

## Rancang bangun modul dual frequency DC to AC inverter berbasis Arduino UNO

Riris Yuninda, Hartono\*, R. Farzand Abdullatif

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman  
Jalan Dr. Suparno No.61 Karangwangkal Purwokerto Jawa Tengah Indonesia  
\*email: hartono0606@unsoed.ac.id

**Abstrak** - Inverter merupakan perangkat elektronik yang memiliki fungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC. Inverter banyak diaplikasikan dalam instrumen elektronik dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya dalam instrumen penelitian geolistrik metode Induced Polarization (IP) domain frekuensi. Metode IP domain frekuensi dilakukan dengan menginjeksikan tegangan dan arus AC dalam frekuensi rendah 1 Hz dan 10 Hz untuk meneliti kandungan mineral bawah tanah. Oleh karena itu, diperlukan sebuah modul untuk mengubah arus searah DC menjadi arus bolak-balik AC yang memiliki dua buah frekuensi keluaran 1 Hz dan 10 Hz. Penelitian ini menggunakan topologi H-Bridge Inverter, rangkaian driver IC IR2110 untuk mengubah arus searah DC menjadi arus AC dengan frekuensi keluaran sebesar 0,99 Hz dan 9,80 Hz. Uji pembebanan dilakukan dengan memberikan variasi beban resistif berupa resistor berukuran 2 k $\Omega$ -50 k $\Omega$  dan tegangan masukan 273 VDC. Saat frekuensi 0,99 Hz arus RMS maksimal yang terukur sebesar 0,132 A, dan daya maksimal 33,05 W dan terjadi penurunan tegangan sebesar 9% dengan bentuk gelombang berupa gelombang kotak tidak sempurna yang nilai amplitudonya berubah mengikuti nilai arus keluaran. Sedangkan pada frekuensi keluaran 9,80 Hz dengan tegangan masukan 273 VDC, terjadi penurunan tegangan sebesar 10% dengan bentuk respon gelombang berupa gelombang kotak, arus RMS maksimal sebesar 0,124 A, dan daya maksimum sebesar 30,56 W.

**Kata Kunci:** Inverter, Dual Frekuensi, Frekuensi Rendah, *Induced Polarization*, Domain Frekuensi

**Abstract** – An inverter is an electronic device that converts DC (Direct Current) into AC (Alternating Current). Inverters are widely used in electronic instruments and in daily life. One application of inverters is in geoelectrical instruments such as the frequency domain Induced Polarization (IP) method. The frequency domain IP method is performed by injecting AC current at low frequencies (1 Hz and 10 Hz) to examine underground mineral content. Therefore, a module is needed to convert DC (direct current) into AC (alternating current), with two output frequencies of 1 Hz and 10 Hz. This research uses H-Bridge inverter topology and driver circuit IC IR2110 to convert DC into AC with output frequencies of 0.99 Hz and 9.80 Hz. The loading test is conducted by providing a variety of resistive loads ranging from 2 k $\Omega$  to 50 k $\Omega$ , with an input voltage of 273 VDC. For a frequency of 0.99 Hz, the maximum output current is 0.132 A, the maximum power is 33.05 W, the voltage drop is 9%, and the output voltage waveform is an imperfect square wave whose amplitude changes according to the RMS current. At an output frequency of 9.80 Hz with an input voltage of 273 VDC, the voltage drop is 10%, the maximum RMS current value is 0.124 A, the maximum power is 30.567 W, and the output voltage waveform is a square wave.

**Key words:** Inverter, Dual Frequency, Low Frequency, *Induced Polarization*, Frequency Domain

### PENDAHULUAN

Inverter adalah rangkaian elektronik yang bekerja dengan mengubah sumber masukan berupa Direct Current (DC) menjadi bentuk keluaran berupa Alternating Current (AC) [1]. Inverter banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari baik dalam sector rumah tangga, industri, sistem sumber energi terbarukan, maupun dalam bidang research. Salah satu contoh aplikasi inverter dalam bidang research adalah sebagai salah satu komponen utama pada perangkat pengukuran geolistrik metode Induced Polarization (IP) khususnya domain frekuensi

[2], [3], [4]. Metode Induced Polarization (IP) merupakan metode eksplorasi geolistrik yang berfungsi untuk mendeteksi kandungan mineral dalam tanah atau batuan. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan impedansi pada dua frekuensi yang berbeda kemudian diamati beda potensial yang terjadi di kedua frekuensi, oleh karenanya dibutuhkan arus AC [5], [6].

Metode IP memanfaatkan efek polarisasi dalam batuan sebagai akibat dari aliran arus listrik yang melewati suatu medium. Fenomena polarisasi dapat menjadi acuan bagaimana tingkat kemampuan suatu medium dalam

menyimpan energi listrik sementara. Domain frekuensi menggunakan prinsip pengukuran perbedaan respon impedansi dari batuan yang memiliki kandungan mineral konduktif pada dua buah frekuensi yang berbeda. Frekuensi yang umumnya digunakan pada pengukuran IP domain frekuensi adalah di bawah 10Hz [7], [8], [9], [10]. Pada range frekuensi yang digunakan untuk melakukan pengukuran geolistrik metode IP domain frekuensi adalah kelipatan sepuluh dari frekuensi rendahnya. Bila diasumsikan frekuensi rendahnya adalah 1 Hz, maka frekuensi tingginya adalah 10 Hz [4], [9].

Meskipun inverter secara komersial inverter sudah banyak dijual di pasaran, namun frekuensi keluaran yang dihasilkan dari inverter komersial mayoritas berada pada rentang frekuensi PLN yaitu sekitar 50Hz-60Hz. Inverter dengan nilai frekuensi keluaran tersebut tentu tidak dapat memenuhi kebutuhan sebagai komponen pada instrumen pengukuran geolistrik metode *Induced Polarization* (IP) domain frekuensi. Selain itu, instrumen geolistrik metode IP *frequency domain* yang banyak dijual di pasaran juga memiliki ukuran yang cukup besar serta harganya cukup mahal. Selain itu, Rao et al. (2016) telah melakukan penelitian rancang bangun inverter sebagai instrumen pengukuran IP dengan menggunakan topologi berupa *h-bridge* inverter. *H-bridge* inverter merupakan topologi inverter yang tersusun dari dua buah rangkaian *half bridge* inverter yang dihubungkan membentuk seperti huruf H. Rao et al. (2016) juga menggunakan menggunakan mikrokontroler 8051 sebagai pembangkit PWM yang diprogram menggunakan bahasa C#. Frekuensi keluaran inverter tersebut adalah 0,1Hz; 0,3Hz; 1Hz; dan 3Hz dengan bentuk gelombang berupa gelombang kotak. Penelitian yang dilakukan Rao et al. (2016) tidak menggunakan IC *gate driver* MOSFET dan hanya menggunakan *optocoupler* sebagai piranti untuk mengisolir tegangan *pulse* PWM mikrokontroler dengan rangkaian inverter.

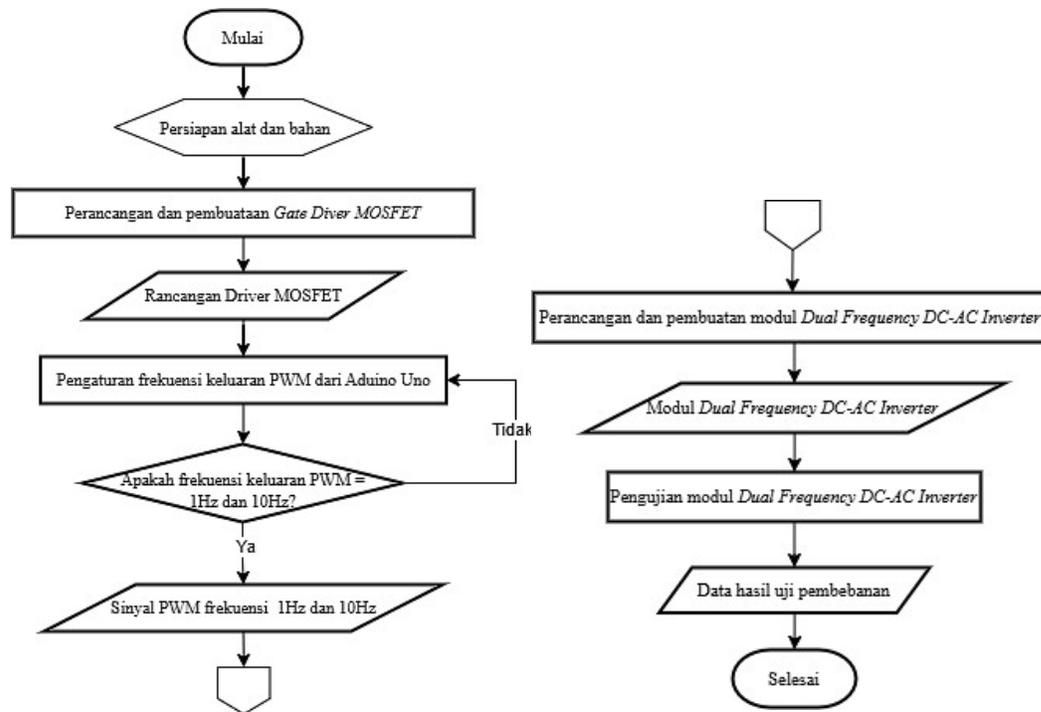
Namun, penelitian yang dilakukan oleh Rao et al. (2016) memiliki kekurangan, yaitu sulitnya

menemukan komponen yang dapat menurunkan tegangan tinggi yang nilainya ratusan volt menjadi tegangan rendah sekitar 12V sebagai tegangan masukan untuk *gate* MOSFET sisi bawah. Untuk mengatasi kekurangan-kekurangan tersebut, penelitian ini dilakukan agar dapat menghasilkan modul inverter yang dapat mengubah tegangan tinggi DC menjadi AC dengan dua buah frekuensi keluaran yaitu sekitar 1Hz dan 10Hz. Pembangkitan gelombang memanfaatkan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang merupakan metode pembangkitan sinyal dengan memodulasi lebar pulsa dengan mengatur waktu *on* dan *off* menggunakan Arduino Uno. Penelitian diharapkan diharapkan dapat menghasilkan sebuah modul inverter yang memiliki dua buah frekuensi keluaran dengan biaya produksi yang rendah, serta diharapkan dapat digunakan sebagai instrumen alternatif untuk pengukuran geolistrik metode IP domain frekuensi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Elektronika, Instrumentasi, dan Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian berupa perancangan dan pembuatan modul inverter yang menghasilkan dua buah frekuensi keluaran sekitar 1Hz dan 10Hz. Bahan dan alat yang digunakan untuk mencapai tujuan pada penelitian ini diantaranya adalah mikrokontroler Arduino Uno sebagai pembangkit sinyal PWM, IC regulator tegangan L7812 dan L7805, Gate Driver MOSFET IR2110, resistor, dioda, kapasitor, 4 buah *N-Channel* MOSFET tipe IRF840, sakelar, *toggle switch*, kabel inti serabut, Lampu LED sebagai lampu indikator, papan PCB, solder, multimeter digital, serta osiloskop untuk pengukuran pada proses pembebanan, komputer/PC untuk menulis dan menggunggah *sketch* program pembangkit sinyal PWM Arduino Uno.

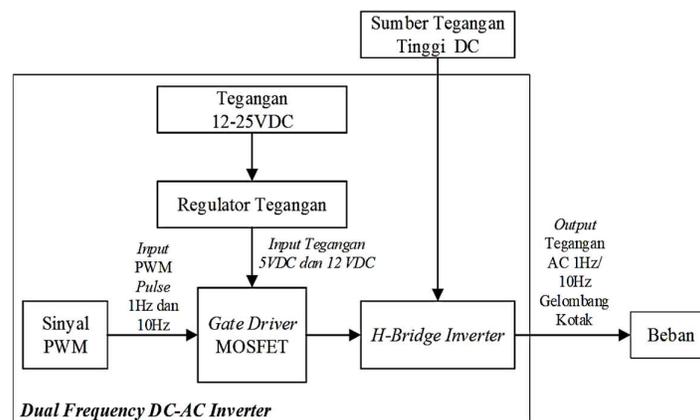
Proses penelitian dibagi menjadi beberapa langkah, seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Modul *Dual Frequency DC-AC Inverter* dirancang untuk memiliki dua buah frekuensi keluaran berupa 1Hz dan 10Hz, dengan sumber tegangan tinggi DC sebesar  $\pm 200\text{VDC}$  yang diperoleh dari tegangan keluaran *DC to DC Converter*, arus RMS maksimal yang diharapkan sebesar  $\pm 100\text{mA}/0,1\text{A}$ . Besarnya nilai dan bentuk respon gelombang dari tegangan RMS yang diharapkan yaitu 200V berupa gelombang

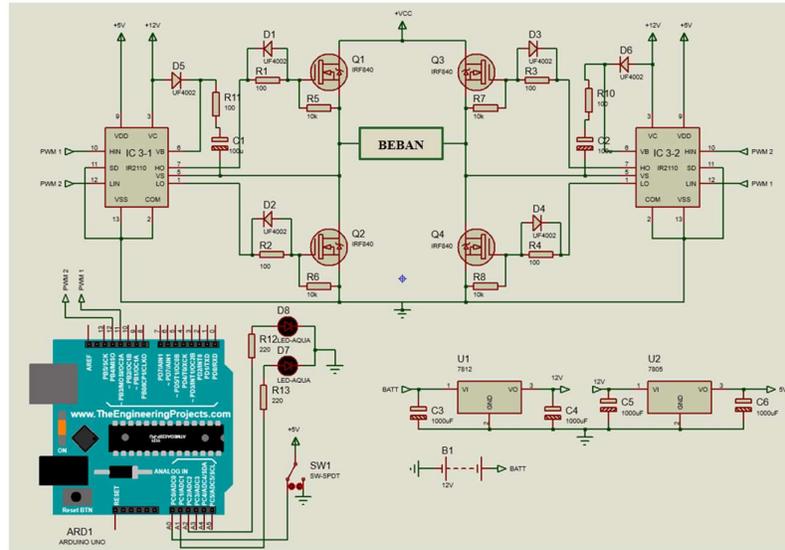
kotak. Untuk mencapai tujuan dari proses tersebut, dibuat diagram blok sistem modul untuk mempermudah proses identifikasi akan kebutuhan komponen sistem sehingga spesifikasi modul yang diharapkan dapat tercapai. Adapun gambar diagram blok sistem modul *Dual Frequency DC-AC Inverter* yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram blok sistem modul *dual frequency DC to AC inverter*

Langkah berikutnya adalah melakukan perancangan dan pembuatan rangkaian driver MOSFET dengan menggunakan IC IR2110. Setelah itu, mengatur frekuensi PWM Arduino Uno. Kemudian, membuat rangkaian *Dual*

*Frequency DC-AC Inverter* yang dirangkai menggunakan topologi h-bridge inverter. Skematik rangkian dari *Dual Frequency DC-AC Inverter* ditunjukkan pada Gambar 23.



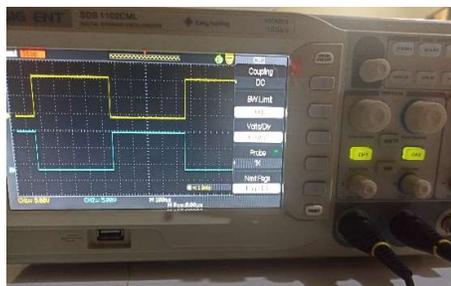
Gambar 2. Skematik rangkaian modul dual Frequency DC to AC inverter

Setelah keseluruhan rangkaian *Dual Frequency DC-AC Inverter* selesai, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap modul sistem inverter. Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengamati tegangan arus, serta bentuk gelombang keluaran dari inverter baik saat diberi beban maupun tidak diberi beban. Uji pembebanan dilakukan dengan menghubungkan beban resistif berupa resistor dengan variasi nilai  $2k-50k\Omega$  pada pin keluaran inverter. Setelah memperoleh data hasil pengujian, tahap terakhir yang dilakukan adalah menganalisis hasil pengujian berupa frekuensi keluaran, nilai

tegangan dan arus dari pembebanan, serta karakteristik pembebanan.

### Pembangkitan Sinyal PWM Arduino UNO

Pembangkitan sinyal PWM dilakukan dengan menggunakan Arduino UNO pin 11 dan pin 12 berupa sinyal pulsa dengan frekuensi yang diatur menjadi 1Hz dan 10Hz. Berdasarkan hasil pengamatan dengan menggunakan osiloskop, diperoleh hasil frekuensi PWM sebesar 1Hz dan 10Hz dengan bentuk gelombang sinyal berupa gelombang kotak seperti disajikan pada Gambar 3 4.



(a)



(b)

Gambar 3. Bentuk respon gelombang sinyal PWM: (a)1Hz dan (b)10Hz

Pembangkitan sinyal PWM memanfaatkan dua buah pin digital 11 dan 12 dari Arduino Uno yang diatur periode *on* dan *off* menggunakan perintah *delay()*; pada *sketch* Arduino. Kedua buah pin digital ini memiliki nilai yang saling berkebalikan satu sama lainnya. Ketika pin 11 bernilai *high* (*on*), maka keluaran pin 12 akan bernilai *low* (*off*) begitu pula sebaliknya.

### Perancangan dan Pembuatan Gate Driver MOSFET

Salah satu rangkaian yang juga memiliki peran penting dalam rangkaian *dual frequency* inverter pada penelitian ini adalah rangkaian *gate driver* MOSFET. *Gate driver* MOSFET memiliki fungsi sebagai rangkaian untuk *step up* tegangan sehingga dihasilkan tegangan yang cukup untuk mengaktifkan rangkaian MOSFET. *Gate driver* MOSFET yang digunakan pada penelitian ini berupa IC IR2110. Rangkaian *gate driver* MOSFET yang melibatkan IC IR2110 membutuhkan rangkaian *bootstrap capacitor* sebagai *supply* untuk menaikkan level tegangan yang masuk pada kedua *pin gate* MOSFET sisi atas yang memanfaatkan prinsip *charging* dan *discharging* kapasitor. Besarnya nilai tegangan yang tersimpan dalam kapasitor saat proses *charging* selama  $t$  sekon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_c(t) = \varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (1)$$

Dimana  $\varepsilon$  merupakan nilai tegangan sumber,  $R$  merupakan nilai resistansi resistor, dan  $C$  nilai kapasitansi kapasitor dari rangkaian RC. Sedangkan nilai tegangan yang dikeluarkan kapasitor saat proses *discharging* dalam  $t$  sekon dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_c \text{ dischargin } (t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2)$$

dimana  $V_0$  merupakan nilai tegangan mula-mula yang tersimpan dalam kapasitor.

Rangkaian *bootstrap capacitor* terdiri atas dioda, resistor, dan kapasitor yang dirangkai seri. Pada penelitian ini, penghitungan nilai komponen pada rangkaian *bootstrap capacitor* menggunakan pendekatan rangkaian RC. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *charging* maupun *discharging* kapasitor atau disebut konstanta waktu ( $\tau$ ) pada frekuensi tertinggi yaitu 10Hz. Pemilihan frekuensi tertinggi sebagai acuan untuk menentukan nilai  $\tau$  adalah guna menghindari terjadinya kegagalan *switching*

akibat periode *on/off* PWM yang terlalu lama. Adapun nilai  $\tau$  dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\tau = RC \quad (3)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan persamaan (3), dengan nilai  $R=100\Omega$ , untuk memperoleh sinyal dengan frekuensi gelombang sebesar 10Hz, waktu ON dan OFF sinyal PWM harus sebesar 0,05s. Untuk untuk mencapai nilai maksimal saat proses *charging* dan *discharging* kapasitor, waktu yang dipoerlukan adalah selama  $5\tau$ . Maka berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai untuk komponen kapasitor C sebesar  $\pm 100\mu\text{F}$ . Setelah dilakukan pengujian dengan memberikan tegangan masukan sebesar 18,9VDC diperoleh hasil pengukuran frekuensi keluaran pada pin HO dan LO seperti pada **Tabel 1**:

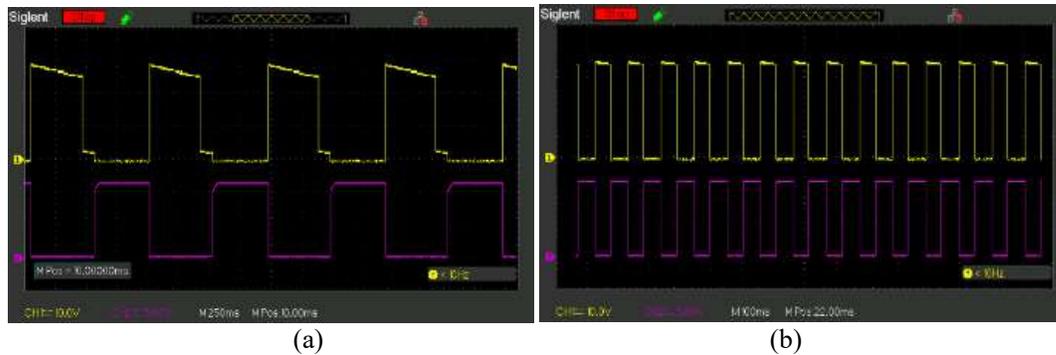
**Tabel 1.** Tabel hasil pengukuran frekuensi keluaran *gate driver* MOSFET

Frekuensi Switching (Hz)	Frekuensi keluaran pin HO (Hz)*	Frekuensi keluaran pin LO (Hz)*
1	0,99	0,99
10	9.80	9.80

\*tanpa dihubungkan dengan beban resistor

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan **Tabel 1**, diperoleh bahwa besarnya nilai frekuensi keluaran dari *gate driver* MOSFET yang teramati pada osiloskop saat frekuensi PWM diatur untuk 1Hz adalah sebesar 0,99Hz. Sedangkan saat frekuensi PWM diatur untuk 10Hz frekuensi keluaran teramati sebesar 9,80Hz. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai tegangan terukur pada pin HO IC *gate driver* sebesar 28V atau mendapat tambahan tegangan sekitar 9V dari tegangan yang tersimpan pada *bootstrap capacitor*, dan nilai LO sebesar 11,3V baik pada fekuensi 0,99Hz maupun 9,80Hz dengan titik *ground* sebagai titik referensi.

Bentuk respon gelombang keluaran dari sinyal HO dan LO berupa gelombang kotak yang tidak sempurna untuk frekuensi 0,99Hz, sedangkan pada frekuensi 9,80Hz bentuk gelombang sinyal berupa gelombang kotak seperti pada **Error! Reference source not found.5**.

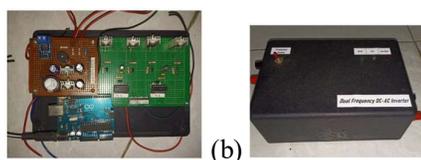


**Gambar 4.** Bentuk gelombang keluaran pin HO dan LO IR2110: (a) 0,99Hz; (b) 9,80Hz

Error! Reference source not found.5 merupakan gambar bentuk dari respon gelombang keluaran pin HO dan LO *gate driver* MOSFET ketika tidak terhubung dengan beban yang teramati pada osiloskop. Gelombang dengan warna kuning merupakan bentuk gelombang sinyal keluaran dari pin HO dan warna ungu merepresentasikan keluaran dari pin LO IC *gate driver* MOSFET IR2110. Penurunan tegangan yang terjadi saat frekuensi switching PWM 1Hz dikarenakan nilai komponen *bootstrap capacitor* lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai kebutuhan ukuran kapasitansi kapasitor saat frekuensi 1Hz. Akibatnya ketika proses *discharging*, muatan kapasitor yang tersimpan saat proses *charging* habis sebelum waktu yang diharapkan (setengah periode gelombang 1Hz). Oleh karena itu, tegangan keluaran pin HO yang fungsi utamanya sebagai supply tegangan untuk *gate* MOSFET sisi atas, mengalami penurunan tegangan.

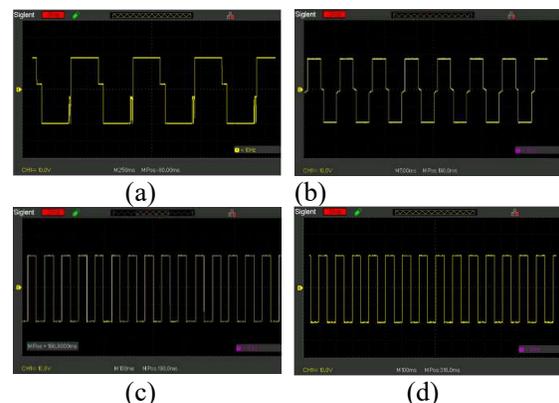
**Rancang Bangun Modul Dual Frequency DC-AC Inverter**

Rangkaian *dual frequency DC-AC inverter* dirancang untuk tegangan masukan  $\pm 200VDC$ . Pembangkitan gelombang untuk memicu waktu *switching* 4 buah MOSFET pada rangkaian *h-bridge* inverter dilakukan dengan menggunakan sinyal PWM dari pin 11 dan pin 12 Arduino Uno agar dapat menghasilkan frekuensi keluaran 1Hz dan 10Hz. **Gambar 56** merupakan tampak fisik dari hasil rangkaian modul *dual frequency DC-AC inverter*.



**Gambar 5.** Rangkaian keseluruhan modul *dual frequency DC-AC inveter*

Berdasarkan hasil pengamatan gelombang keluaran inverter menggunakan osiloskop, bentuk gelombang keluaran inverter ketika frekuensi PWM sebesar 1Hz adalah berupa gelombang kotak termodifikasi/gelombang kotak tidak sempurna dengan frekuensi keluaran terukur sebesar 0,99Hz. Sedangkan saat frekuensi PWM diatur menjadi 10Hz, nilai frekuensi keluaran inverter yang terukur sebesar 9,80Hz dengan bentuk gelombang berupa gelombang kotak. Berikut merupakan gambar respon gelombang keluaran inverter dari osiloskop yang diperlihatkan pada **Gambar 7**.



**Gambar 6.** Bentuk gelombang sinyal keluaran inverter: (a) (b) Frekuensi=0,99 Hz, (c) (d) Frekuensi=9,80 Hz

**Gambar 67 (a) dan (b)** merupakan tampilan bentuk gelombang tegangan keluaran inverter saat tidak diberi variasi beban resistif berupa resistor pada fekuensi 0,99 Hz. Adapun **Gambar 67 (c) dan (d)**, merupakan bentuk gelombang tegangan keluaran inverter saat diberi variasi beban resistif berupa resistor saat frekuensi keluaran bernilai 9,80 Hz. Berdasarkan hasil pengamatan pada osiloskop ketika pin keluaran dihubungkan dengan beban resistor yang divariasikan, frekuensi keluaran tidak mengalami perubahan seiring dengan perubahan

nilai variasi beban baik saat frekuensi 0,99Hz maupun saat frekuensi sebesar 9,80Hz. Namun, perubahan nilai variasi beban memengaruhi amplitudo gelombang yang berarti mempengaruhi nilai tegangan keluaran maupun arus keluaran dari inverter.

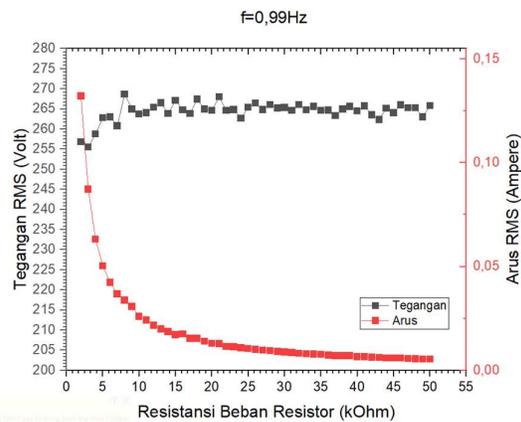
**Uji Pembebanan Modul Dual Frequency DC-AC Inverter**

Uji pembebanan dilakukan dengan cara menghubungkan pin keluaran inverter dengan beban resistif berupa resistor untuk melihat respon tegangan, arus, serta bentuk gelombang keluaran dari inverter. Uji pembebanan dilakukan dengan memberikan tegangan masukan sebesar 273VDC dan menghubungkan pin keluaran inverter dengan variasi nilai 2k-50kΩ sebanyak 5 kali pengulangan untuk setiap nilai beban.

**Tabel 2.** Sampel data tegangan dan arus keluaran Dual Frequency DC-AC Inverter

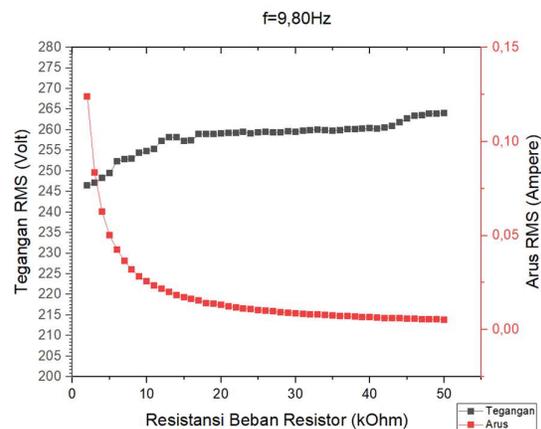
Tegangan Masukan (V)	Variasi Beban (kΩ)	f= 0,99 Hz		f= 9,80 Hz	
		$\bar{V}_{RMS}$ (V)	$\bar{I}_{RMS}$ (A)	$\bar{V}_{RMS}$ (V)	$\bar{I}_{RMS}$ (A)
273	Tanpa Beban	270,67	0	264,2	0
273	2	249,7	0,132	246,4	0,124
273	3	248,8	0,085	247,1	0,084
273	4	251,2	0,065	248,3	0,063
273	5	253,8	0,054	249,5	0,050
273	16	261,5	0,017	257,4	0,016
273	17	262,6	0,016	258,9	0,015
273	18	266,0	0,015	258,9	0,014
273	19	260,9	0,014	258,9	0,014
273	20	261,6	0,01	259,0	0,013
273	31	262,2	0,009	259,7	0,009
273	32	262,9	0,008	259,8	0,008
273	33	262,1	0,008	260,0	0,008
273	34	262,1	0,008	259,8	0,008
273	35	261,7	0,008	259,7	0,007
273	46	264,7	0,006	263,3	0,006
273	47	264,7	0,006	263,6	0,006
273	48	265,3	0,005	263,9	0,006
273	49	263,9	0,005	263,9	0,005
273	50	267,2	0,005	263,3	0,005

**Tabel 2** menunjukkan sampel data pengukuran arus dan tegangan dengan memberikan variasi beban yang telah dirancang. Grafik pada **Gambar 78** dan **Gambar 89**, memperlihatkan bagaimana pengaruh pemberian variasi beban resistif berupa resistor 2 kΩ- 50kΩ pada dua buah frekuensi yaitu 0,99Hz dan 9,80Hz dimana nilai tegangan keluaran dari modul *Dual Frequency DC-AC Inverter* direpresentasikan dengan grafik berwarna hitam, sedangkan arus keluaran direpresentasikan dengan grafik berwarna merah.



**Gambar 7.** Grafik pengukuran tegangan dan arus keluaran (f = 0,99 Hz)

Berdasarkan grafik pada **Gambar 78**, tegangan RMS maksimal dari inverter yang teramati pada frekuensi 0,99 Hz adalah saat tidak diberi beban adalah sebesar 267,74 V. Sedangkan, nilai arus maksimal yang terukur saat frekuensi 0,99 Hz ketika diberi beban resistif berupa resistor dengan variasi nilai resistor 2 kΩ-50 kΩ adalah sebesar 0,132 A yaitu saat diberi beban resistor sebesar 2 kΩ. Data hasil pengukuran tegangan dan arus RMS saat frekuensi operasi dari inverter bernilai 9,80 Hz ditunjukkan dalam sebuah grafik pada **Gambar 89**.

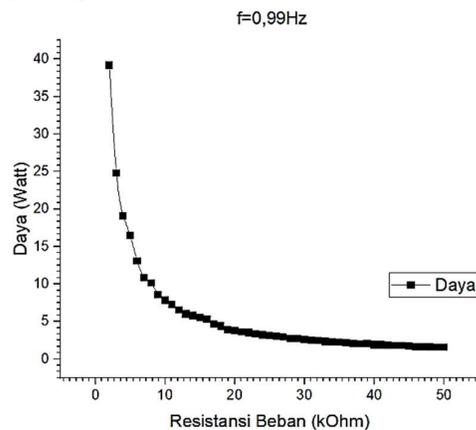


**Gambar 8.** Grafik pengukuran tegangan dan arus RMS (f = 9,80 Hz)

Berdasarkan grafik pada **Gambar 8**, tegangan keluaran inverter yang terukur pada frekuensi 9,80 Hz saat tidak diberi beban adalah sebesar 264,22 V. Saat dihubungkan dengan beban resistif berupa resistor yang nilainya divariasikan mulai dari 2k-50kΩ, diperoleh nilai tegangan RMS tertinggi yang terukur sebesar 264 V. Sedangkan nilai arus RMS tertinggi yang teramati sebesar 0,124 A yaitu saat diberi beban resistor 2kΩ.

Hasil pengujian beban menunjukkan terjadinya penurunan tegangan ketika diberi beban resistif berupa resistor dengan variasi nilai 2k-50kΩ. Besarnya nilai penurunan tegangan yang terjadi saat frekuensi 0,99 Hz adalah sebesar 9% yaitu saat arus keluaran inverter sebesar 0,085 A dan beban sebesar 3kΩ. Sedangkan saat frekuensi 9,80 Hz, terjadi penurunan tegangan sebesar 10% saat arus keluaran inverter diberi bernilai 0,124 A dan beban sebesar 2kΩ. Berdasarkan hasil penelitian, penurunan atau penyusutan tegangan yang terjadi pada *dual frequency inverter* masih dalam standar PLN. Dimana nilai tegangan jatuh maksimal yang diizinkan berdasarkan standar PLN maksimum sebesar +5% dan minimum sebesar -10% [11], [12]. Penurunan tegangan inverter yang tidak sesuai dengan nilai standar akan membawa beberapa dampak negatif diantaranya akan menyebabkan kerusakan komponen elektronik, dan jika alat difungsikan sebagai alat ukur maka akan memperbesar cacat hasil pengukuran. Berdasarkan data hasil pengukuran, diperoleh informasi bahwa besarnya penurunan tegangan yang terjadi pada *dual frequency DC to AC inverter* pada penelitian ini masih sesuai dengan standar dari PLN.

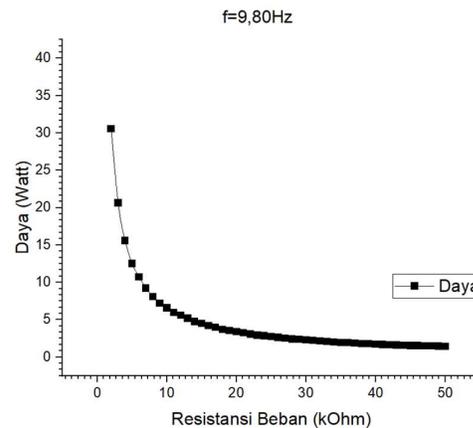
Respon daya keluaran inverter berdasarkan uji pembebanan direpresentasikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



**Gambar 9.** Daya keluaran (f = 0,99 Hz)

Berdasarkan data hasil uji pembebanan yang ditunjukkan dalam grafik pada **Gambar 910**, besarnya nilai daya keluaran maksimal yang terukur dari *dual frequency DC to AC inverter* pada saat frekuensi keluaran senilai 0,99 Hz mencapai nilai 33,05 W. Nilai tersebut terukur saat pin keluaran inverter dihubungkan dengan variasi beban resistor terkecil yang digunakan

pada penelitian ini yaitu saat beban resistif berupa resistor yang sihubungkan senilai 2kΩ. Sedangkan pada frekuensi kerja 9,80 Hz, nilai daya keluaran yang terukur adalah sebesar 30,56 W saat pin keluaran inverter terhubung dengan variasi beban resistor terkecil yang digunakan pada penelitian ini yaitu 2kΩ. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 10**.



**Gambar 10.** Daya keluaran (f = 9,80 Hz)

Hasil uji pembebanan menunjukkan bahwa nilai resistansi berbanding terbalik dengan daya keluaran inverter. Semakin besar nilai resistansi, maka daya keluaran yang terukur semakin kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan pada hukum Ohm yang menyatakan bahwa nilai resistansi berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan arus. Saat resistansi beban bertambah, maka arus yang dihasilkan akan semakin kecil. Arus yang semakin kecil juga berbanding lurus dengan daya yang semakin kecil. Berdasarkan data hasil pada proses pengukuran uji pembebanan dengan menggunakan beban resistif berupa resistor variasi nilai 2kΩ-50kΩ, tegangan masukan sebesar 273VDC, dari penelitian ini, diperoleh rincian spesifikasi dari hasil perancangan dan pembuatan modul *Dual Frequency DC-AC Inverter*. Adapun spesifikasi dari *Dual Frequency DC-AC Inverter* yang merupakan hasil dari penelitian rancang bangun *modul dual frequency DC to AC inverter* disajikan pada **Tabel 3** berikut:

**Tabel 3.** Spesifikasi hasil Modul *Dual Frequency DC to AC Inverter*

<i>Dual Frequency DC-AC Inverter</i>		
No	Parameter	Nilai
1.	Tegangan masukan	273 VDC
2.	Tegangan RMS maksimal	267,74 V
3.	Arus RMS maksimal	0,132 A
6.	Frekuensi tinggi output ( $f_i$ )	9,80 Hz

7.	Frekuensi rendah <i>output</i> ( $f_2$ )	0,99 Hz
8.	Daya maksimal	33,05 W
9.	Bentuk gelombang keluaran	Gelombang Kotak
10.	<i>Duty cycle output</i>	100%

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian rancang bangun Dual Frequency DC-AC Inverter, dapat disimpulkan bahwa:

1. Modul Dual Frequency DC-AC Inverter untuk mengubah tegangan dari satu daya DC menjadi AC berhasil dibuat. Dengan memberikan tegangan masukan sebesar 273 VDC dihasilkan respon tegangan keluaran dengan bentuk gelombang berupa gelombang kotak tidak sempurna, sedangkan pada frekuensi 0,99 Hz dengan frekuensi keluaran 9,80 Hz dihasilkan gelombang keluaran kotak sempurna.
2. Setelah dilakukan variasi pembebanan dengan menggunakan beban berupa resistor 2 k $\Omega$  hingga 50 k $\Omega$ , tegangan RMS maksimal yang terukur saat frekuensi = 0,99 Hz sebesar 267,22 V, arus RMS maksimal sebesar 0,132 A, daya keluaran maksimal sebesar 33,05 W, dan penurunan tegangan maksimal yang teramati sebesar 9%. Sedangkan ketika frekuensi = 9,80Hz, nilai tegangan RMS maksimal yang terukur sebesar 264 V, arus RMS maksimal sebesar 0,124 A, daya keluaran maksimum sebesar 30,56 W, dan mengalami penurunan tegangan maksimal yang teramati sebesar 10%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Darojat, "Transformatorless SPWM Inverter dengan Arduino," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2020.
- [2] G. Hardiansyah, "Perancangan dan Pembuatan Inverter Sumber Tegangan Enam Pulsa Tiga Fasa Variabel Frekuensi yang Dikendalikan dengan PC," Universitas Andalas, Padang, 2007.
- [3] R. A. Purwanto, H. Hariyadi, dan R. I. Putri, "Kontrol Arus pada Inverter Satu Fasa Tipe Full Bridge menggunakan DSPF28069M dengan Metode Proporsional Integral," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 9, no. 3, hlm. 183, 2022, doi: 10.33795/elk.v9i3.391.
- [4] I. K. Rao, M. S. S. Rukmini, R. P. Das, P. T. Rao, dan G. Manikanta, "Design of Frequency Domain Induced Polarization Equipment Having Optimized Frequency of Signal Transmission," *Indian J Sci Technol*, vol. 9, no. 6, Feb 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i6/85032.
- [5] P. Kessouri dkk., "Induced Polarization Applied to Biogeophysics: Recent Advances and Future Prospects," *Near Surface Geophysics*, vol. 17, no. 6, hlm. 595–621, 2019, doi: 10.1002/nsg.12072.
- [6] Z. Umroh, "Analisis Data Geolistrik Metode IP (Induced Polarization) untuk Mengetahui Sebaran Lumpur di Bawah Permukaan (Studi Kasus Desa Jari, Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro)," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang, 2018.
- [7] B. Aryaseta, D. D. Warnana, dan A. Widodo, "Aplikasi Metode Induced Polarization Untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo, Surabaya," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, hlm. 84–86, 2017.
- [8] T. Martin, K. Titov, A. Tarasov, dan A. Weller, "Spectral Induced Polarization: Frequency Domain Versus Time Domain Laboratory Data," *Geophys J Int*, vol. 225, no. 3, hlm. 1982–2000, 2021, doi: 10.1093/gji/ggab071.
- [9] W. M. Telford, L. P. Geldart, dan R. E. Sheriff, *Applied Geophysics Second Edition, 2nd ed.* Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [10] A. H. P. Yuniarto, "Aplikasi Time Domain Induced Polarization dalam Eksplorasi Emas di Blok 'Cpy' Gunung Pongkor Kabupaten Bogor," *Jurnal Geosaintek*, vol. 6, no. 3, hlm. 117, 2020, doi: 10.12962/j25023659.v6i3.6867.
- [11] I. M. A. Mahardiananta, P. A. R. Arimbawa, dan D. A. S. Santiari, "Perhitungan Drop Tegangan Sistem Distribusi Menggunakan Metode Aliran Daya," *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 3, no. 1, hlm. 13–18, 2020, doi: 10.31598/jurnalresistor.v3i1.453.
- [12] PLN, *Tegangan-Tegangan Standar.* Indonesia, 1987.

- [13] E. H. Aboadla dkk., “Suppressing voltage spikes of mosfet in h-bridge inverter circuit,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 10, no. 4, hlm. 1–17, 2021, doi: 10.3390/electronics10040390.
- [14] Z. I. Amien, M. Yantidewi, dan I. Sucahyo, “Alat Eksperimen Charge Discharge Kapasitor pada Rangkaian RC Seri dengan Sensor Ina219,” *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, hlm. 707–712, 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3821.
- [15] I. Y. Basri dan D. Irfan, *Komponen Elektronika*. Padang: Sukabina Press, 2018.
- [16] C. Bell, *Beginning Sensor Networks with XBee, Raspberry Pi, and Arduino: Sensing the World with Python and MicroPython*. Apress Media LLC, 2020. doi: 10.1007/978-1-4842-5796-8.
- [17] D. Cittanti, F. Iannuzzo, E. Hoene, dan K. Klein, “Role of parasitic capacitances in power MOSFET turn-on switching speed limits: A SiC case study,” dalam 2017 *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2017*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov 2017, hlm. 1387–1394. doi: 10.1109/ECCE.2017.8095952.
- [18] N. Desiwantiyani, “Rancang Bangun Inverter SPWM,” Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [19] C. H. Edwards dan D. E. Penney, *Elementary Differential Equations with Boundary Value Problems 4th Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.
- [20] H. A. El-Halim, E. S. Soliman, dan A. Refky, “Performance of MOSFET Driven via a Bootstrap Capacitor for Dynamic Load Continuity Enhancement,” *Journal of Engineering (United Kingdom)*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/2273819.
- [21] M. R. Fahlepy, “Teori Singkat Arus Transien (Elektronika Dasar),” *Think Physics*. Diakses: 3 Desember 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.thinkphysics.com/2020/06/teori-singkat-arus-transien-elektronika-dasar.html>
- [22] S. Fuada dkk., “Analisis Rangkaian Pembagi Tegangan dan Perbandingan Hasil Simulasinya Menggunakan Simulator Offline,” *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, hlm. 28, 2022, doi: 10.22373/crc.v6i1.11200.
- [23] A. Giyantara dan R. S. Tjiang, “Desain Inverter Satu Fasa 12V DC ke 220V AC Menggunakan Rangkaian H-Bridge MOSFET,” *SPECTA Journal of Technology*, vol. 3, no. 1, Des 2019, doi: 10.35718/specta.v3i1.112.
- [24] Infineon, “IR2110(S)-IR2113(S) Datasheet-500V/600V High-Side and Low-Side Gate Driver IC with Shutdown,” 2019. [Daring]. Tersedia pada: [www.infineon.com/gatedriver](http://www.infineon.com/gatedriver)
- [25] Junaidi dan Y. D. Prabowo, *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino*. Bandar Lampung: CV. Anugrah Utama Raharja, 2018. [Daring]. Tersedia pada: [www.aura-publishing.com](http://www.aura-publishing.com)
- [26] R. Kansagara, “Single Phase Half Bridge and Full Bridge Inverter Circuit using MATLAB.” Diakses: 14 November 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://circuitdigest.com/electronic-circuits/single-phase-half-bridge-and-full-bridge-inverter-circuit-using-matlab>
- [27] H. Khan, “0 To 25V DC Voltage Sensor Module.” Diakses: 22 Februari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.datasheethub.com/0-to-25v-dc-voltage-sensor-module/>
- [28] Y. Lee dan J. Kim, “Analysis of Bootstrap Circuit Operation with an Inverted PWM Drive Scheme for a Three-Phase Inverter for a Brushless DC Motor Drive,” *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 42, no. 1, hlm. 58–65, 2019, doi: 10.1109/CJECE.2019.2891850.
- [29] F. B. Lubis dan A. Yanie, “Implementasi Pulse Width Modulation (PWM) pada Penyaluran Limbah Cair Pupuk Kelapa Sawit Berbasis Arduino,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 7, no. 2, hlm. 39–46, 2022.
- [30] H. Matalata dan A. Effendi, “Unjuk Kerja Charge Controller metode PWM Menggunakan Arduino Uno,” *J Teknol*, vol. 15, no. 1, hlm. 1–8, 2021, doi: 10.34151/jurtek.v15i1.3957.
- [31] A. O. Maulana, “Rancang Bangun Konverter SEPIC (Single Ended Primary

- Inductor Converter) dengan Kendali Picu Kalang Terbuka,” Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [32] D. P. Mulyono, “Modifikasi Rangkaian Mekanik Bootstrap Untuk Meningkatkan Kinerja Gate Driver MOSFET,” Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2017.
- [33] A. A. Muntashir, E. Purwanto, dan S. D. Nugraha, “Pengembangan Sugeno Fuzzy Model Dalam Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan V/F Scalar Control,” *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, hlm. 65, Des 2020, doi: 10.46964/poligrd.v1i2.379.
- [34] S. Y. Panggabean, F. X. A. Setyawan, dan S. Alam, “2026-Article Text-301-1-10-20170508,” *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 2, Mei 2017.
- [35] V. Parkash, “Fourier Series Approximation of Square and Sawtooth Waves Using Python Script in Jupyter Notebook,” *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 12, no. 3, hlm. 1834–1840, 2023, doi: 10.21275/sr23326170631.
- [36] D. Sasmoko, *Arduino dan Sensor pada Project Arduino DIY*. Semarang: Yayasan Prima AgusTeknik, 2021.
- [37] S. M. Siagian, G. W. Jaya, dan I. Nurhidayati, “Analisis Jumlah Muatan Listrik Serta Energi Pada Kapasitor Berdasarkan Konstanta Dielektrik Suatu Material,” *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, vol. 7, no. 1, hlm. 176, 2021, doi: 10.31764/orbita.v7i1.4420.
- [38] W. Storr, “Transistor as a Switch - Using Transistor Switching.” Diakses: 11 Desember 2022. [Daring]. Tersedia pada: [https://www.electronicstutorials.ws/transistor/tran\\_4.html](https://www.electronicstutorials.ws/transistor/tran_4.html)
- [39] M. Suari, “Analisis Nilai Resistansi pada Konfigurasi Keypad Satu Kabel serta pemanfaatannya dalam media pembelajaran,” *Natural Science Journal*, vol. 5, no. 1, hlm. 754–765, 2019.
- [40] D. Sugiarto, “Rancang Bangun Driver Motor BLDC 6 Kutub 3 Fasa Menggunakan MOSFET 75NF75,” Universitas Jember, Jember, 2019.
- [41] T. Suhendra, “Effect of Pulse Width Modulation on Proportional, Integral, and Derivative Coefficient Characteristics,” *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, hlm. 93, 2023, doi: 10.33387/protk.v10i2.5033.
- [42] R. A. Sukmayuwana, T. Hardianto, dan W. Hadi, “Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID,” *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, vol. 6, no. 1, Apr 2020, doi: <https://doi.org/10.19184/jaei.v6i1.19655>.
- [43] W. Swastika, “Mengolah Citra Digital Melalui Transformasi Fourier (Bagian 1),” [machung.ac.id](http://machung.ac.id). Diakses: 3 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://machung.ac.id/artikel-prodi-if/mengolah-citra-digital-melalui-transformasi-fourier-bagian-1/>
- [44] M. K. Wardana, I. Fadlika, dan A. Fahmi, “Rancang Bangun Inverter Satu Fasa SPWM dengan Output Tegangan dan Frekuensi Variabel,” *Tekno*, vol. 28, no. 1, hlm. 1, 2019, doi: 10.17977/um034v28i1p1-16.
- [45] Erna. K. Wati, “Teori Pengolahan Sinyal Digital”. Jakarta Selatan: LP-UNAS, 2018.
- [46] A. Wijayono dan V. G. V. Putra, “Pengukuran Konstanta Dielektrik Udara Pada Perangkat Kapasitor Plat-Sejajar Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *IPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, vol. 4, no. 1, hlm. 13–26, 2020, doi: <https://doi.org/10.30599/jipfri.v4i1.651>.