

## **Perancangan VFD Motor Induksi 1 Phase Untuk Pengaturan Awal Kecepatan Mobil Listrik**

**Leily W Johar, S. Umar Djufri, Hendi Matalata**

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

\*Corresponding author: leily.w.johar@unbari.ac.id

**Abstrak.** Teknologi penggerak kecepatan variabel dan pentingnya pengendalian kecepatan motor yang ada telah menarik banyak perhatian dengan munculnya perangkat listrik baru dan bahan magnetik. Paper ini merupakan tinjauan komprehensif tentang aplikasi VFD dalam penghematan energi motor listrik. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi dan penerapan penggerak kecepatan variabel ke aplikasi motor listrik yang ada. Pada paper ini penulis berharap dapat memberikan informasi yang berguna untuk aplikasi penggerak kecepatan variabel di masa mendatang seperti kipas, pompa, pendingin, ventilator dan sebagai penggerak mobil listrik. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian rangkaian perubahan frekuensi sebagai pengaturan kecepatan motor induksi menggunakan Variable Frequency Drive (VFD), yang mana pada hasil penelitian perubahan frekuensi ini dapat mengatur kecepatan motor induksi. Pada penelitian ini perubahan frekuensi masih diatur secara analog dengan mengganti-ganti besar resistor pada IC pembangkit sinyal PWM untuk driver MOSFET. Untuk itu penelitian berikutnya di harapkan perubahan frekuensi dapat dilakukan secara digital

**Kata Kunci :** Motor Listrik, VFD, Semikonduktor Analog

***Abstract.** Variable speed drives and the importance of controlling the speed of existing motors have attracted much attention with the advent of new electrical devices and magnetic materials. This paper is a comprehensive review of the application of VFD in energy saving electric motors. The aim is to identify energy saving opportunities and apply variable speed drives to existing electric motor applications. In this paper the authors hope to provide useful information for future variable speed drive applications such as fans, pumps, coolers, ventilators and as electric car propulsion. In this study, a series of frequency changes has been tested as an induction motor speed regulation (VFD), which in the results of this frequency change research can regulate the speed of the induction motor. In this study, the frequency change is still regulated analogously by changing the resistor size on the PWM signal generator IC for the MOSFET driver. For that the next research is expected to change the frequency can be done digitally*

**Keywords:** Electric Motor, VFD, Analog Semiconductor

### **PENDAHULUAN**

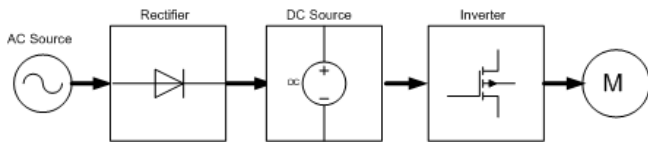
VFD memainkan peran penting dalam mengoptimalkan energi listrik yang dikonsumsi oleh motor listrik sebagai fungsi dari energi mekanik yang diberikan ke motor tersebut. Hal ini dicapai dengan meminimalkan kehilangan energi panas listrik. Dalam tulisan ini, kami mengusulkan metode asli untuk optimasi energi listrik untuk sistem yang lengkap termasuk motor penggerak. Tujuannya adalah untuk menentukan kecepatan optimal yang meminimalkan konsumsi energi listrik untuk titik sistem operasi termasuk VFD dan motor listrik. Motor listrik banyak digunakan dalam berbagai aplikasi domestik dan industri, seperti dalam air dan air limbah, makanan dan minuman, dan aplikasi minyak dan gas. Dalam kebanyakan kasus, motor listrik dapat dihubungkan langsung ke sumber listrik yang disebut Direct On Line (DOL) atau dikendalikan oleh penggerak kecepatan variabel (VFD)[1]. Manajemen energi sistem penggerak global menjadi sangat penting untuk mengurangi biaya energi instalasi dan mengoptimalkan biaya perawatan, misalnya dengan meningkatkan masa pakai peralatan. Sebuah VFD sangat penting untuk meningkatkan efisiensi energi dari sistem penggerak secara keseluruhan. VFD memungkinkan memberikan semua kemungkinan

titik kerja mekanis (kecepatan, torsi)[2], dan akibatnya, hanya daya mekanik yang dibutuhkan oleh sistem. Hasil eksperimen menunjukkan relevansi pendekatan pengoptimalan daya ini untuk sistem penggerak motor listrik. Kebanyakan motor dirancang untuk beroperasi pada kecepatan konstan dan memberikan output yang konstan; namun, teknologi modern memerlukan kecepatan yang berbeda dalam banyak aplikasi di mana motor listrik penggerak kecepatan variabel (VFD) adalah perangkat yang mengatur kecepatan dan gaya rotasi, atau torsi keluaran peralatan mekanis. Efek penerapan VFD baik dalam peningkatan produktivitas maupun dalam pompa, kipas angin, kompresor dan peralatan lainnya[3]. Teknologi penggerak kecepatan variabel dan pentingnya pengendalian kecepatan motor yang ada telah menarik banyak perhatian dengan munculnya perangkat listrik baru dan bahan magnetik. Paper ini merupakan tinjauan komprehensif tentang aplikasi VFD dalam penghematan energi motor listrik. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi dan penerapan penggerak kecepatan variabel ke aplikasi motor listrik yang ada. Penulis berharap dapat memberikan informasi yang berguna untuk aplikasi penggerak kecepatan variabel di masa mendatang seperti

kipas, pompa, pendingin, ventilator dan sebagai penggerak mobil listrik[4].

**Tinjauan Pustaka**

VFD berdasarkan prinsip kerja untuk mengatur kecepatan motor induksi AC 3 Phase dan 1 phase menggunakan frekuensi untuk mengatur kecepatan motor[5]. Adapun diagram blok variable frequency drive diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok VFD

Prinsip kerja VFD yang sederhana adalah[3]:

1. Tegangan yang masuk dari jala-jala 50 Hz PLN di konversi dari AC ke DC melalui Blok Rectifier.
2. Tegangan DC yang dihasilkan kemudian dikonversikan kembali menjadi sumber AC melalui blok inverter, yang terdiri dari Semikonduktor aktif seperti MOSFET. Dengan menggunakan frekuensi pensakelaran, untuk memecah tegangan DC dan dimodulasi sehingga keluar frekuensi sesuai yang diinginkan.
3. Keluaran Blok inverter kemudian digunakan sebagai sumber tegangan motor induksi dengan frekuensi yang dapat diatur.

Secara Matematis hubungan kecepatan motor dengan perubahan frekuensi dapat dilihat sebagai berikut:

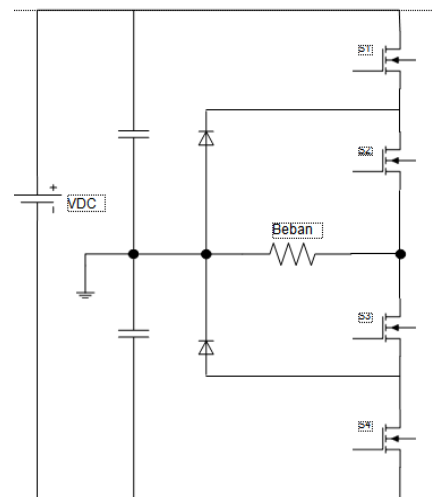
$$Ns = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- Ns = Medan Putar Stator
- p = Jumlah Kutup
- f = Frekuensi

**Topologi Multilevel Inverter Dioda Clamped**

Inverter digunakan untuk mengkonversi sumber DC menjadi AC yang frekuensi sumber AC nya dapat diatur. Adapun konstruksi dari Inverter seperti diperlihatkan pada gambar 2.



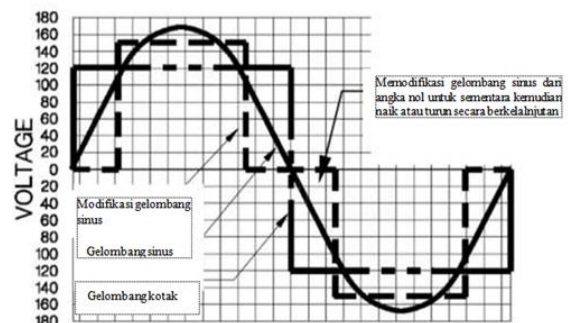
Gambar 2. Konstruksi Topologi Multilevel Inverter Dioda Clamped

Dari gambar 2 diatas, agar konstruksi dari Topologi Multilevel Inverter Dioda Clamped dapat bekerja maka diperlukan pola pensakelaran seperti diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Pola Pensakelaran

NO	Pola Pensakelaran				Tegangan Keluaran
	S1	S2	S3	S4	
1	On	Off	Off	Off	0
2	On	On	Off	Off	+VDC
3	Off	On	On	Off	0
4	Off	Off	On	On	-VDC

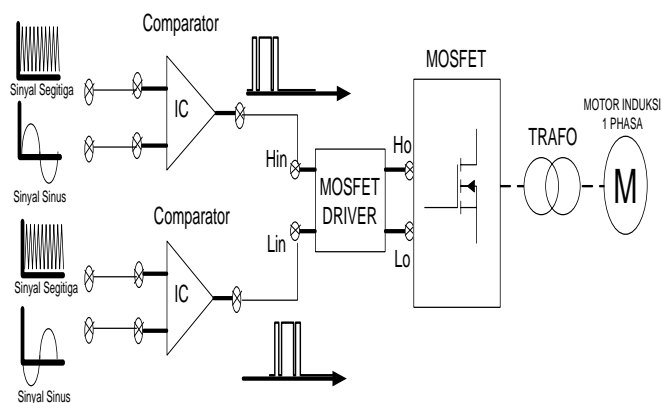
Dari penjelasan Gambar 2 dan tabel 1 diatas, maka keluaran multilevel inverter dioda clamped sebagai sumber energi listrik bagi motor induksi diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Modifikasi Keluaran Multilevel Inverter Dioda Clamped

**METODE**

Pada paper ini adapun rancangan rangkaian keseluruhan penelitian meliputi rangkaian pembangkitan gelombang PWM, Rangkaian MLI, Transformator Step-Up dan Transformator Variabel. Blok Rangkaian keseluruhan penelitian diperlihatkan seperti gambar 4 dibawah:



Gambar 4. Blok Metode Penelitian

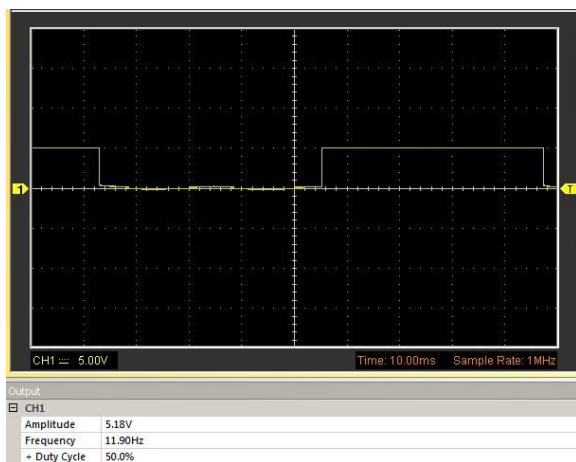
Pada gambar 4, untuk mencacah input DC dari rangkaian MOSFET (Multilevel Inverter) digunakan gelombang PWM melalui driver MOSFET[6], dimana besar frekuensinya diatur melalui sinyal sinus sebagai referensi yang kemudian dibandingkan (*Comparator*) dengan sinyal segitiga sebagai pembawa (*carrier*)[7]. Besarnya frekuensi PWM ini, mengakibatkan perubahan besar frekuensi dari keluaran Multilevel inverter yang digunakan sebagai sumber energi listrik pada VFD.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, untuk membangkitkan sinyal sinus, sinyal segitiga dan rangkaian comparator menggunakan komponen semikonduktor Analog (IC).

#### Pengujian Driver MOSFET Frekuensi 11,9 Hz

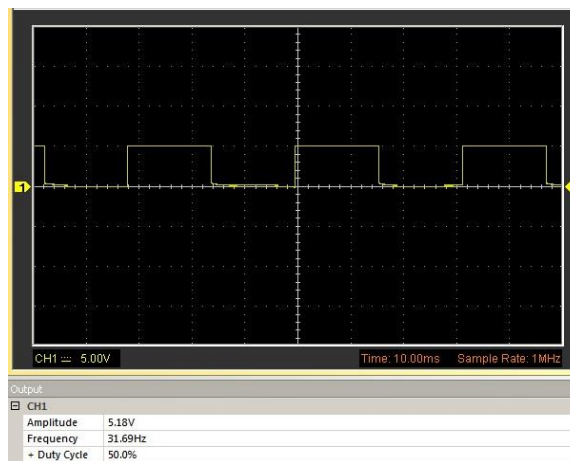
Pada pengujian frekuensi 11,8 Hz driver MOSFET, hasil pengukuran rangkaian ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Driver MOSFET Frekuensi 11,9 Hz

#### Pengujian Driver MOSFET Frekuensi 31,69 Hz

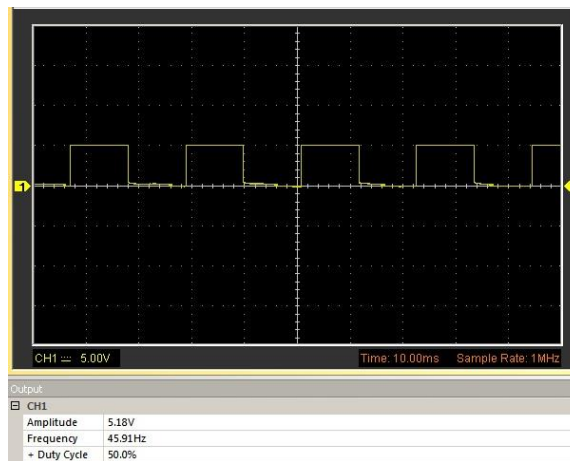
Pada pengujian frekuensi 31,69 Hz driver MOSFET, hasil pengukuran rangkaian ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Driver MOSFET Frekuensi 31,69 Hz

#### Pengujian Driver Mosfet Frekuensi 45,91 Hz

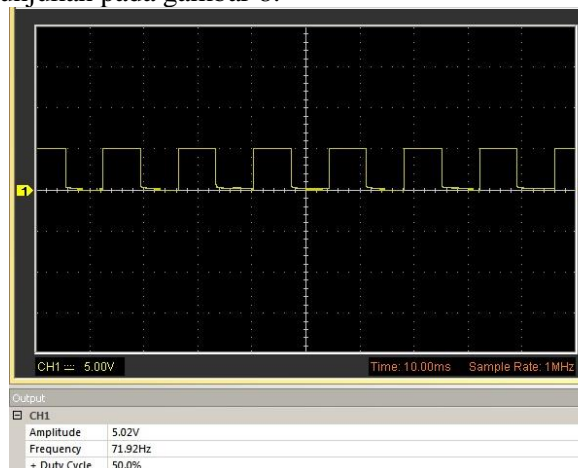
Pada pengujian frekuensi 45,91 Hz driver MOSFET, adapun hasil pengukuran rangkaian ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Driver MOSFET Frekuensi 45,91 Hz

#### Pengujian Driver MOSFET Frekuensi 71 Hz

Pada pengujian frekuensi 71,92 Hz driver MOSFET, adapun Hasil pengukuran rangkaian ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Driver MOSFET Frekuensi 71,92 Hz

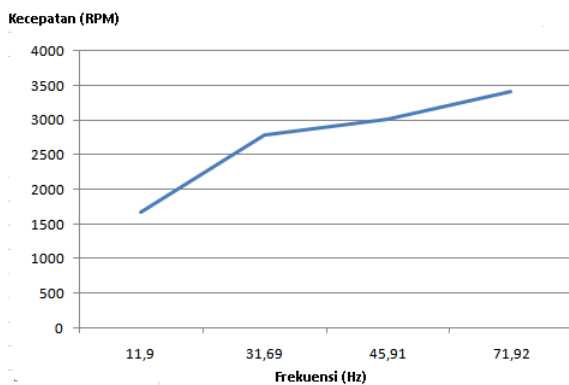
**Perubahan Frekuensi VS Perubahan Kecepatan Motor**

Untuk memperlihatkan perubahan besar kecepatan motor listrik (induksi 1 phasa) terhadap perubahan frekuensi pada driver mosfet, diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Frekuensi VS Kecepatan

	Frekuensi (Hz)	Kecepatan (Rpm)
Motor Induksi 1	11,9	1675
Phasa	31,69	2789
175 Watt	45,91	3012
	71,92	3421

Grafik hasil pengukuran antara frekuensi dan kecepatan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Frekuensi VS Kecepatan

**SIMPULAN**

Dalam Penelitian ini telah dilakukan pengujian rangkaian perubahan frekuensi sebagai pengaturan kecepatan motor induksi (VFD), yang mana pada hasil penelitian perubahan frekuensi ini dapat mengatur kecepatan motor induksi. Pada penelitian ini perubahan frekuensi masih diatur secara analog dengan mengganti-ganti besar resistor pada IC pembangkit sinyal PWM untuk driver MOSFET. Untuk itu penelitian berikutnya di harapkan perubahan frekuensi dapat dilakukan secara digital

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] F. Malrait, A. K. Jebai, and K. Ejjabraoui, "Power conversion optimization for hydraulic systems controlled by variable speed drives," *J. Process Control*, vol. 74, pp. 133–146, 2019, doi: 10.1016/j.jprocont.2017.11.002.

[2] M. Eriyadi and I. M. L. Putra, "Implementasi Pengatur Kecepatan Motor Pada Mesin Conveyor Penyortir Logam Otomatis," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 6, no. 1, p. 32, 2020, doi: 10.31884/jtt.v6i1.248.

[3] Gomgom and I. Effendi, "Penerapan Variable Frequency Drive Pada Motor Fuel Screw Feeder Untuk Bahan Bakar Pada Sistem Boiler," *J. Desiminasi Teknol. ISSN 9772503539042*, vol. 2, no. 1, pp. 50–59, 2015.

[4] N. Azizah, G. A. Khoirunnisa, N. Nuzulia, R. S. Muhammad, and M. Su'udi, "Review: Mekanisme Miko-Heterotrof Tumbuhan Monotropa," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.)*, vol. 3, no. 2, p. 49, 2020, doi: 10.30595/jrst.v3i2.4142.

[5] R. Saidur, S. Mekhilef, M. B. Ali, A. Safari, and H. A. Mohammed, "Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 1, pp. 543–550, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2011.08.020.

[6] H. Matalata and F. E. Yandra, "The Performance Multilevel Inverter 5 Level 1 Phase by Reducing Power Switch Components," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 10–16, 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n2.831.2021.

[7] M. Tamilvani, K. Nithya, M. Srinivasan, and S. . Prabha, "Harmonic Reduction in Variable Frequency Drives Using Active Power Filter," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 3, no. 2, pp. 119–126, 2014, doi: 10.12928/eei.v3i2.270.