

# STUDY IMPLEMENTASI INVERTER MULTILEVEL PADA EMERGENCY TEGANGAN 220 VOLT DI LABORATORIUM PENGUKURAN LISTRIK UNIVERSITAS DARMA AGUNG MEDAN

Oleh:

Wata Peniaman Ndruru<sup>1)</sup>  
Aditya Dakka Tua Manalu,<sup>2)</sup>  
Janter Napitupulu<sup>3)</sup>  
Joslen Sinaga<sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan. <sup>1,2,3,4)</sup>

E-Mail:

[Watadpeniamannruru@gmail.com](mailto:Watadpeniamannruru@gmail.com)<sup>1</sup>

[jnapitupulu96@gmail.com](mailto:jnapitupulu96@gmail.com)<sup>3</sup>

[josinaga1977@gmail.com](mailto:josinaga1977@gmail.com)<sup>4</sup>

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan inverter multilevel sebagai solusi penyediaan tegangan darurat sebesar 220 volt di Laboratorium Pengukuran Listrik Universitas Darma Agung Medan. Kebutuhan daya darurat yang stabil sangat penting untuk mendukung kelancaran aktivitas laboratorium, terutama saat terjadi pemadaman listrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan dan pengujian sistem inverter multilevel, yang dirancang untuk mengonversi daya DC menjadi AC dengan efisiensi tinggi dan tingkat harmonisa rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inverter multilevel mampu menghasilkan tegangan keluaran sebesar 220 volt dengan stabilitas yang baik dan distorsi harmonisa total (THD) yang rendah, sesuai dengan standar IEEE. Implementasi sistem ini juga menunjukkan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan inverter konvensional, sehingga dapat mendukung penggunaan jangka panjang tanpa mengorbankan kinerja. Kesimpulannya, penerapan inverter multilevel di Laboratorium Pengukuran Listrik Universitas Darma Agung Medan berhasil memberikan solusi praktis dan efisien untuk kebutuhan daya darurat. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah pengembangan sistem dengan kapasitas daya lebih besar dan integrasi dengan sumber energi terbarukan untuk mendukung keberlanjutan energi.

**Kata Kunci:** Inverter multilevel, tegangan darurat, distorsi harmonisa, efisiensi energi, laboratorium pengukuran listrik.

## 1. PENDAHULUAN

Inverter multilevel yang merupakan pengembangan dari inverter dua-level konvensional, dalam strukturnya yang relatif sederhana, dimana inverter dua-level telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi. Akan tetapi, dalam beberapa tahun terakhir inverter multilevel terus dikembangkan secara intens

if dan mulai banyak digunakan dalam aplikasi-aplikasi tertentu khususnya yang memerlukan level tegangan lebih tinggi dan kapasitas daya lebih besar. (Faroda, 2018) Hal ini ditunjang oleh beberapa kelebihan yang dimiliki inverter multilevel dibandingkan relatif terhadap inverter dua-level konvensional. Dengan struktur multilevel, gelombang tegangan/ arus dengan riak lebih rendah

dapat diperoleh melalui frekuensi penyaklaran lebih rendah sehingga rugi-rugi dalam konversi daya inverter dapat dikurangi. Selain itu, gelombang tegangan keluaran yang sama dapat diperoleh dari gelombang tegangan masukan yang lebih rendah sehingga stres tegangan yang dirasakan oleh setiap saklar statis inverter menjadi lebih rendah. Ini akan memaparkan bahasan tentang perkembangan berbagai struktur inverter serta perbandingan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing struktur inverter tersebut. (Hidayat et al., 2022)

Penyearah (Rectifier) merupakan pengubah tegangan masukan AC menjadi DC. Catu daya DC tersebut bertugas mengisi energi listrik ke dalam baterai (Energi Storage), sedangkan inverter memberikan fungsi tegangan keluaran berupa AC dari masukan sumber tegangan DC yang dihasilkan oleh baterai untuk penggunaan kebutuhan beban (Critical Load). Inverter ini sangat berperan penting sebagai salah satu komponen baik dikendaraan maupun dirumah, sebagai emergency power saat aliran listrik padam. Selain itu dimasa mendatang, inverter DC ke AC akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi terbarukan sel surya menjadi energi listrik AC yang kita gunakan sehari-hari. Oleh karena itu inverter disebut sebagai alat elektronik yang dapat mengubah sumber energi listrik DC (Direct Current) menjadi sumber listrik AC (Alternating Current) dimana fungsinya digunakan dalam merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Bahkan penggunaannya inverter sudah digunakan pada mobil-mobil listrik sebagai pengubah suplai tegangan DC-AC untuk penggerak motor induksi AC sebagai penggerak utama pada mobil listrik. Inverter yang baik

kerjanya dimana hasil keluaran tegangan dan frekuensinya sama dengan sumber listrik yang dari PLN yang mana gelombang dihasilkan berupa sinus murni. Oleh sebab itu sebagai antisipasi dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, harus ada suatu proses rancang bangun sumber energi listrik pengganti seperti, inverter yang dapat mengubah arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik, dari tegangan input 12 VDC menjadi tegangan output 220 VAC, dengan kebutuhan daya tergantung dari kebutuhan beban yang terpasang dari kebutuhan beban yang terpasang pada inverter. (Asnil et al., 2018)

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Lampu Emergency adalah alat berupa lampu darurat yang akan berfungsi apabila sedang tidak ada aliran listrik atau secara umum disebut mati lampu. Alat ini akan berfungsi secara otomatis dalam keadaan mati lampu, sehingga akan berfungsi sebagai pengganti senter ataupun lilin. (Nurtiyanto et al., 2022)

Lampu Emergency ini dibuat berdasarkan manfaat yang terkandung di dalamnya, yang artinya alat ini mempunyai peran yang dapat mempermudah dalam kehidupan sehari-hari.

Jenis-jenis lampu emergency yaitu:

1. Lampu emergency dengan bentuk kotak dan ukurannya kurang lebih 25cm x 25cm

Lampu emergency ini kebanyakan menggunakan lampu neon ring untuk penerangan, tetapi sekarang banyak juga yang sudah menggunakan lampu LED. Sifat dari bentuk lampu emergency ini adalah untuk penerangan ruangan yang luas, contohnya ruangan utama atau kamar tidur utama di

dalam rumah. Sinar dari lampu emergency kotak mempunyai sudut yang lebar sehingga bisa menerangi ke setiap sudut di dalam ruangan dan biasanya lampu ini digantung di atas tembok atau ditaruh di atas lemari untuk mendapatkan sinar yang luas.

2. Lampu emergency linear atau panjang.  
Lampu emergency linear menggunakan lampu neon TL 18W, tetapi sekarang juga banyak yang sudah menggunakan lampu LED sebagai penerangan utama. Fungsi dari lampu emergency linear juga mirip dengan lampu emergency kotak yang sinarnya

mempunyai sudut yang luas sehingga lebih sering digunakan di ruangan utama dan kamar utama. Kelebihan dari lampu emergency linear adalah bentuknya yang lebih tipis dan lebih praktis sehingga dapat ditaruh atau digantung sejajar dengan tembok rumah. Alhasil lampu emergency lebih terlihat menyatu dengan ruangan.

3. Lampu emergency sorot yaitu lampu emergency yang mempunyai dua buah lampu sorot di sisi kanan dan sisi kiri.  
Lampu sorot menggunakan halogen 10 watt tetapi sekarang juga banyak yang menggunakan lampu LED type COB yang sinarnya sangat kuat dan terang. Sinar dari lampu sorot ini mempunyai sudut yang sempit. Rata-rata mempunyai sudut 10 derajat untuk setiap lampu sorot. Sinarnya sangat kuat menembus gelap, bisa sampai 9 meter. Oleh karena itu, lampu emergency sorot banyak digunakan di lorong-lorong gedung seperti lorong hotel dan rumah sakit, ketika lampu PLN padam lampu emergency sorot akan menyinari lorong-lorong tersebut dengan sinar yang kuat.

4. Lampu emergency bulb atau bohlam.  
Lampu emergency ini berbentuk bohlam biasa tetapi menggunakan lampu LED sebagai penerangan, pada umumnya menggunakan lampu LED 5 watt. Lampu emergency bulb umumnya dipasang di downlight, sehingga pemasangannya sangat praktis. Walaupun sinar dari lampu emergency bulb tidak terang sekali, namun dapat difungsikan untuk memberikan penerangan darurat ketika lampu PLN padam, sehingga ruangan tidak seketika gelap gulita. Lampu emergency bulb juga dapat digunakan sebagai lampu penerangan biasa ketika listrik PLN hidup dan baterai akan discharge ketika ada aliran listrik.

5. Lampu emergency powerpack dimana lampu emergency ini hanya sediakan elektronik dan baterai tanpa lampunya.

Lampunya dapat dipasang di lampu penerangan biasa seperti lampu LED dan lampu hemat energi, walaupun jenis dari elektronik sangat berbeda. Kegunaan dari lampu emergency powerpack juga hanya sebagai lampu penerangan darurat ketika lampu PLN padam, sehingga ruangan tidak segera gelap gulita. Pemilik gedung dapat langsung menyiapkan Generator Set sebagai pasokan listrik utama. Lampu emergency powerpack banyak digunakan di gedung bertingkat dan hotel.

6. ELSBOT (Emergency Light System Based on Treadmill).

Lampu darurat yang menggunakan tenaga rotasional dari alat kebugaran berupa treadmill secara tidak langsung merupakan sumber energi dari tenaga manusia yang berlari di atas treadmill tersebut. Menimbang dari tenaga atau daya yang dapat dihasilkan setiap putaran

(rotasional) menjadikan ELSBOT sebagai pilihan untuk menanggulangi permasalahan akan kebutuhan lampu darurat.

Kelebihan dari Inverter yang digunakan pada penelitian ini adalah:(Hidayat et al., 2022)

1. Menghasilkan distorsi harmonic yang rendah pada tegangan keluaran dibanding dengan jenis inverter lainnya.
2. Praktis dan ekonomis untuk diterapkan (terutama komponen daya yang mempunyai waktu pensaklaran sangat cepat).
3. Pada pengendalian kecepatan motor AC, PWM mampu menggerakkan motor induksi dengan putaran halus dan rentang yang lebar. Selain itu apabila pembangkitan sinyal PWM dilakukan secara digital akan dapat diperoleh untuk kerja dapat sistem yang bagus karena lebih kebal terhadap derau.

Kekurangan dari Inverter model ini adalah:

1. Rugi-rugi switching naik karena frekuensi PWM yang tinggi.
2. Tegangan output menjadi berkurang.
3. Problem interferensi elektromagnetik (EMI) disebabkan harmonik orde tinggi.

Kinerja inverter sebagai alat konversi pun dapat ditentukan dengan nilai efisiensi atau performa. Kinerja tersebut dapat diketahui dengan cara mengetahui daya masukan inverter dan daya kuluaran inverter yang dikalikan dengan presentase maksimum (100%). Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk dapat mengetahui efisiensi atau performa dari sebuah inverter yang terlihat pada persamaan II-1.

$$\eta = P_{out} / P_{in} \times 100\%$$

Terlihat bahwa daya masukan inverter yang merupakan hasil perkalian dari tegangan masukan inverter dengan arus masukan inverter, begitupula dengan daya keluaran yang merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran inverter dikalikan dengan arus keluaran inverter. Maka nilai kinerja atau efisiensi inverter dapat dihasilkan dalam presentase.

#### 4. METODE PELAKSANAAN

Komponen yang digunakan ialah sebagai berikut:

1. Trafo 7 kaki yang berfungsi mengubah arus AC menjadi DC ataupun menaikkan atau menurunkan tegangan listrik antar rangkaian.
2. 2 buah resistor dengan 1 nilai resistor adalah 220 Ohm dengan toleransi 5% yang berfungsi sebagai pengatur dalam membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian.
3. 2 buah transistor S8050 merupakan transistor bipolar yang berguna untuk menopang beban dibawah 700mA dan berfungsi sebagai penguat, penyearah, pengendali, mixer dan osilator.
4. Kapasitor 222 1kv yang digunakan untuk menyimpan energi listrik sementara dan untuk menghindari dari loncatan bunga api listrik pada rangkaian.[2]
5. Kapasitor keramik 102 yang digunakan untuk menyimpan energi sementara.

6. Induktor berfungsi untuk memblokir arus searah (AC) ke arus bolak balik (DC).
7. Pcb joule thief yang digunakan untuk menghubungkan satu
  - A. Lampu Emergency (LED)

komponen dengan komponen yang lainnya.



Gambar 1. Lampu Emergency (LED)

- B. Switch On/Off digunakan untuk menyalakan dan mematikan suatu alat listrik.



Gambar 2. Switch On/Of

- C. Modul Joule Thief



### 3. HASIL dan PEMBAHASAN

#### HASIL PENGUJIAN

Berdasarkan pengujian alat terhadap system inverter 1.5 Vdc to 220 Vac dengan trafo Joule Thief untuk lampu LED yang tidak memiliki rangkaian drivernya. Dapat dilihat contoh perancangan system inverter pada gambar

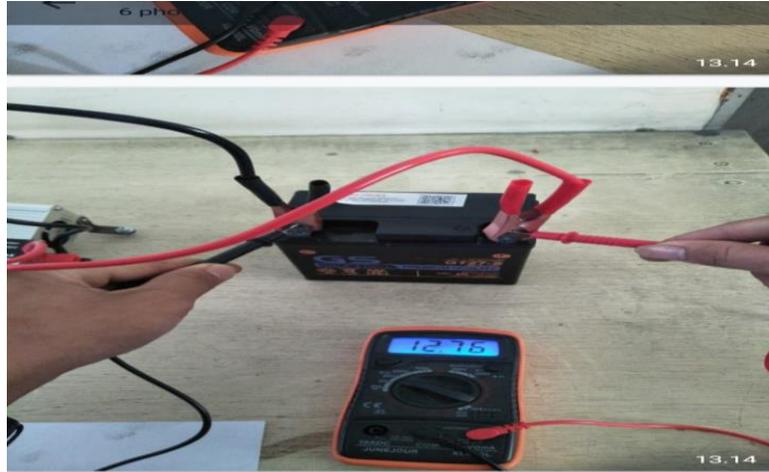


Gambar 4. Lampu Emergency system inverter multilevel

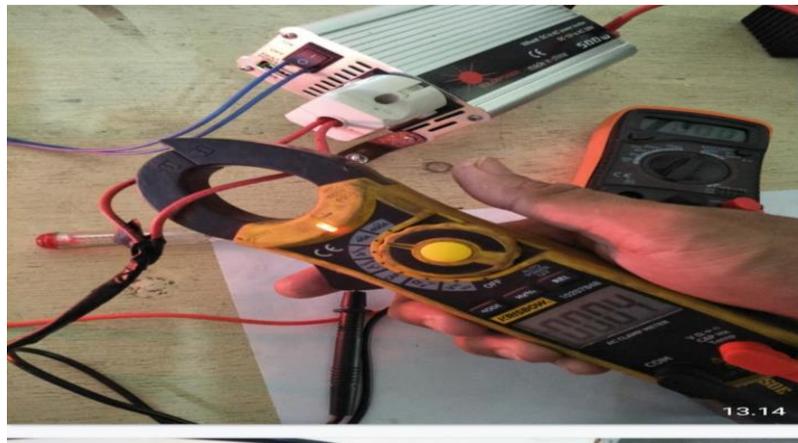
Seperti terlihat pada gambar 4, alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah multimeter digital dan multimeter analog ini digunakan untuk mengukur besarnya tegangan yang keluar dari transformator. Transformator bekas charger *handpone* ini digunakan untuk menaikkan tegangan dari 1.5 V<sub>dc</sub> menjadi tegangan yang dapat menyalakan lampu led sebesar 220volt yang tidak memiliki driver lednya.

IC TIP 41 NPN merupakan jenis transistor yang digunakan untuk menghasilkan gelombang sinus. Transistor ini digunakan sebagai pemutus dan penyambung (switching) rangkaian. Resistor yang fungsinya adalah sebagai penghambat arus listrik yang melewati sebuah rangkaian dengan spesifikasi 10 $\Omega$  sampai 100 $\Omega$  yang digunakan dalam rancangan ini. Kondensator yang merupakan komponen elektronika pasif yang dapat menyimpan muatan listrik

dalam waktu sementara dengan satuan kapasitansinya adalah Farad. Kondensator yang digunakan dalam perancangan ini adalah kondensator milar A2104J. Elco (electrolit condensator) biasanya sering disebut sebagai kapasitor polar, yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik. Dalam kapasitor polar mempunyai dua kutub yang berlainan pada setiap kakinya, sehingga didalam pemasangan komponen ini tidak bisa terbalik maupun salah didalam pemasangan, dengan spesifikasi 10000  $\mu$ f 16 Volt.



Gambar 5. Pengujian 1 lampu dengan daya 10watt



Gambar 6. Pengujian 2 lampu dengan daya 10watt

## PEMBAHASAN

Komponen utama untuk membuat lampu emergency yaitu menggunakan modul joule thief yang digunakan untuk menyalakan peralatan elektronik yang membutuhkan arus rendah seperti lampu LED dengan input baterai DC 3 volt atau baterai 3,7 volt yang outputnya bisa menyalakan lampu emergency AC 220 volt. Komponen utama dari joule thief ini adalah transistor dan induktor, transistor

dan induktor bekerja sama akan menghasilkan osilasi.

Pada saat baterai memberikan tegangan pada rangkaian joule thief maka tugas-tugas komponen elektronik seperti resistor berperan sebagai regulasi arus yang akan membatasi dan menstabilkan tegangan basis.

Trafo yang digunakan terdiri dari tiga lilitan, satu lilitan primer dan dua lilitan sekunder. Lilitan primer ini yang nantinya

sebagai output rangkaian joule thief ini (dihubungkan ke Lampu Emergency 220V). Lilitan sekunder masing-masing 12 lilit, keduanya dihubungkan secara seri, pada hubungan keduanya disambung dengan lilitan induktor yang ke sumber tegangan baterai. Ujung satu diantaranya akan dihubungkan ke basis transistor melalui resistor dan ujung yang lain terhubung ke kolektor transistor.

Emitor transistor dihubungkan langsung ke sumber tegangan negatif baterai, switch on/off pada tegangan positif dihubungkan ke sumber tegangan positif baterai, dan switch on/off pada tegangan negatif dihubungkan ke sumber kapasitor keramik pada rangkaian joule thief. Setelah semua komponen terhubung dengan posisinya masing-masing maka ketika menekan switch on maka lampu akan menyala. Setelah melakukan penelitian terhadap beban yang digunakan untuk lampu emergency 1 buah(1 watt) dan 2 buah lampu(2 watt) tanpa driver, terlihat pada hasil pengukuran untuk semua pengujian lampu tanpa driver menunjukkan bahwa arus searah dan tegangan masukan keluaran arus searah yang terpakai akibat beban yang bervariasi. Arus DC dan tegangan DC ini mengalami penurunan akibat adanya pemakaian beban. Keadaan lampu untuk pengujian 1 lampu led membutuhkan waktu nyala sampai kurang lebih 4 jam terhadap sumber baterai 1.5 V<sub>dc</sub>. Keadaan lampu untuk pengujian 2 lampu led membutuhkan waktu nyala sampai kurang lebih 3 jam terhadap sumber baterai 1.5 V<sub>dc</sub>. Pengujian ini terlihat jelas bahwa dengan menggunakan 1 buah sumber baterai dengan tegangan 1.5 V<sub>dc</sub> dapat menyalakan lampu emergency dari ±2.5 jam sampai ±4 jam, dengan adanya pengujian ini maka perancangan alat ini dapat menjadi alternative sebagai lampu darurat ketika lampu dari PLN

mati.

#### 4. SIMPULAN

1. Lampu emergency yang berfungsi untuk menyalakan lampu disaat terjadi pemadaman listrik dengan menggunakan sumber tegangan dari baterai yang telah dirancang dan bekerja dengan baik. Sistem lampu emergency ini juga dapat digunakan sebagai sumber arus listrik dimana arus DC diubah menjadi AC.
2. Mekanisme kerja lampu emergency ini berdasarkan karakteristik system relay. Saat normally open (sumber PLN terhubung).
3. Alat yang dibuat dapat menyalakan lampu emergency sampai 2watt dengan lama waktu yang dibutuhkan ± 2.5 jam sampai ± 4 jam.
4. Perangkat lampu emergency ini menggunakan lampu komersial sehingga dapat diganti secara mudah sesuai kebutuhan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Asnil, Krismadinata, & Husnaini, I. (2018). Desain dan Analisis Inverter Tiga Fasa Menggunakan Metode SPWM. *Seminar Nasional Teknik Elektro*.
- Faroda, F. (2018). ANALISIS INVERTER PADA PEMBANGKIT LISTRIK KAPAGEN DENGAN MENGGUNAKAN GROUNDING. *JURNAL SURYA ENERGY*, 3(1). <https://doi.org/10.32502/jse.v3i1.1254>
- Hidayat, I., Mahdali, A., & Afandy, M. (2022). Analisis Perbandingan Inverter Satu Fasa PWM dan SPWM dengan Trafo. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1). <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.11>

Nurtiyanto, W. A., Rosyani, P., Solihin, L., & Prayogo, W. (2022).

Analisis Efisiensi Inverter pada Grid-Connected 50 KWp Unpam Viktor. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 3(4). <https://doi.org/10.47065/josyc.v3i4.21>  
34

Sutrisno. 1986, *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Penerbit ITB, Bandung

“Kit Joule Thief Mini Inverter - Joule Thief lampu Darurat.” [Online]. Available: <https://studylibid.com/doc/4290780/rangkaian-joule-thief>.

Simamora, Antonius, et al. (2024). *Inverter Sebagai Pencatu Jala-Jala Pada Sistem Emergency*. Medan : Volume 12