

SKRIPSI

**OPTIMALISASI *INVERTER* SATU FASA 8 LEVEL 1000 Wp
SINUSOIDAL PWM (*PULSE WIDTH MODULE*)**



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

AULIA RAHMI DALIMUNTE

03041382025104

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI *INVERTER* SATU FASA 8 LEVEL 1000 Wp
SINUSOIDAL PWM (PULSE WIDTH MODULE)



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

AULIA RAHMI DALIMUNTE

03041382025104

Palembang, 6 Juli 2024

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.F., M.Eng., Ph.D., IPU.

NIP: 197108141999031005

Dr. Ir. Armin Sofijan, M. T.

NIP: 196411031995121001

LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).



Tanda Tangan : _____
Pembimbing Utama : Dr.Ir.Armin Sofijan, M.T.
Tanggal :

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

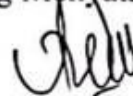
Nama : Aulia Rahmi Dalimunte
NIM : 03041382025104
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**OPTIMALISASI INVERTER SATU FASA 8 LEVEL 1000 Wp
SINUSOIDAL PWM (PULSE WIDTH MODULE)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Palembang
Pada Tanggal: 6 Juli 2024
Yang Menyatakan



Aulia Rahmi Dalimunte

LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aulia Rahmi Dalimunte
NIM : 03041382025104
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan

Software iThenticate/Turnitin:7%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul **“Optimalisasi Inverter Satu Fasa 8 Level 1000 Wp Sinusoidal Pwm (Pulse Width Module)”** merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 6 Juli 2024



Aulia Rahmi Dalimunte
NIM. 03041382025104

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat Rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan penulisan dan pembuatan Tugas Akhir yang berjudul **“Optimalisasi Inverter Satu Fasa 8 Level 1000 Wp Sinusoidal Pwm (Pulse Width Module)”** yang telah dilaksanakan dari bulan Agustus 2023 sampai Juni 2024 sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Shalawat serta salam tidak hentinya tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya yang insyaAllah hingga akhir zaman.

Penulisan tugas akhir ini terlaksana berkat bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih terutama pada dosen Pembimbing Tugas Akhir yakni Bapak Dr.Ir.Armin Sofijan, M.T. yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan kepada penulis. Lalu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Orang Tua saya, Ayah dan Mama serta saudara saya yang telah mendoakan, memberikan semangat, motivasi, dan dukungan tanpa henti kepada penulis.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Dr.Ir.Armin Sofijan, M.T., Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya yang telah membimbing dan mengarahkan selama penyusunan dan pembuatan tugas akhir penulis.
4. Ibu Hermawati, S.T, M.T., Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T., yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penelitian yang dilakukan agar menjadi lebih baik.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. M Riski Edly yang telah membantu penulis dalam pe8 Level alat, memberikan semangat serta dukungan selama di perkuliahan.

7. Teman-teman satu bimbingan Bapak Dr.Ir.Armin Sofijan, M.T., yang telah menjadi salah satu alasan untuk menyelesaikan tugas akhir ini sebaik mungkin terutama yara yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dan teman-teman Angkatan Teknik Elektro 2020 yang sudah menjalani perkuliahan bersama-sama.
8. Kepada diri sendiri karena telah kuat dalam menjalani perkuliahan dengan semangat dan tanpa ada kata putus asa hingga bisa menyelesaikan sampai ke Skripsi ini.

Penulis menyadari terdapat kesalahan yang berasal dari keterbatasan pengetahuan serta kemampuan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dan pembaca agar memperbaiki tugas akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, Penulis berharap semoga tugas akhir ini menjadi ilmu dan bermanfaat bagi para pembaca terutama Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Univeristas Sriwijaya dan masyarakat umum.

Palembang, 6 Juli 2024



Aulia Rahmi Dalimunte

NIM. 03041382025104

ABSTRAK

OPTIMALISASI INVERTER SATU FASA 8 LEVEL 1000 WP

SINUSOIDAL PWM (PULSE WIDTH MODULE)

(Aulia Rahmi Dalimunte, 03041382025104, 79 halaman)

Manusia sangat bergantung pada listrik, baik untuk keperluan rumah tangga maupun industri. Dengan pertumbuhan populasi, permintaan listrik meningkat. Pembangkit listrik berkembang untuk memenuhi kebutuhan ini, termasuk di wilayah terpencil, maka dengan itu di perlukannya inverter untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Penelitian ini bertujuan Merancang *inverter* satu fasa 8 level 1000 watt *sinusoidal PWM* untuk mendapatkan hasil keluaran yang lebih baik dari pada inverter yang ada di Taffware. Dari hasil penelitian selama 10 hari menunjukkan bahwa prototipe *inverter* satu fasa 8 level 1000 watt *sinusoidal PWM* sudah beroperasi dengan baik dengan nilai tegangan keluaran pada *inverter* Taffware memiliki nilai rata-rata yang lebih besar yaitu 226 V namun nilai tegangan keluaran pada *inverter* 8 Level memiliki nilai rata-rata sebesar 218 V lebih mendekati nilai standar tegangan keluaran yaitu 220 Volt. Sedangkan nilai arus yang didapatkan pada *inverter* 8 Level lebih besar dengan nilai 0,88 A dibandingkan pada *inverter* Taffware 0,43 A.

Kata Kunci – *Inverter*, *Inverter* Multilevel, Sinusoidal PWM

ABSTRACT

OPTIMALIZATION OF A 1000 WP SINUSOIDAL PWM (PULSE WIDTH MODUL) 8 LEVEL ONE PHASE INVERTER

(Aulia Rahmi Dalimunte, 03041382025104, 79 pages)

Humans are highly dependent on electricity, both for household and industrial needs. With population growth, the demand for electricity increases. Power plants are developing to meet this need, including in remote areas, hence the necessity for inverters to convert direct current (DC) to alternating current (AC). This research aims to design a single-phase 8-level 1000-watt sinusoidal PWM inverter to achieve better output results than the existing inverters from Taffware. The results of the 10-day study show that the single-phase 8-level 1000-watt sinusoidal PWM inverter prototype operates well, with the output voltage value of the Taffware inverter having a higher average value of 226 V, while the output voltage value of the 8 Level inverter has an average value of 218 V, which is closer to the standard output voltage value of 220 V. On the other hand, the current value obtained from the 8 Level inverter is higher, with a value of 0.88 A, compared to the Taffware inverter, which has a value of 0.43 A.

Keywords : *Inverter, Multilevel Inverter, Sinusoidal PWM*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>State Of The Art</i>	4
2.2 <i>Inverter</i>	4
2.3 Komponen – Komponen Pada <i>Inverter</i>	5
2.3.1 Komparator	5
2.3.2 MOSFET	5
2.3.3 Transformator	6
2.3.4 Kapasitor	6
2.3.5 Resistor	6
2.4 Jenis – Jenis <i>Inverter</i>	8
2.4.1 <i>Inverter Grid - Tied</i>	8

2.4.2	<i>Inverter square wave</i>	9
2.4.3	<i>Inverter Modified Sine Wave</i>	10
2.4.4	<i>Inverter Pure Sine Wave</i>	10
2.4.5	<i>High Frequency Inverter</i>	11
2.4.6	<i>Low Frequency Inverter</i>	11
2.5	Prinsip Kerja <i>Inverter</i>	12
2.5.1	<i>Full Bridge Inverter</i>	12
2.5.2	<i>Push Pull Inverter</i>	13
2.6	PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	14
2.7	Baterai	16
BAB III		21
METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Metode Penelitian	21
3.2	Diagram Alir Penelitian	22
3.3	Lokasi Dan Waktu Penelitian	22
3.4	Alat Dan Bahan	23
3.5	Spesifikasi Alat	25
3.6	Desain Alat	26
3.7	Skema Pengambilan Data	26
3.7.1	Diagram Blok Sistem <i>Inverter</i>	26
3.7.2	Skema Sistem <i>Inverter</i>	27
3.8	Desain <i>wiring inverter</i>	28
3.9	One Line Diagram <i>Inverter</i>	28
3.10	One line diagram <i>inveter 8 level</i>	29
3.11	Prosedur Penelitian	30
BAB IV		32
HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Umum	32
4.2	Data Penghasilan Pengukuran	33

4.2.1	Gelombang Keluaran <i>Inverter</i>	33
4.2.1.1	Gelombang Keluaran <i>Inverter</i> Pada Beban 250 watt	33
4.2.1.2	Gelombang Keluaran <i>Inverter</i> Pada Beban 500 watt	45
4.2.1.3	Gelombang Keluaran <i>Inverter</i> Pada Beban 750 watt	53
4.2.1.4	Gelombang Keluaran <i>Inverter</i> Pada Beban 1000 watt	55
4.2.2	Data Hasil Pengujian <i>Inverter</i> 8 Level	57
4.2.2.1	Pengujian <i>Inverter</i> 8 Level Pada Beban 250 Watt	57
4.2.2.2	Pengujian <i>Inverter</i> 8 Level Pada Beban 500 Watt	60
4.2.2.3	Pengujian <i>Inverter</i> 8 Level Pada Beban 750 watt	62
4.2.2.4	Pengujian <i>Inverter</i> 8 Level Pada Beban 1000 watt	63
4.2.3	Data Hasil Pengujian <i>Inverter</i> Taffware	63
4.2.3.1	Pengujian <i>Inverter</i> Taffware Pada Beban 250 watt	63
4.2.3.2	Pengujian <i>Inverter</i> Taffware Pada Beban 500 watt	66
4.2.3.3	Pengujian <i>Inverter</i> Taffware Pada Beban 750 watt	67
4.2.3.4	Pengujian <i>Inverter</i> Taffware Pada Beban 1000 watt	68
4.3	Perhitungan Daya	68
4.3.1	Daya Keluaran Pada Beban 250 watt	68
4.3.2	Daya Keluaran Pada Beban 500 watt	69
4.3.3	Daya Keluaran Pada Beban 750 watt	69
4.3.4	Daya Keluaran Pada Beban 1000 watt	70
4.4	Kapasitas Energi Pada Baterai	70
4.5	Analisa Hasil Pengujian	70
BAB V		76
KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	KESIMPULAN	76
5.2	SARAN	76
DAFTAR PUSTAKA		77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Dan Bahan Pada <i>Inverter</i>	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat <i>inverter</i>	25
Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian	31
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Gelombang Keluaran Inverter Pada Beban 250 watt	33
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Gelombang Keluaran Inverter Pada Beban 500 watt	45
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Gelombang Keluaran Inverter Pada Beban 750 watt	53
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Gelombang Keluaran Inverter Pada Beban 1000 watt	56
Tabel 4.5 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter 8 Level Pada Beban 250 watt	57
Tabel 4.6 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter 8 Level Pada Beban 500 watt	60
Tabel 4.7 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter 8 Level Pada Beban 750 watt	62
Tabel 4.8 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter 8 Level Pada Beban 1000 watt	63
Tabel 4.9 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter Taffware Pada Beban 250 watt	63
Tabel 4.10 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter Taffware Pada Beban 500 watt	66
Tabel 4.11 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter Taffware Pada Beban 750 watt	67
Tabel 4.12 Data Hasil Tegangan Dan Arus Keluaran Inverter Taffware Pada Beban 1000 watt	68
Tabel 4.13 Data Hasil Daya Keluaran Inverter 8 Level dan Taffware Pada Beban 250 watt	68
Tabel 4.14 Data Hasil Daya Keluaran Inverter 8 Level dan Taffware Pada Beban 500 watt	69

Tabel Tabel 4.15 Data Hasil Daya Keluaran Inverter 8 Level dan Taffware Pada Beban 750 watt	69
Tabel 4.16 Data Hasil Daya Keluaran Inverter 8 Level dan Taffware Pada Beban 1000 watt	70
Tabel 4.17 Data Hasil Perhitungan Kapasitas Baterai.....	70

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, ketergantungan manusia pada listrik sangat besar dalam aktivitas sehari-hari, baik untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun dalam industri. Permintaan akan energi listrik terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi. Untuk memenuhi permintaan yang terus bertambah ini, pembangkit listrik juga terus berkembang dan menjangkau wilayah-wilayah terpencil. Dalam menunjang kinerja dari pembangkit listrik maka digunakanlah *inverter*. Dimana alat ini berfungsi sebagai alat untuk mengubah arus searah (*direct current*) menjadi Arus bolak-balik (*Alternating current*) [1].

Arus dapat diperoleh dari baterai, akumulator, dan sel surya. Jika masyarakat ingin membangun pembangkit listrik tenaga surya maka memerlukan *inverter*. *Inverter* mempunyai empat bentuk gelombang keluaran yaitu gelombang persegi, gelombang sinus, gelombang sinus termodifikasi dan Modulasi pulsa gelombang lebar. Dari beberapa gelombang tersebut dibuatlah 8 Level *inverter* dengan menggunakan keluaran *sinusoidal*.

Penulis membuat desain *inverter* satu fasa ini untuk menyelesaikan tugas akhir dan penelitian mengenai keluaran gelombang sinus, tegangan, dan arus yang dihasilkan oleh *inverter*. Analisis hasil tegangan dan arus yang dihasilkan akan dilihat dalam bentuk grafik serta daya keluaran. Jika hasil keluaran tegangan dan arus yang didapatkan saat penelitian baik maka *inverter* tersebut dapat digunakan dengan baik dan juga aman.

Desain *inverter* ini menggunakan modulasi gelombang sinus murni dan mempunyai kapasitas 1000 W, dimana menggunakan baterai sebagai sumber listrik untuk mensuplai ke rumah- rumah serta perkantoran.

Terutama untuk menciptakan tegangan yang berkualitas baik dan dapat digunakan pada perangkat elektronik di rumah tangga, Maka penulis disini merancang sebuah perangkat *inverter* untuk mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik dan dengan demikian menjadi energi listrik yang sama dengan PLN.

1.2 Rumusan Masalah

Pada dasarnya penggunaan *inverter* memerlukan proses *step-up* yang stabil dari permulaan awal hingga *inverter* berhenti bekerja tepat waktu. Berdasarkan penelitian sebelumnya gelombang sinus pada *power inverter* Tegangan 1300 W mempunyai gelombang sinus yang tidak stabil. Maka dari itu penulis akan melakukan penelitian dengan membuat 8 level tingkatan pada *inverter* untuk menghasilkan gelombang sinus yang lebih baik.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dari rumusan masalah di atas maka dalam penelitian ini penulis mempunyai ruang lingkup penelitian yaitu:

1. *Inverter* yang di rancang berkapasitas 1000 watt.
2. Sumber tegangan menggunakan aki sebesar 24 V DC.
3. Tidak melakukan perhitungan yang ditinjau dari sisi ekonomis.
4. Bentuk gelombang dilihat pada osiloskop.
5. Pengambilan data yang dilakukan menggunakan beban lampu sorot *LED* 250, 500, 750, 1000 watt.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan skripsi ini yaitu:

1. Merancang *inverter* satu fasa 8 level 1000 watt *sinusoidal PWM*.
2. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang mendekati standar yaitu 220 V dan arus yang lebih besar pada keluaran *inverter*.
3. Analisis serta menghitung daya keluaran dan energi pada baterai.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam tugas akhir ini secara keseluruhan terdiri dari lima bab yang diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mendeskripsikan tentang pengertian *inverter*, komponen *inverter*, prinsip kerja *inverter* dan pengertian metode *SPWM*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan memakai alat dan bahan, seperti driver egs 002, Transformator CT, Kapasitor, Transistor, Osiloskop, yang mempunyai sumber tegangan 12 volt.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang data-data yang dikumpulkan dari hasil *inverter* 1000 Wp yaitu hasil Keluaran tegangan, arus, dan gelombang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berupa kesimpulan dari penelitian serta saran-saran untuk mengembangkan penelitian ini kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Apriani and T. Barlian, “Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga,” *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, p. 203, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1233.
- [2] A. Sofijan, H. Alwani, M. Suparlan, T. Elektro, U. Sriwijaya, and G. Sinusoidal, “Desain Dan Optimalisasi Inverter Sinusoidal 1300 Va Pada Solar Renewable System,” pp. 23–24, 2019.
- [3] F. Faroda, “Analisis Inverter Pada Pembangkit Listrik Kapagen Dengan Menggunakan Grounding,” *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, p. 228, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1254.
- [4] H. Weiss, ““Modular quasi-8-level inverter topology by binary voltage adding through transformers with test bench results,”” *Eur. Conf. Power Electron. Appl.*, pp. 1–8, 2011.
- [5] D. Susanto, “Komparator Integrated Circuit Digital,” *J. Instrumentasi dan Teknol. Kebumihan*, vol. 1, no. 1, pp. 22–27, 2022.
- [6] D. Nugraha and K. Krismadinata, “Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Dengan Dengan Modulasi Lebar Pulsa PWM Menggunakan Antarmuka Komputer,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 340, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.108035.
- [7] Y. A. M. Ambabunga, H. Masiku, and E. A. M. Sampetoding, “Karakteristik Transformator 3 Fasa (Hubung Bintang Dan Delta) Pada Sistem Tenaga Listrik Ac,” *J. Dyn. Saint*, vol. 6, no. 1, pp. 12–18, 2021, doi: 10.47178/dynamicsaint.v6i1.1195.
- [8] A. B. Ar Rahmaan, “Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Kualitas Daya Pada Sistem Kelistrikan Pt. Semen Indonesia Aceh Menggunakan Metode Genetic Algorithm (Ga),” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16123.
- [9] I. Y. Basri and D. Irfan, *Komponen Elektronika*, vol. 53, no. 9. 2018.
- [10] S. SAODAH and S. UTAMI, “Perancangan Sistem Grid Tie Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 7, no. 2, p. 339, 2019, doi:

- 10.26760/elkomika.v7i2.339.
- [11] D. Istardi and A. Wirabowo, "Rancang Bangun Square Wave Full-Bridge Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Mikro," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 9, no. 01, pp. 18–23, 2019, doi: 10.33504/manutech.v9i01.26.
- [12] S. Mansour and M. Abdelati, "Design and Analysis of Modified Sine Wave Inverter," *ResearchGate*, no. September, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/327931598%0ADesign>.
- [13] Y. Wang, O. Lucia, Z. Zhang, Y. Guan, and D. Xu, "Review of very high frequency power converters and related technologies," *IET Power Electron.*, vol. 13, no. 9, pp. 1711–1721, 2020, doi: 10.1049/iet-pel.2019.1301.
- [14] M. D. Siddique *et al.*, "Single-phase hybrid multilevel inverter topology with low switching frequency modulation techniques for lower order harmonic elimination," *IET Power Electron.*, vol. 13, no. 17, pp. 4117–4127, 2020, doi: 10.1049/iet-pel.2020.0620.
- [15] Fadhli MR, "Rancang Bangun Inverter 12V DC ke 220V AC Dengan Frekwensi 50Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoidal," *Ranc. Bangun Invert. 12V Dc Ke 220V Ac Dengan Frekwensi 50Hz Dan Gelombang Keluar. Sinusoidal*, vol. 85, no. UI, pp. 1–40, 2010.
- [16] Y. A. Sinaga, A. S. Samosir, and A. Haris, "Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM)," *Electr. - J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 81–91, 2017.
- [17] J. T. Elektro *et al.*, "Perancangan Inverter Satu Fasa Lima Level Modifikasi Pulse Width Modulation."
- [18] F. Kurnia, "Kegiatan Belajar 6 Pwm (Pulse Width Modulation)," 2016, [Online]. Available: <http://elektro.um.ac.id/wp-content/uploads/2016/04/Elektronika-Daya-Jobsheet-6-PWM.pdf>.
- [19] K. Inyama, C. E. Uchegbu, and U. S. Alamezie, "Modeling of a Pure Sine Wave Power Inverter using Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) Technique," no. June, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7988564.
- [20] D. Bidang, T. Material, J. Teknik, and M. Universitas, "Mesa jurnal fakultas teknik universitas subang," *mesa J. Fak. Tek. Univ. subang*, pp.

- 33–45, 1989.
- [21] H. Rusiana Iskandar *et al.*, “Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid Pada PLTS Off-Grid 1 KWP,” *J. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–12, 2021, [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.13.2.129-140>.
- [22] D. G. & J. F. R. M.P. Boland’, “No TitleEΛENH,” *Ayan*, vol. 8, no. 5, p. 55, 1991.
- [23] I. Prasetyo and I. Saputro, “Perbaikan dan perawatan aki basah,” *Surya Tek.*, vol. 3, no. 1, p. 24, 2018, [Online]. Available: https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/surya_teknika/article/download/1274/935.
- [24] M. P. Hamzah; Halilintar, “Penggunaan Solar Home System (SHS) Pada Sistem Kelistrikan Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Pekanbaru,” pp. 1–59, 2016.