and W. Yuniarto, “Rancang Bangun Perangkap Nyamuk Portabel dengan Sumber Listrik Utama dan Alternatif,” *LANCAH J. Inov. dan Tren*, vol. 3, no. 1, pp. 205–218, 2025.