

STUDI SIMULASI INVERTER DRIVE UNTUK APLIKASI LIFT

Ahmad Alfian¹, Ujang Wiharja²,

Abstrak - Perkembangan teknologi automasi di dunia industri semakin pesat berkembang seiring dengan kemajuan zaman. Sebelumnya pada pengaturan kecepatan motor listrik untuk aplikasi lift/elevator hanya menggunakan sebuah pengatur kecepatan manual, memainkan ukuran pulley, ataupun gearbox. Akan tetapi pada masa ini, sudah tersedia perangkat kontrol yang dapat mengendalikan kecepatan motor AC 3 Phase, yaitu inverter drive. Inverter drive mampu mengatur kecepatan dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan pada motor AC 3 phase, inverter drive juga memiliki kelebihan sebagai *soft starting*, pengereman motor AC 3 phase, juga sistem balik putaran motor AC 3 phase.

Pada pengujian ini, slip kecepatan antara stator dengan rotor terkecil sebesar 35% terjadi disaat nilai frekuensi sebesar 4,4 Hz dengan beban 2397,2 gr saat elevator bergerak naik, sedangkan slip terbesar senilai 67% dimana nilai frekuensi 2,5 Hz dengan beban 1549,8 gr saat elevator bergerak naik. Slip frekuensi terkecil senilai 1,125 Hz dengan nilai frekuensi 2,5 Hz dengan beban 700 gr saat elevator turun, sedangkan slip frekuensi terbesar senilai 3,21 Hz dengan nilai frekuensi 4,4 Hz dengan beban 2397,2 gr saat elevator bergerak naik.

Kata kunci : inverter drive, plant, motor AC 3 phase, *variable frequency drive*.

Abstract - *The development of automation technology in industry grew rapidly expand along with the progress of time. Earlier in the electric motor speed settings for applications lift / elevator only use a manual speed control, played a pulley size, or gearbox. However, at this time, is already available control device that can control the speed of motors AC 3 Phase, the inverter drive. Inverter drive is able to adjust the speed by changing the frequency and voltage values on 3 phase AC motor, inverter drive also has advantages as soft starting, braking 3-phase AC motor, the system also behind a 3 phase AC motor rotation.*

In this test, the slip speed between rotor stator with the smallest of 35% occurred at a frequency of 4.4 Hz value with 2397.2 grams load when the elevator moves up, while the biggest slip amounting to 67% where the value of the frequency of 2.5 Hz with a load of 1549 , 8 g when the elevator moves up. Slip smallest valued at 1,125 Hz frequency with a frequency value of 2.5 Hz with a load of 700 g when the elevator down, while the biggest slip worth 3.21 Hz frequency with a frequency of 4.4 Hz with a value of 2397.2 g load when the elevator moves up.

Keywords: inverter drive, plant, 3 phase AC motors, variable frequency drives

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman telah mempermudah dunia pada saat ini, terutama pada sebuah rangkaian peralatan yang digunakan untuk sebuah aplikasi lift. Sebuah lift pada umumnya digerakkan oleh sebuah motor induksi. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki banyak keunggulan dibanding motor sinkron atau motor DC. Dibalik keunggulannya terdapat juga kelemahan yaitu dalam hal pengaturan kecepatan dan torsi awal yang rendah. Untuk mengatasi permasalahan ini dapat digunakan sistem kontrol dengan mengatur tegangan input dan frekuensinya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan dan torsi sesuai dengan kebutuhan proses produksi di industri. Pada studi ini akan membahas topik tentang pengaturan kecepatan dan motor induksi dengan Inverter Drive (*Variable Frequency Drive*).

1.2 Tujuan Penelitian

Dari hasil analisa sistem kerja inverter drive sebagai pengatur kecepatan motor :

1. Mempelajari dan menganalisa kerja dari sebuah inverter drive sebagai *variable frequency drive* pada motor AC 3 phase, yang diaplikasikan kepada sebuah lift atau elevator.
2. Memahami karakteristik dari sebuah inverter drive.

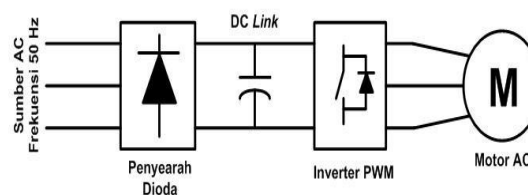
2. TEORI DASAR

2.1 Inverter Drive

Inverter drive adalah sebuah alat yang mengubah listrik arus searah (DC) menjadi arus bolak – balik (AC). Dengan menggunakan transformator, switching, serta rangkaian kontrol tegangan dan frekuensi yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dikarenakan hasil yang didapatkan berupa tegangan atau frekuensi yang dapat diatur, maka inverter dapat diaplikasikan sebagai pengatur kecepatan

rotasi sebuah motor listrik AC. Aplikasi ini dikenal dengan sebutan *Variable Frequency Drive* (VFD).

Sebuah *Variable Frequency Drive* (VFD) adalah suatu sistem untuk mengendalikan kecepatan rotasi motor listrik arus bolak – balik (AC) dengan mengendalikan frekuensi listrik yang diberikan ke motor. VFD juga dikenal sebagai *Adjustable Frekuensi Drive* (AFD), *Variabel Speed Drive* (VSD), *AC Drive*, *Microdrives* atau Inverter Drive.



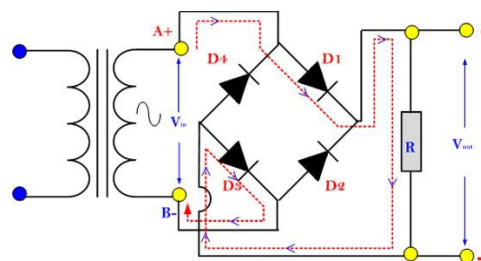
Gambar 1. Rangkaian Pengendali Kecepatan Motor AC

2.2 Komponen-komponen Inverter Drive

Secara umum, VFD terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

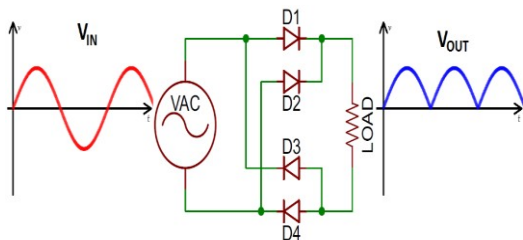
1. Rangkaian *Converter* dari AC ke DC (penyearah dioda)

Rangkaian *converter* dari AC ke DC adalah konversi daya perangkat elektronik yang bisa mengubah input daya AC ke DC menggunakan Rectifier bridge. Pada dioda bridge, hanya ada 2 dioda saja yang menghantarkan arus untuk setiap siklus tegangan AC sedangkan 2 dioda lainnya bersifat sebagai isolator pada saat siklus yang sama. Dioda bridge menggunakan transformator non – CT seperti terlihat pada gambar berikut ini :



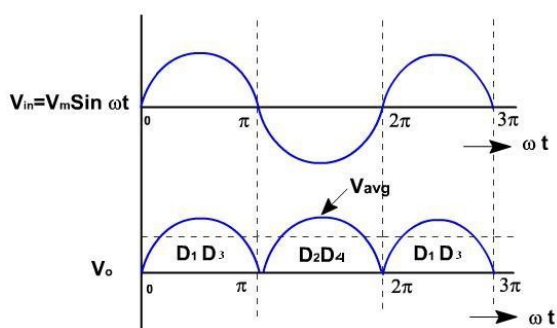
Gambar 2. Dioda Bridge.

Ket : D1, D2, D3, D4 = Dioda
R = Tahanan



Gambar 3. Rectifier bridge

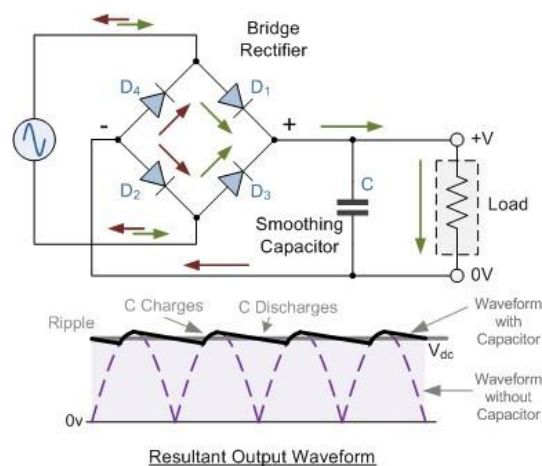
Saat output transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi Puncak positif tersebut Akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4. Kedua hal terjadi berulang secara terus menerus hingga didapatkan tegangan beban yang berbentuk gelombang penuh yang sudah disearahkan (tegangan DC).



Gambar 4. Sinyal Output Tegangan

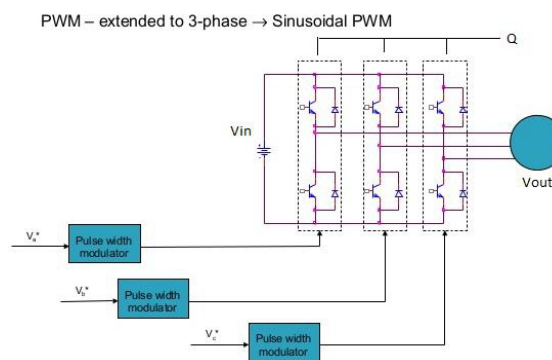
2. Filter Gelombang DC (capasitor bank).

Seperti terlihat pada gambar 2.7 dibawah ini kapasitor mengisi (charges) dengan cepat pada awal siklus sinyal dan membuang (discharges) dengan lambat setelah melewati puncak positif (ketika dioda dibias mundur). Variasi pada tegangan keluaran untuk dua kondisi, mengisi dan membuang, disebut dengan tegangan ripple (ripple voltage). Semakin kecil ripple, semakin baik penfilteran seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 5. Tegangan Ripple Pada Penyearah Dengan Filter

3. Rangkaian Inverter dari DC ke AC (IGBT)



Gambar 6. PWM - Voltage Source Inverter

Dimana :

Q = *Insulated Gate Bipolar Transistor* (IGBT)

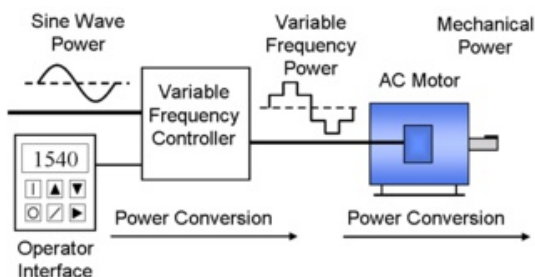
V_{in} = Tegangan input

V_{out} = Tegangan output

Untuk bagian inverter, rangkaian PWM di atas menggunakan divais elektronika daya "*Insulated Gate Bipolar Transistor*" (IGBT). IGBT memiliki kemampuan penyaklaran yang sangat tinggi hingga ribuan kali per detik dimana dapat aktif kurang dari 400 nano detik dan mati dalam waktu 500 nano detik. IGBT dibangun oleh sebuah gate, kolektor, dan emiter. Saat gate diberikan tegangan positif (biasanya +15VDC), arus akan mengalir melalui kolektor dan emiter. IGBT akan mati saat tegangan positif dihilangkan dari gate. Selama kondisi mati, tegangan gate IGBT akan ditahan pada nilai tegangan negatif yang kecil sekitar -15V VDC untuk mencegah agar tidak hidup dengan sendirinya.

2.3 Deskripsi Sistem *Variable Frequency Drive* (VFD)

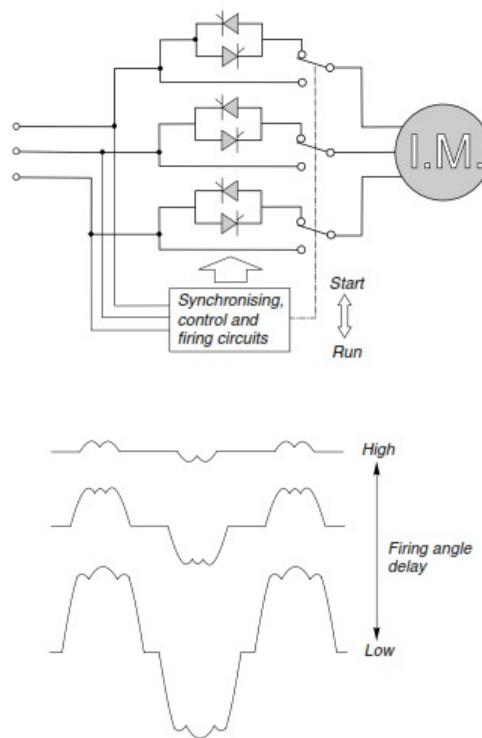
Sebuah sistem penggerak frekuensi variabel umumnya terdiri dari sebuah motor AC, *controller* dan antarmuka operator seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. *Variable Frequency Drive* (VFD) sistem.

Penggunaan Inverter Drive dapat mengurangi konsumsi energi yang dibutuhkan oleh peralatan secara signifikan. Hal ini disebabkan AC Drive menggunakan prinsip switching untuk melakukan aksi kontrol dari sisi input sehingga motor listrik akan menyesuaikan

dengan bebannya. Jika beban kecil, maka motor akan menyerap daya yang rendah sebaliknya jika beban besar motor akan menyerap daya yang besar pula. Hal ini berbeda pada pengendalian secara konvensional dimana motor akan menyerap daya input yang sama untuk beban yang berbeda.



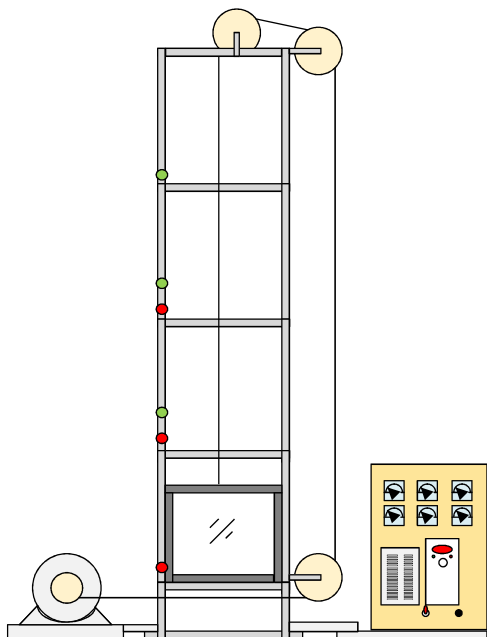
Gambar 8. Rangkaian AC Regulator

3. METODE PENELITIAN

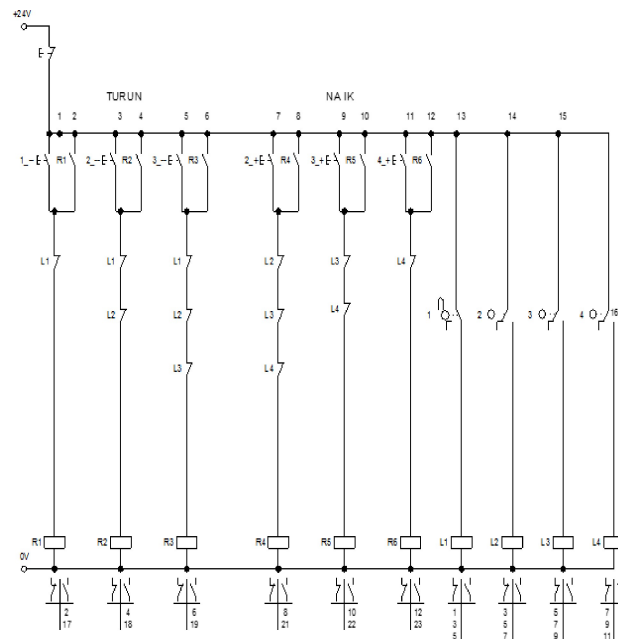
3.1 Skema Sistem Pengatur Frekuensi pada VFD

Pada pembuatan sistem analisa VFD untuk mengatur frekuensi pada aplikasi lift ini terdiri dari tiga bagian alat yaitu:

1. Modul Inverter dan Box Panel
2. *Plant* / mekanisme simulasi lift
3. Motor Listrik



Gambar 9. Diagram Susunan Motor Listrik, Plant, Dan Modul Inverter



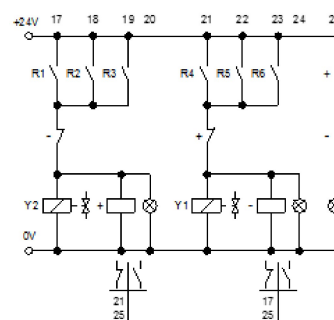
Gambar 10. Rangkaian Kontrol Simulasi Lift

3.2 Rangkaian Kontrol Simulasi Lift

Rangkaian kontrol ini dibuat dengan menggunakan beberapa komponen elektronika seperti trafo, dioda, relay, dan kontaktor. Sistem kerja yang dibuat adalah saat tombol push button yang berada pada plant ditekan maka motor berputar dan motor akan berhenti saat elevator terkena sensor (elevator menyentuh limit switch). Pada saat itu juga brake sistem pada motor AC 3 Phase bekerja agar elevator berhenti tepat pada tujuannya.

Dengan demikian fungsi dari komponen pada panel hanyalah seperti saklar yang memutus nyambungkan tegangan yang dibutuhkan pada motor dan brake sistem.

Instalasi Rangkaian Kontrol dan Rangkaian Tenaga pada panel dapat dilihat pada gambar 10 dan 11 :

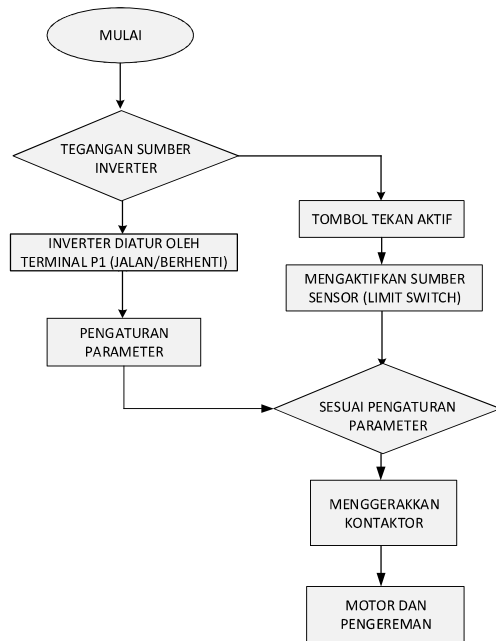


Gambar 11. Rangkaian Tenaga Simulasi Lift

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Inverter Drive pada Aplikasi Lift

Untuk pengujian dilakukan dengan menghidupkan sistem dan inverter drive sebagai pengendali dalam mengatur nilai frekuensi dari aplikasi lift. Dapat dilihat prosedur pengoperasian sistem seperti ditunjukkan pada gambar diagram alir, (gambar 12).



Gambar 12. Diagram Alir Pengoperasian Sistem.

4.2 Pengujian Inverter Drive Terhadap Kecepatan Motor dan Elevator

Pada pengujian pengaturan kecepatan motor dilakukan dengan menghidupkan inverter drive untuk menjalankan motor, hasil pengujian berupa pengukuran daya, tegangan, kecepatan, beban, dan slip frekuensi yang didapatkan pada saat motor beroperasi. Pengujian dimulai dari frekuensi terendah 2,5Hz dengan beban yang hanya elevator (tanpa beban tambahan), hingga mencapai frekuensi sebesar 4,4Hz.

Sebelum pengujian dipersiapkan terlebih dahulu alat-alat ukur yang diperlukan, serta lembar data untuk mencatat hasil dari pengukuran.

4.3 Pengambilan Data dan Perhitungan

Percobaan dilakukan dengan menggerakkan elevator naik dan turun, dengan beban dan frekuensi yang berbeda. Setelah dilakukannya percobaan, maka didapatkannya data-data yang dibutuhkan untuk menganalisa sebuah inverter drive.

- Pengukuran Pengaruh Frekuensi Dan Beban Terhadap Tegangan, Arus, Dan Daya.

A. Data Hasil Pengujian :
 1. Percobaan pertama, keadaan elevator bergerak naik tanpa beban (hanya beban penampang : 700 gr)

Tabel 4.1 Hasil pengukuran percobaan 1

LANTAI	TEGANGAN (V)			FREKUENSI (Hz)	rpm	ARUS (AMPERE)	DAYA NYATA (WATT)		DAYA SEMU (VA)	COS φ	
	INPUT	OUTPUT					INPUT (1 FASA)	OUTPUT (3 FASA)			
	R-S	S-T	R-T								
1											
2	189	22	22	22,3	2,5	34,5	0,2	35	30	38	0,925
3	189	22	22	22,3		34,8	0,2	35	30	38	0,925
4	189	22	22	22		34,7	0,2	35	30	38	0,925
1 ke 4	189	22	22	22		34,6	0,2	35	30	38	0,925

\Rightarrow Daya Semu : \Rightarrow Cos φ :
 $= \text{Teg. Input} \times \text{Arus}$ $= \frac{\text{Daya nyata}}{\text{Daya semu}}$
 $= 189 \times 0,2$ $= \frac{35}{37,8}$
 $= 37,8 \text{ VA}$ $= 0,925$

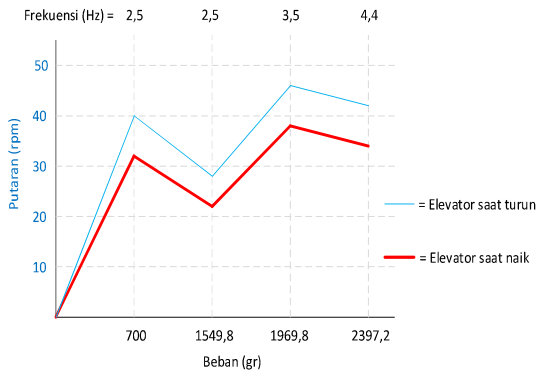
\Rightarrow Daya Nyata : \Rightarrow Daya Semu Output :
 $= \text{Daya Semu} \times \text{Cos } \phi$ $S = \sqrt{3} \times V \times I$
 $= 37,8 \times 0,925$ $= 1,732 \times 22 \times 0,2$
 $= 34,965 \text{ watt}$ $= 7,6208 \text{ VA}$

\Rightarrow Arus Listrik (beban/phase) : \Rightarrow Kopel Beban Penuh :
 $I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$ $= \frac{\text{Keluaran Nominal}}{\text{rpm}} \times 974$
 $= \frac{7,6208}{1,732 \times 22}$ $= \frac{0,37}{34,6} \times 974$
 $= 0,2 \text{ A}$ $= 10,41 \text{ kg.m}$

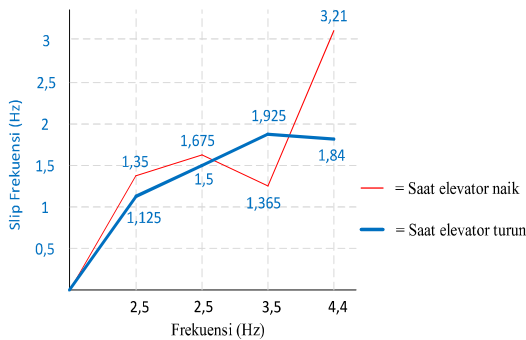
\Rightarrow Kecepatan putar stator : \Rightarrow Slip pada motor :
 $ns = \frac{120 \times F}{\text{jumlah kutub}}$ $s = \frac{ns - nr}{ns} \times 100\%$
 $= \frac{120 \times 2,5}{4}$ $= \frac{75 - 34,5}{75} \times 100\%$
 $= 75 \text{ rpm}$ $= 54\%$

\Rightarrow Kecepatan putar rotor : \Rightarrow Slip Frekuensi :
 $nr = ns \left(1 - \frac{s}{100} \right)$ $Fs = Fr - \left(\frac{\text{rpm} \times 4}{120} \right)$
 $= 75 \left(1 - \frac{54}{100} \right)$ $= 2,5 - \left(\frac{34,5 \times 4}{120} \right)$
 $= 34,5 \text{ rpm}$ $= 1,35 \text{ Hz}$

\Rightarrow Daya Output per/phase : \Rightarrow Efisiensi :
 $= \frac{\text{Daya Output 3 phase}}{3}$ $\text{Eff} = \frac{\text{Daya Output /phase}}{\text{Daya Input /phase}} \times 100\%$
 $= \frac{30}{3}$ $= \frac{0,01}{0,035} \times 100\%$
 $= 10 \text{ watt}$ $= 28\%$



Gambar 13. Grafik Gabungan Perbandingan Putaran Motor Terhadap Frekuensi Dan Beban Saat Elevator Naik Dan Turun



Gambar 14. Grafik Perbandingan Slip Frekuensi Saat Elevator Naik Dan Turun

Percobaan	Jarak (Cm)	Frekuensi (Hz)	Beban (gr)	Tegangan (V)	Waktu Tempuh (Detik)
1	200	2,5	700	22	6,22
2	200	2,5	15,49,8	23,2	8,35
3	200	3,5	19,69,81	24,5	5,52
4	200	4,4	2397,27	26,6	6,17

- Percobaan 1 : $\frac{200}{6,22} = 32,1$ cm/dtk
- Percobaan 2 : $\frac{200}{8,35} = 23,9$ cm/dtk
- Percobaan 3 : $\frac{200}{5,52} = 36,2$ cm/dtk
- Percobaan 4 : $\frac{200}{6,17} = 32,4$ cm/dtk

Percobaan	Jarak (Cm)	Frekuensi (Hz)	Beban (gr)	Tegangan (V)	Waktu percepatan (Detik)
1	200	2,5	700	20,1	5,52
2	200	2,5	15,49,8	23	7,45
3	200	3,5	19,69,81	23,7	4,42
4	200	4,4	2397,27	25,2	5,07

- Percobaan 1 : $\frac{200}{5,52} = 36,23$ cm/dtk
- Percobaan 2 : $\frac{200}{7,45} = 26,84$ cm/dtk
- Percobaan 3 : $\frac{200}{4,42} = 45,24$ cm/dtk
- Percobaan 4 : $\frac{200}{5,07} = 39,44$ cm/dtk

5. KESIMPULAN

Dari pengujian dan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Inverter Drive LG-SV015iC5-1F yang dipergunakan mampu mengendalikan kecepatan putaran motor, untuk menggerakkan aplikasi lift.
2. Pada frekuensi terendah sebesar 2,5 Hz dan beban 700 gr menimbulkan kecepatan 34,6 rpm sedangkan pada frekuensi tertinggi 4,4 Hz dengan beban 2397,2 gr menimbulkan kecepatan 35,6 rpm.
3. Saat frekuensi tetap dengan nilai 2,5 Hz dengan beban yang ditambah menjadi 1549,8 gr, kecepatan motor berkurang menjadi 24,2 rpm.
4. Arus terkecil sebesar 0,2 A didapatkan pada saat percobaan ke 1, dimana nilai frekuensi 2,5 Hz dengan beban 700 gr, sedangkan arus terbesar diperoleh saat percobaan ke 7, arus sebesar 0,25 A dengan frekuensi 4,4 Hz dan beban 2397,2 gr.
5. Pada pengujian ini, slip kecepatan secara teoritis pada motor dengan kecepatan yang terukur pada rotor, yang terkecil terjadi pada percobaan ke 7, yaitu slip 35% dimana nilai frekuensi sebesar 4,4 Hz dengan beban 2397,2 gr, sedangkan slip kecepatan terbesar terjadi pada percobaan ke 3, yaitu senilai 67% dimana nilai frekuensi 2,5 Hz dengan beban 1549,8 gr.
6. Pada pengujian ini slip frekuensi terkecil terjadi pada percobaan 2, sebesar 1,125 Hz dengan nilai frekuensi 2,5 Hz dengan beban 700

gr, sedangkan slip frekuensi terbesar terjadi saat percobaan ke 7, sebesar 3,21 Hz dengan nilai frekuensi 4,4 Hz dengan beban 2397,2 gr.

DAFTAR PUSTAKA

1. Campbell, Sylvester J. (1987). *Solid-State AC Motor Controls*. New York: Marcel Dekker, Inc.. pp. 79–189.
2. Fitzgerald, A. E.; Kingsley, Charles Jr. and Umans, Stephen D. (1983). *Electric Machinery* (4th ed.). New York: Mc-Graw-Hill, Inc.. pp. 121–122, 127–128.
3. Ir. Ujang Wiharja. MT. 2003. Diktat Mata kuliah Mesin–mesin Listrik 2. “Mesin Tak Serempak (Induksi)”. Jakarta: Universitas Krisnadwipayana.
4. Jaeschke, Ralph L. (1978). *Controlling Power Transmission Systems*. Cleveland, OH: Penton/IPC. pp. 210–215.
5. Kusnadi. ST. 2003. “Diktat Elektronika Daya Semester V program Khusus PLN”. Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
6. Manual Book Inverter Starvert iC5, series LG Wasito S. 1981.”Elektronika Dalam Industri”. Jakarta: Karya Utama.
7. Siskind, Charles S. (1963). *Electrical Control Systems in Industry*. New York: McGraw-Hill, Inc.. p. 224.
8. Sunarno. 2005. “Mekanikal Elektrikal “. Yogyakarta : Andi Offset
9. Yunan, S.M. 2006. “ *Dasar Sistem Kontrol Mekanis* ”. Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
10. Yunan, S.M. 2007. “ *Power and Control Installation* ”. Depok: Politeknik Negeri Jakarta.