

## STUDI PENGARUH FREKUENSI MODULASI LEBAR PULSA PADA INVERTER DENGAN SUMBER LISTRIK ARUS SEARAH TERBARUKAN ( STUDI KASUS : PANEL SURYA )

### *STUDY OF THE EFFECT OF PULSE MODULATION FREQUENCY IN INVERTER WITH RENEWABLE CURRENT FLOW SOURCES (CASE STUDY: SOLAR PANEL)*

Arief Budi Nugraha<sup>1</sup>, Reza Fauzi Iskandar<sup>1</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

<sup>1</sup>ariefbn23@yahoo.com, rezafauzi@gmail.com

<sup>2</sup>qurthobi@gmail.com

#### Abstrak

Pada penelitian ini penulis merancang sebuah VFD sederhana yang mana hasil dari perancangan ini akan digunakan untuk mengambil data yang akan dianalisis. Proses pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan sebuah panel surya sebagai sumber tegangan dan Arduino uno sebagai masukan kontrol dengan memvariasikan nilai Perioda yang berfungsi untuk mengatur frekuensi keluaran dari alat. Pada inverter yang tidak menggunakan tambahan rangkaian integrator nilai variasi frekuensi tidak berpengaruh terhadap tegangan keluaran. Sedangkan pada inverter yang telah ditambahkan rangkaian integrator nilai variasi frekuensi berpengaruh terhadap nilai tegangan keluaran yang didapat. Pengaruh nilai tegangan keluaran dikarenakan terdapat perbedaan respon waktu dari nilai variasi frekuensi dan nilai frekuensi kerja dari integrator tersebut. Nilai Vrms pada tegangan keluaran dari inverter dengan tanpa integrator dan dengan menggunakan tambahan integrator juga berbeda dikarenakan nilai Vrms dari tegangan yang sinyal keluarannya merupakan sinyal segitiga adalah setengah dari nilai tegangan keluaran pada sinyal kotak. Selanjutnya tambahan integrator juga berpengaruh terhadap kualitas daya listrik yang dihasilkan dimana integrator juga berfungsi sebagai filter aktif yang dapat meminimalisir harmonisa yang didapat. Pada rentang intensitas cahaya dari 570 lux sampai 1270 lux kualitas daya listrik yang dihasilkan cukup baik dengan gelombang sinyal keluaran yang minim harmonisa. **Kata Kunci** : Inverter, Variable Frequency Drive, Toff

#### Abstract

*In this study the authors developed a simple VFD where the results of this design will be used to retrieve data to be analyzed. This data retrieval process is using solar panels as a voltage source and Arduino as the control input by varying the Period value to obtain the output frequency of the instrument. In an inverter that does not use an additional integrator circuit the frequency variation value does not affect the output voltage. While the inverter that has been added to an integrator the frequency variation values affect the value of the output voltage obtained. The effect of the output voltage value is because there is a difference in the response time of the value of the frequency variation and the value of the working frequency of the integrator. The Vrms value at the output voltage of the inverter with no integrator and using an additional integrator is also different because the Vrms value of the voltage whose output signal is a triangle wave signal is half the value of the output voltage on the square wave signal. Furthermore, the addition of the integrator also affects the power quality generated where the integrator also functions as an active filter that can minimize the harmonic obtained. In the range of light intensity from 570 lux to 1270 lux the power quality produced is quite good with a minimal output signal wave harmonics. **Keywords** : Inverter, Variable Frequency Drive, Toff*

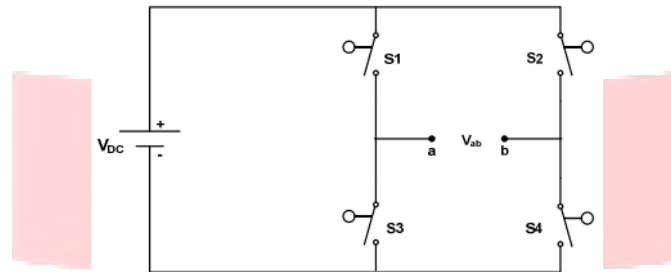
#### 1. Pendahuluan

Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis. Sementara pada negara-negara industri kebutuhan akan energi semakin meningkat. Namun sumber energi primer (minyak dan gas bumi) diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama lagi. [1]. Di Indonesia melimpahnya cahaya matahari yang merata dan dapat ditangkap di seluruh kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun merupakan sumber energi listrik yang sangat potensial [2]. Akan tetapi sumber tegangan yang dihasilkan masih dengan arus searah dan butuh perangkat yang dapat mengkonversi menjadi arus bolak-balik. Oleh karena itu dirananglah sebuah inverter sebagai pengkonversinya. [3]. Dalam dunia industri

tentunya banyak sekali yang menggunakan sistem pompa yang diharapkan dapat bekerja dengan berbagai macam beban yang fleksibel dan bervariasi. [4]. Cara yang lebih efisien untuk dapat mengatur variasi beban yaitu dengan cara mengatur kecepatan putar pompa tersebut. Untuk mengatur kecepatan putar peralatan tersebut dikenal dengan istilah Variable Speed Drive (VSD) [5]. Oleh karena itu penulis termotivasi untuk merancang sebuah inverter yang bersumber dari panel surya dan memiliki frekuensi yang dapat diatur dan memiliki harmonisa yang kecil.

## 2. Dasar Teori

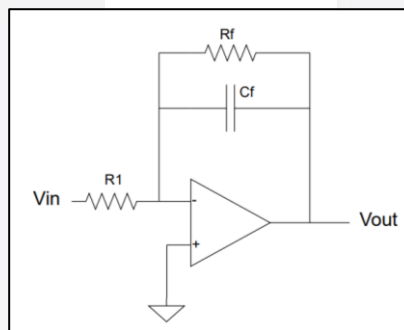
### 2.1 Inverter 1 fasa



**Gambar 2.1** Inverter 1 fasa

Inverter satu fasa berfungsi sebagai sarana pengkonversi tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik. Tegangan bolak-balik ( $V_{ab}$ ) pada terminal a-b dihasilkan dari kombinasi penyaklaran bersilangan, yaitu ketika S1 dan S4 “ON” selama  $T/2$ , arus akan mengalir dari S1 ke S4 melewati beban sehingga tegangan antara terminal a dan b akan positif. Ketika S2 dan S3 “ON” selama  $T/2$ , arus mengalir dari S2 ke S3 [6].

### 2.2 Rangkaian Integrator



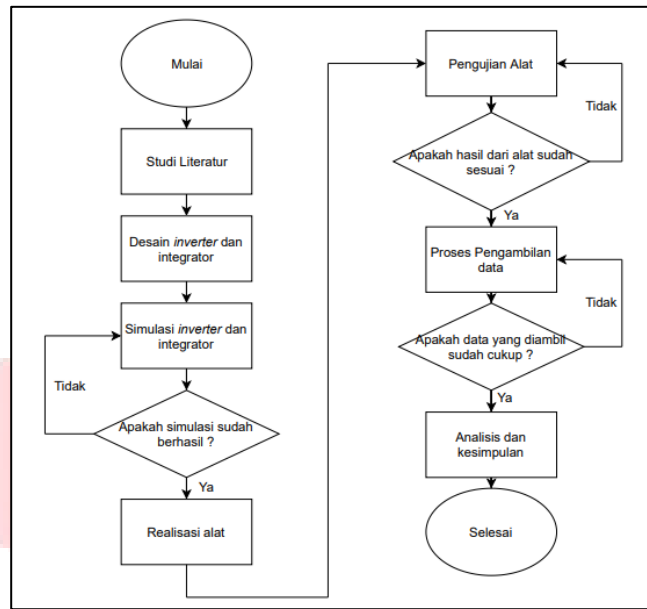
**Gambar 2.1** Skema Rangkaian Integrator

Dapat dilihat pada gambar 2.4 adalah skema rangkaian integrator aktif. Idealnya rangkaian integrator ini dapat mengkonversi sinyal kotak menjadi sinyal segitiga dan apabila masukannya adalah sinyal segitiga maka dapat dikonversi menjadi sinyal sinusoidal tergantung dari sinyal masukan untuk integrator tersebut [7].

## 3. Metodologi Penelitian

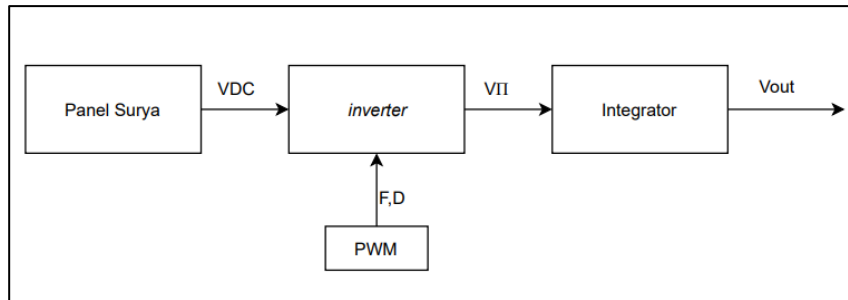
Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penelitian ini merupakan perancangan Variable Frequency Drive. VFD dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor dengan variasi beban yang diatur dengan cara mengatur frekuensi masukan ke motor. Keuntungan dari alat ini adalah dapat menghemat energi, mengurangi mechanical stress, dan meningkatkan power factor.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Diagram Blok Sistem

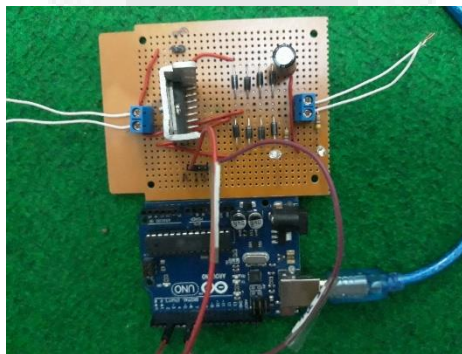


Gambar 2.2 Perancangan Software

Diagram blok diatas menjelaskan skema sistem yang akan di aplikasikan. Sumber tegangan berasal dari panel surya yang berisikan sumber arus searah yang dapat divariasikan lalu masukan tersebut menjadi masukan bagi inverter yang akan digunakan lalu dikonversikan ke tegangan AC melalui inverter PWM supaya dapat megatur nilai frekuensinya dengan rangkaian kontroler.

4. Hasil dan Pembahasan

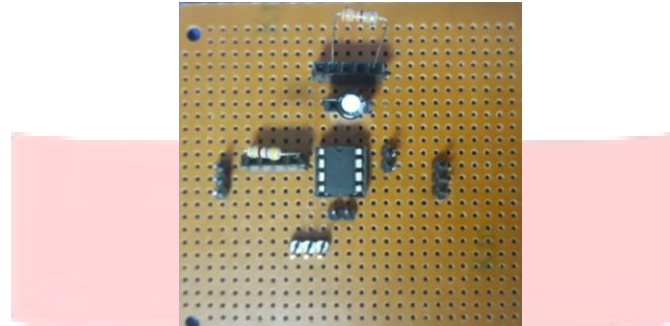
4.1 Realisasi Alat



Gambar 4.1 Rangkaian VFD Sederhana

Proses awal yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah merealisasikan sebuah *variable frequency drive* sederhana atau dalam pasaran dikenal juga dengan nama inverter. Gambar 3.1 berikut adalah realisasi dari alat yang dibuat.

Gambar diatas merupakan realisasi alat dari rangkaian VFD sederhana. VFD ini terbuat dari satu buah motor IC L298n dan *Arduino uno* sebagai mikrokontroler. Karena menggunakan IC L298n maka VFD ini hanya satu fasa.

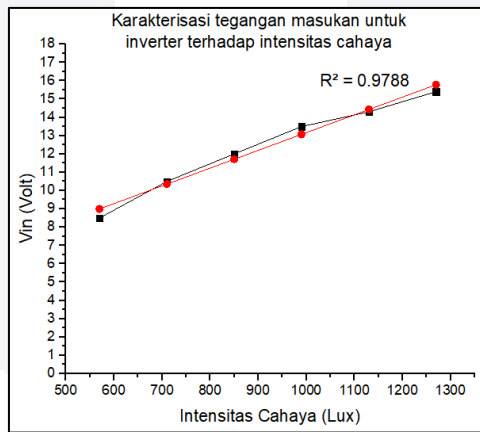


**Gambar 4.2** Rangkaian integrator

Gambar 4.4 merupakan realisasi dari rangkaian integrator. Rangkaian ini terdiri dari resistor, kapasitor, dan Op-amp.

**4.2 Karakterisasi Tegangan masukan dari Panel Surya**

Setelah merealisasikan rangkaian inverter dan integrator kemudian langkah selanjutnya adalah dengan mengkarakterisasikan nilai tegangan masukan dengan dengan cara mengukur intensitas cahaya yang diberikan dari lampu halogen kemudian mengukur nilai tegangan keluaran yang di dapat dari panel surya dengan multimeter. Berikut grafik karakterisasi nilai tegangan masukan terhadap intensitas cahaya pada gambar 4.8

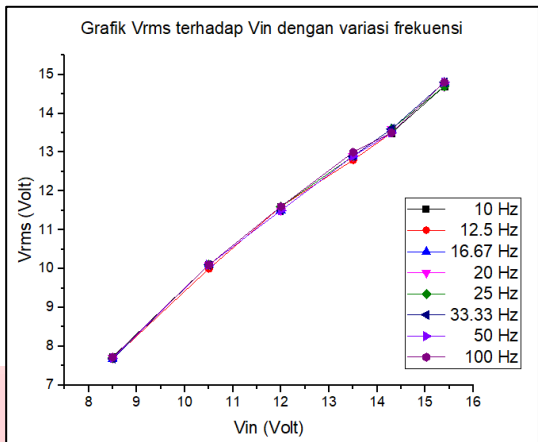


**Gambar 4.3** Grafik karakterisasi tegangan masukan terhadap intensitas cahaya

Nilai tegangan yang didapan ini berdasarkan tegangan keluaran dari panel surya yang diukur tanpa beban. Dari grafik diatas didapatkan persamaan regresi linear pada rentang intensitas cahaya dari 570 lux sampai 1270 lux yaitu  $V=0.0097x+3.4671$  dimana x adalah nilai intensitas cahaya yang didapat.

**4.3 Analisa Data Keluaran dari Inverter**

Kemudian, hal yang dianalisa adalah pengaruh nilai  $V_{rms}$ (output) terhadap nilai Frekuensi pada setiap variasi nilai  $V_{in}$ . Pada percobaan ini dilakukan variasi  $V_{in}$  sebanyak 6 nilai. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai frekuensi terhadap tegangan keluaran. Berikut pada gambar 4.9 adalah grafik yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan .



**Gambar 4.4** Grafik Vrms terhadap Vin dengan variasi frekuensi

Pada grafik yang telah didapat dari 6 kali percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa Vrms hampir tidak mengalami perubahan dan nilainya cenderung sama pada setiap variasi frekuensi.

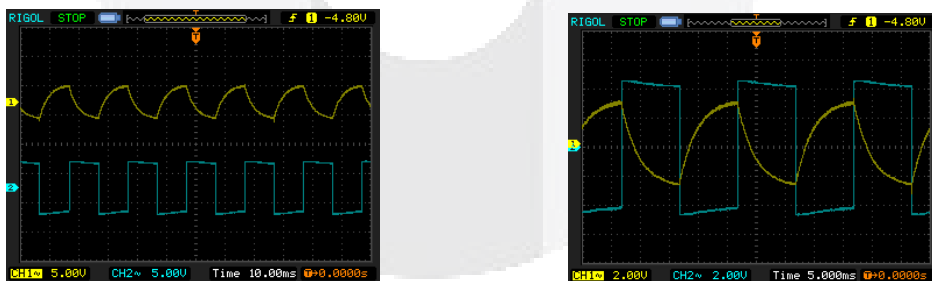
Pada Analisa kali ini akan melihat pengaruh nilai frekuensi terhadap nilai Vout dari inverter. Berdasarkan rumus tegangan listrik AC yang dapat dilihat pada persamaan 4.1 berikut.

$$V(t) = V_{max} \sin(\omega t) \tag{4.1}$$

Maka berdasarkan persamaan diatas nilai Vrms, Vmax, Vpp tidak berpengaruh dengan adanya variasi frekuensi. Perlu diketahui pada tegangan dengan keluaran sinyal kotak nilai Vmax keluaran sama dengan nilai Vrms keluaran.

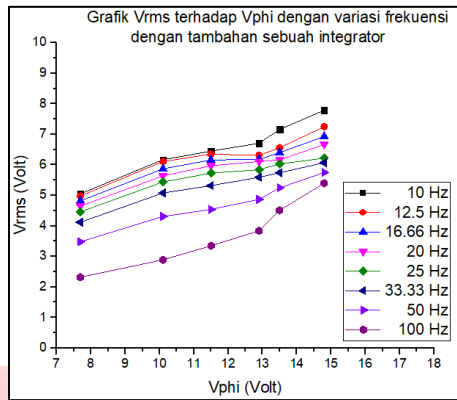
**4.4 Percobaan Menggunakan Tambahan Rangkaian Integrator**

Setelah merealisasikan rangkaian integrator maka dilakukan percobaan pada inverter untuk mengkonversi sinyal kotak menjadi sinyal segitiga. Pada percobaan kali ini keluaran dari inverter menjadi masukan bagi rangkaian integrator. Sinyal keluaran dari inverter yang merupakan sinyal kotak akan diintegrasikan oleh sebuah rangkaian integrator menjadi sinyal segitiga.



**Gambar 4.5** Hasil Print FFT Osiloskop dengan tambahan Integrator

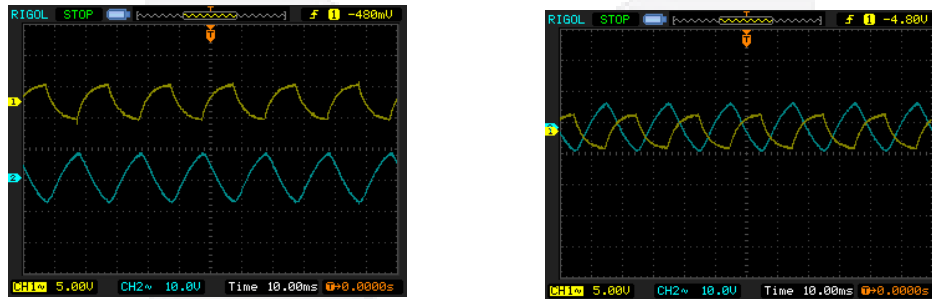
Selanjutnya dilakukan percobaan pengambilan data dengan variasi frekuensi dengan rangkaian inverter yang telah ditambahkan sebuah rangkaian integrator. Kali ini percobaan dilakukan dengan variasi tegangan masukan pada 8.5, 10.5, 12, 13.5, 14.3 dan 15.4 volt dan variasi frekuensi 10-100 Hz. Data hasil percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4.6** Grafik Vrms terhadap VII dengan tambahan sebuah integrator

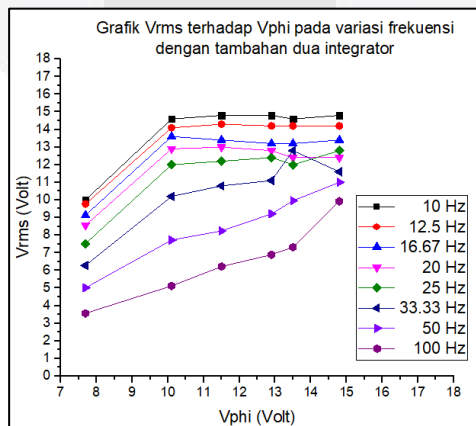
Dapat dilihat pada gambar 4.11 data hasil percobaan yang telah dilakukan yaitu grafik Vrms terhadap frekuensi pada VII yang mana adalah tegangan keluaran dari inverter dengan tambahan sebuah rangkaian integrator. Hasil dari percobaan kali ini terdapat beberapa perbedaan pada Vrms. Hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh dari rangkaian integrator yang menyebabkan tegangan keluaran menjadi turun.

Kemudian dilakukan percobaan pada inverter dengan tambahan dua buah rangkaian integrator untuk mengkonversi sinyal segitiga menjadi sinyal sinusoidal. Pada percobaan kali ini keluaran dari rangkaian integrator yang pertama menjadi masukan bagi rangkaian integrator kedua. Pengkonversian ini memiliki tujuan untuk mengkonversi sinyal segitiga menjadi sinyal sinusoidal.



**Gambar 4.7** Hasil Print FFT Osiloskop dengan tambahan Integrator

Kemudian dilakukan pengambilan data dengan menggunakan tambahan dua buah rangkaian integrator. Dengan tambahan dua buah rangkaian integrator ini sinyal keluaran yang di dapatkan adalah sinyal sinusoidal. Hasil dari pengambilan data ini dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.



**Gambar 4.8** Grafik Vrms terhadap VII dengan tambahan dua integrator

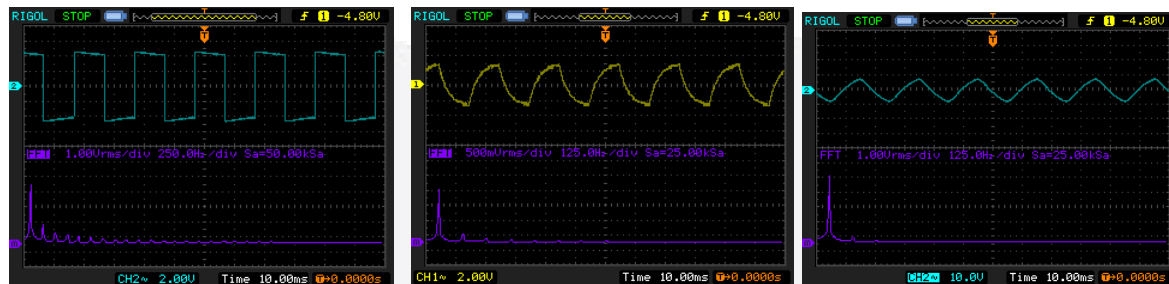
Pada penelitian dengan menggunakan tambahan rangkaian integrator variasi frekuensi berpengaruh pada hasil tegangan keluaran. Nilai dari tegangan keluaran cenderung semakin turun, hal ini dikarenakan dengan adanya variasi frekuensi maka frekuensi pada inverter menjadi berbeda dengan frekuensi kerja yang terdapat pada rangkaian integrator. Hal tersebut dijelaskan pada persamaan 4.8.

$$f_i = \frac{1}{2\pi R_f C_f} \tag{4.2}$$

Dari persamaan 4.8 maka frekuensi natural yang dimiliki rangkaian integrator adalah sekitar 50 Hz. Dengan adanya variasi frekuensi pada inverter, maka terdapat perbedaan respon waktu antara lebar gelombang dengan pengisian dan pengosongan kapasitor. Apabila frekuensi inverter lebih tinggi dari frekuensi kerja maka respon waktu pada lebar gelombang lebih cepat daripada respon waktu pada pengisian dan pengosongan kapasitor, hal tersebut mengakibatkan tegangan keluaran menjadi lebih kecil.

#### 4.5 Analisa Kualitas Daya Listrik dari Inverter

Selanjutnya dilakukan pemrosesan sinyal dengan FFT yang bertujuan untuk merubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Pada analisa kali ini juga dilihat kualitas sinyal keluaran dari inverter antara sinyal kotak, segitiga maupun sinusoidal. FFT juga dikenal sebagai suatu algoritma untuk menghitung Transformasi Fourier Diskrit (Discrete Fourier Transform, DFT) dengan cepat dan efisien. Pada penelitian kali ini FFT berfungsi untuk melihat frekuensi dominan dan harmonisa yang terdapat pada rangkaian inverter yang telah dikonversi dengan integrator menjadi sinyal sinusoidal. Pada gambar 4.14 merupakan hasil sinyal yang telah diproses melalui fitur FFT pada osiloskop.



Gambar 4.9 Hasil Print FFT pada Osiloskop sinyal kotak, segitiga dan sinusoidal

Kemudian dapat dianalisa bahwa sinyal kualitas daya listrik dari inverter yang telah ditambahkan rangkaian integrator memiliki kualitas yang lebih baik dari pada inverter tanpa rangkaian integrator. Hal tersebut dikarenakan pada inverter tanpa integrator masih menghasilkan bentuk gelombang sinyal kotak yang mana sinyal kotak tersebut masih memiliki banyak harmonisa pada frekuensi yang lebih tinggi sedangkan pada inverter yang telah ditambahkan integrator memiliki lebih sedikit harmonisa pada frekuensi yang lebih tinggi.



### 5. Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian tugas akhir yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai frekuensi pada inverter yang didapat dari nilai perioda tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan keluaran dari inverter. Hal tersebut sesuai dengan persamaan  $V(t) = V_{\max} \sin[\omega t]$ .
2. Pada inverter yang telah ditambahkan rangkaian integrator, variasi frekuensi berpengaruh pada nilai tegangan keluaran pada inverter. Hal dikarenakan dengan adanya variasi frekuensi maka nilai frekuensi pada inverter dapat berbeda dengan nilai frekuensi kerja dari integrator yang di dapat dari persamaan  $f = 1/2\pi RfCf$ . Dengan adanya variasi frekuensi pada inverter maka terdapat perbedaan respon waktu antara lebar gelombang dengan pengisian dan pengosongan kapasitor yang mengakibatkan terjadinya perubahan pada tegangan keluaran.
3. Dengan tambahan rangkaian integrator dapat meminimalisir harmonisa dari sinyal keluaran inverter dibandingkan tanpa rangkaian integrator.
4. Kualitas daya listrik yang dihasilkan dari inverter cukup baik dengan adanya integrator dapat meminimalisir harmonisa frekuensi dan bentuk sinyal yang cukup stabil jika masukan untuk integrator sesuai dengan spesifikasi dari op-amp yang digunakan pada integrator.
5. Pada spesifikasi integrator yang digunakan nilai intensitas cahaya dengan rentang 570 lux sampai 1270 lux memiliki kualitas daya listrik yang cukup baik dengan didapatkannya gelombang sinyal keluaran yang memiliki sedikit harmonisa.

Dari penelitian berikut ini penulis memiliki beberapa saran diantaranya :

1. Untuk peningkatan penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sebuah inverter dengan keluaran tiga fasa.
2. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan untuk pengaplikasian pada beban listrik dengan sumber tegangan berasal dari panel surya.

### Daftar Pustaka

- [1] Hasnawiya, Hasan. (2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [2] Jatmiko, Hasyim. A, Mahir. P, (2011), "Pemanfaatan Sel Surya dan LED untuk Perumahan" Semantik 2011. UDINUS Semarang.
- [3] Bachri, Affan. (2013). Simulasi Karakteristik Inverter IC 555. Universitas Islam Lamongan. Lamongan.
- [4] J. R. Pottebaum, "Optimal characteristics of a variable-frequency centrifugal pump motor drive," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-20, no. 1, pp. 23– 31, Jan. 1984
- [5] E. B. Turner and C. P. Lemone, "Adjustable-speed drive applications in the oil and gas pipeline industry," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 25, no. 1, pp. 30–35, Jan./Feb. 1989.
- [6] Rashid Muhammad H, Hasan MR. PSpice For Power Electronics and Electric Pocer. New York:Taylor & Francis Group. 2006.
- [7] Sedra. A.S, Simth. K.C. (2004). Microelectronic Circuits. The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering. pp. 105-112, 2004. Rashid Muhammad H, Hasan MR. PSpice For Power Electronics and Electric Pocer. New York:Taylor & Francis Group. 2006.



