

# PENGARUH JATUH TEGANGAN TERHADAP KERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB

**Partaonan Harahap<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)  
Jl. Mukhtar Basri No. 3 Medan-Sumatera Utara  
e\_mail : [harahapp37@gmail.com](mailto:harahapp37@gmail.com)

## ABSTRAK

*Pengaruh jatuh tegangan jala-jala dengan beban bervariasi terhadap daya input, arus input, kecepatan putar rotor, slip, daya output, rugi-rugi dan efisiensi motor induksi tiga fasa. Diperoleh dari simulasi jatuh tegangan sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8% pada beban 4 N-m yang mengalami kenaikan adalah arus input dari 6,23-6,77 ampere, juga slip dari 3,27—3,33 %, dan yang mengalami penurunan adalah kecepatan putar rotor dari 1450,92-1450,01 rpm, daya output dari 4912,55-4263,93 watt dan efisiensi dari 88,99-87,53 %. Pada beban 5 N-m yang mengalami kenaikan adalah arus input dari 6,35-6,94 ampere, slip dari 3,36-3,43 %, dan yang mengalami penurunan adalah kecepatan putar rotor dari 1449,67-1448,52 rpm, daya output dari 4933,07-4329,55 watt dan efisiensi dari 89,04-87,71 %. Pada beban 6 N-m yang mengalami kenaikan adalah arus input dari 6,48-7,03 amper, slip dari 3,44-3,53 %, dan yang mengalami penurunan adalah kecepatan putar rotor dari 1448,46-1447,03 rpm, daya output dari 4964,58-4365,17 watt dan efisiensi dari 89,11-87,81 %..*

**Kata Kunci:** Jatuh tegangan jala-jala, Motor induksi tiga fasa rotor sangkar

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Penggunaan motor AC yang paling luas penggunaannya adalah motor induksi tiga fasa, hampir 90% aplikasi motor pada industri menggunakan jenis motor induksi tiga fasa. Alasan utama, karena motor jenis ini memiliki struktur yang kokoh, keandalan tinggi, harga relatif murah, dan perawatan mudah. Motor induksi merupakan peralatan listrik yang sangat dibutuhkan terutama oleh kalangan industri atau komersial, sehingga harus selalu dirawat dan diperbaiki apabila terjadi kerusakan,

dengan demikian diharapkan semua peralatan listrik dapat dioperasikan secara optimal. Jika terjadi penurunan tegangan menyebabkan meningkatnya rugi motor induksi dan menyebabkan menurunnya efisiensi motor induksi dan sebaliknya jika terjadi kenaikan tegangan maka terjadi peningkatan efisiensi motor induksi (Antonov, Yeni Oktariani, 2004). Jatuh tegangan dengan pasokan tegangan yang lebih rendah dari pada nilai nominal motor induksi maka arus yang mengalir akan lebih besar dari nilai nominalnya untuk menanggung beban penuh, apabila penurunan tegangan yang terjadi melebihi

batas toleransi yang diizinkan, maka secara teknis akan mengakibatkan terganggunya kinerja peralatan listrik konsumen seperti berbagai jenis lampu, alat-alat pemanas dan motor-motor listrik (Prasetyo, Eko. 2009).

### 1.1 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan ini yaitu :

1. Bagaimana hubungan antara arus, tegangan dan beban motor induksi
2. Bagaimana pengaruh jatuh tegangan dan beban terhadap putaran motor induksi
3. Seberapa besar efisiensi motor induksi dengan adanya jatuh tegangan

### 1.2 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Mengetahui hubungan antara arus, tegangan dan beban motor induksi
2. Menganalisa pengaruh jatuh tegangan dan beban terhadap putaran motor induksi
3. Mengetahui besar efisiensi motor akibat terjadinya jatuh tegangan

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan permasalahan yang akan dibahas, maka penulis memfokuskan pembahasan dengan membuat batasan-batasan sebagai berikut :

1. Motor yang digunakan adalah motor induksi tiga fasa rotor sangkar
2. Tidak membahas masalah proteksi motor induksi tiga fasa akibat jatuh tegangan jala-jala
3. Tidak membahas masalah terjadinya jatuh tegangan jala-jala
4. Menggunakan software matlab (*Simulink*) (Sendro, Parisro. 2011)

## 2. LANDASAN TEORI

Secara umum, motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Di dalam motor DC, energi listrik diambil langsung dari kumparan armature melalui sikat dan komutator, oleh karena itu motor DC disebut motor konduksi. Lain halnya pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik langsung, tetapi secara induksi seperti terjadi pada energi kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor induksi dapat diidentikkan dengan transformator yang kumparan primer sebagai kumparan stator atau armature, sedangkan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor (M. Arfan Saputra, Syamsul Amien. 2014).

Menurut Sujoto (1984), motor induksi sering disebut motor tidak serempak. Disebut demikian karena jumlah putaran rotor tidak sama dengan jumlah putaran medan magnet stator.

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu :

1. Motor induksi satu fasa. Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor sangkar tupai dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
2. Motor induksi tiga fasa. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, jenis rotor sangkar tupai atau rotor lilitan dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

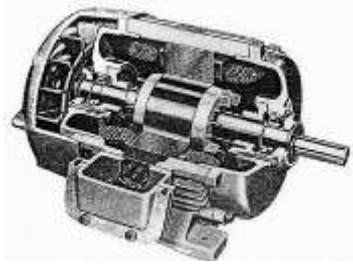
Keunggulan motor induksi tiga fasa antara lain memiliki konstruksi yang sangat sederhana dan kuat khususnya motor induksi rotor sangkar, harganya yang murah, mempunyai efisiensi yang tinggi, dan tidak menggunakan sikat sehingga faktor gesekan dapat dihindari serta perawatannya yang lebih mudah.

Selain itu motor induksi juga memiliki beberapa kelemahan bila dibandingkan dengan mesin lainnya yaitu pengaturan kecepatannya tidak dapat dilaksanakan tanpa mengurangi effisiensinya, putaran motor akan turun seiring dengan meningkatnya beban yang dipikul, dan memiliki arus start yang besar.

Ada dua tipe rotor pada motor induksi tiga fasa yaitu :

1. Motor sangkar tupai (*squirrel-cage motor*).
2. Motor rotor lilitan (*wound-rotor motor*).

Pada proyek ini penulis menggunakan motor induksi tiga fasa dan tipe rotor sangkar tupai seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. karena motor ini paling banyak digunakan pada industri, sederhana, kuat dan murah.



**Gambar 2.1** Motor Induski Rotor Sangkar Tupai

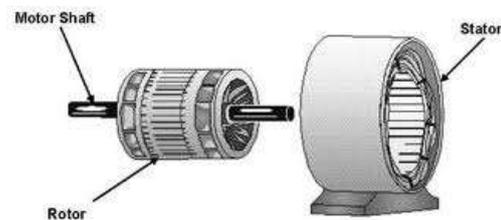
Karakteristik motor sangkar tupai adalah sebagai berikut :

1. Rotor terdiri dari penghantar tembaga yang dipasangkan pada inti yang solid dengan ujung-ujung yang dihubung singkat.
2. Kecepatan konstan.
3. Arus start yang besar diperlukan oleh motor menyebabkan tegangan berfluktasi.
4. Arah putaran dapat dibalik dengan menukarkan dua dari tiga fasa daya utama pada motor.
5. Faktor daya cenderung buruk untuk beban yang dikurangi.
6. Apabila tegangan diberikan pada lilitan stator dihasilkan medan magnet putar yang menginduksikan tegangan pada rotor. Tegangan tersebut pada gilirannya menimbulkan medan magnet. Medan rotor dan medan stator cenderung saling tarik menarik satu sama lain. Situasi tersebut membangkitkan torka

yang memutar rotor dengan arah yang sama dengan putaran medan magnet yang dihasilkan oleh stator.

### 1.1 Konstruksi

Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator yang diam. Diantara stator dengan rotor ada celah udara (gap) yang jaraknya sangat kecil. Konstruksi motor induksi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 .** Konstruksi Motor Induksi

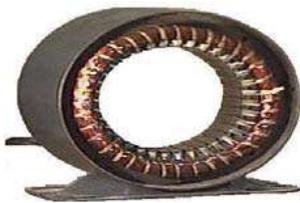
Komponen stator adalah bagian terluar dari motor yang merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fasa. Stator terdiri dari susunan laminasi inti yang memiliki alur (slot) yang menjadi tempat dudukan kumparan yang dililitkan dan berbentuk silindris. Motor induksi memiliki dua komponen yang utama, kedua komponen tersebut adalah :

1. Stator (bagian yang diam)
2. Rotor (bagian yang bergerak)

Stator dihubungkan ke catu tegangan AC. Rotor tidak dihubungkan secara listrik ke pencatu tetapi mempunyai arus yang diinduksikan kedalamnya oleh kerja transformator. Oleh sebab itu, stator kadang-kadang dianggap sebagai primer dan rotor sebagai sekunder motor.

### 1.1.1 Stator

Inti stator terbuat dari lapis-lapis pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang di pabrikan. Lilitan-lilitan sama halnya dengan lilitan stator dari generator sinkron, diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat. Lilitan fasa ini bisa tersambung delta ataupun bintang. Gambar 2.3 menunjukkan konstruksi dari stator.

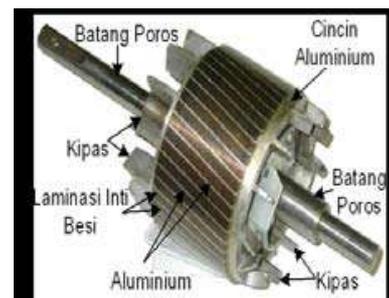


**Gambar 2.3.** Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa

### 1.1.2 Rotor

Rotor dari motor sangkar tupai adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor dipasang paralel dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti karena arus rotor secara

alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubungkan singkat dengan cincin ujung. Konduktor rotor dan cincin ujung serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan demikian. Gambar 2.4 menunjukkan konstruksinya rotor motor induksi sangkar tupai.



**Gambar 2.4.** Konstruksi Rotor Motor Induksi Rotor Sangkar

Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar tupai yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempengan pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan ke dalam alur rotor dan kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Batang rotor motor sangkar tupai tidak selalu ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi kerap kali di miringkan. Hal ini menghasilkan torka yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengung magnet sewaktu motor sedang berkerja.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi, dimana simulasi ini menggunakan program Simulink yang ada di matlab (Sendro, Parisro. 2011). Adapun data-data penunjang simulasi yaitu parameter motor induksi tiga fasa diperoleh dengan cara pengamatan langsung (melalui suatu percobaan) di Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Program Studi Teknik Elektro UMSU.

#### 3.2 Blok Diagram dan Single Line Diagram

Blok diagram merupakan pemahaman secara keseluruhan atau secara garisbesar, untuk melihat susunan dari blok diagram dari rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.1

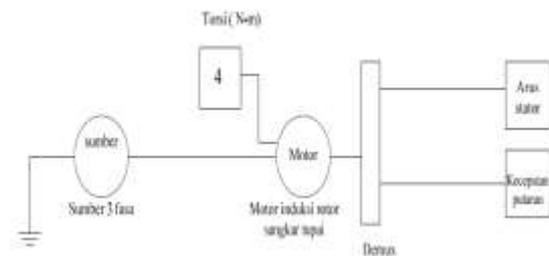


**Gambar 3.1** Blok Diagram Analisa Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Sumber AC merupakan penyuplai tegangan ke motor yang merupakan bagian utama dan mempunyai nilai parameter-parameter dan spesifikasi dari motor itu sendiri. Motor tersebut akan mempunyai keluaran, pada tugas akhir

Pengaruh Jatuh Tegangan.....

inipenulis hanya membahas keluaran kecepatan dan arus input dari motor. *Singel Line* Diagram merupakan diagram satu garis dari keseluruhan rangkaian yang dapat dilihat pada gambar 3.2



**Gambar 3.2** *Singel Line* Diagram Analisa Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

#### 3.3 Data Motor Induksi dan Sumber Tiga Fasa

##### A. Data Motor Induksi

Data dari motor induksi dapat kita lihat dari nameplate yang tertera di body motor tersebut. Spesifikasi dari motor induksi *squirrel-cage* terdapat dibawah ini :

Motor induksi tiga fasa, dengan spesifikasi :

Daya	: 7,5 HP (5,5 Kw)
Fasa	: 3
Hubungan	: Y/ $\Delta$ 660/380
Frekuensi	: 50 Hz
Faktor kerja	: 0,84
Arus	: 11,6/6,4 A
Rotor	: <i>squirrel-cage</i>

Nr : 1450 rpm  
 P : 4

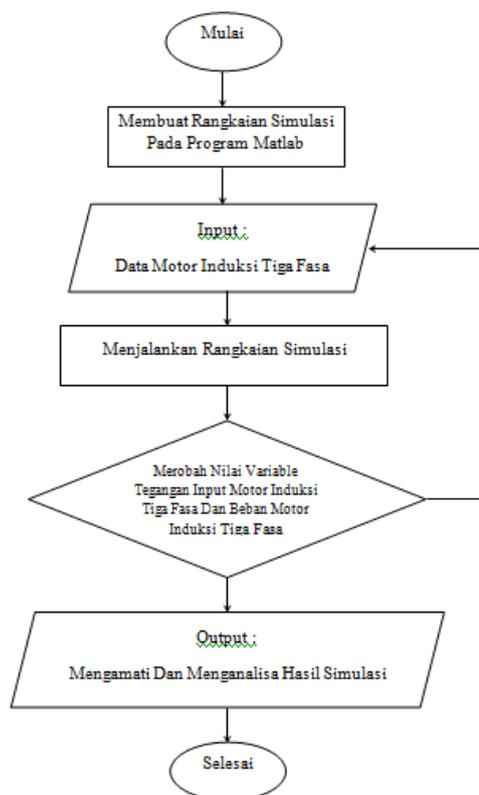
jatuh tegangan terhadap kerja motor induksi ialah sebagai berikut :



**Gambar 3.3** Nameplate motor induksi 3 fasa

### 3.4 Bagan Alir Simulasi

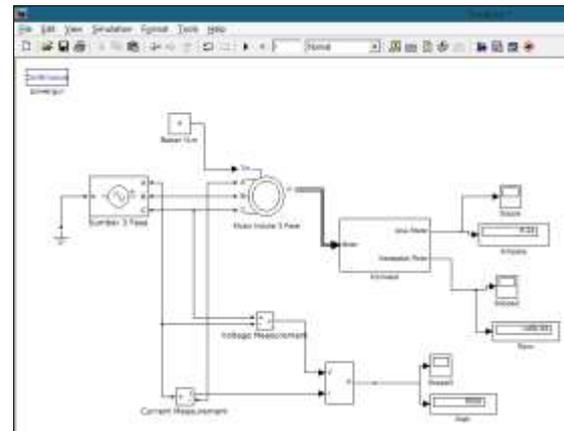
Langkah-langkah simulasi dapat kita lihat dari bagan alir dibawah ini:



**Gambar 3.4** Rangkaian alur penelitian

### 3.5 Rangkaian Simulasi Pada Simulink Matlab

Rangkaian simulasi pada Simulink untuk menganalisa pengaruh



**Gambar 3.5** Rangkaian Simulasi Pada Simulink

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran menggunakan teknik modulasi M-PSK dengan nilai M Aray 4, 8, dan 16. Pengukuran dilakukan dengan mengubah jarak antara node pengirim dan penerima untuk mendapatkan nilai Bit Error Rate (BER). Jarak antar node pengirim dan penerima diubah mulai dari 1 meter sampai 6 meter. Jumlah bit yang dikirim adalah 30000 bit. Nilai Tx\_BB1= 1, Tx\_Rf = 30, Rx\_BB = 10, dan Rx\_Rf = 1. Jika nilai Tx\_BB = 1 dan Tx\_Rf = 30 maka daya yang dipancarkan adalah -25,1558 dBm, didapat dari datasheet WARP. Hasil pengukuran BER dengan mengubah jarak antar node pengirim dan penerima di lingkungan indoor ditunjukkan Tabel 2 dan Gambar 14.

Berdasarkan Tabel 2, pada jarak antar node pengirim dan penerima 1 meter hasil BER untuk teknik modulasi 4-PSK, 8-PSK, dan 16-PSK adalah 0. Hal ini terjadi karena jarak antar node dekat dan tidak ada hambatan dalam propagasi sinyal sehingga noise yang ada kecil dan tidak mempengaruhi pengiriman informasi. Kemudian, jarak diubah menjadi 2 meter. Pada jarak 2 meter, nilai BER dari ketiga M-array pada modulasi PSK tetap bernilai 0. Hal ini dikarenakan seperti pada jarak 1 meter. Jarak kemudian diubah menjadi 3 meter. Pada jarak 3 meter nilai BER pada teknik modulasi 16-PSK sudah berubah menjadi  $2.2 \times 10^{-3}$ . Hal ini karena 16-PSK memiliki euclidean distance pada diagram konstelasi yang kecil dibandingkan 8-PSK dan 4-PSK, sehingga mudah dipengaruhi noise. Pada teknik modulasi 16-PSK dengan jarak 3 meter, informasi yang dikirim sudah dipengaruhi noise yang ditimbulkan oleh lingkungan. Jarak kemudian diubah menjadi 4 meter.

1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	$2.2 \times 10^{-3}$
4	0	0	$1.77 \times 10^{-2}$
5	0	$9.5 \times 10^{-3}$	$8.39 \times 10^{-2}$
6	$4.61 \times 10^{-3}$	$4.41 \times 10^{-2}$	$1.10 \times 10^{-1}$

Pada jarak 4 meter, nilai BER 16-PSK semakin tinggi dibandingkan pada jarak 3 meter yaitu  $1.77 \times 10^{-2}$ . Hal ini dikarenakan jarak node yang semakin jauh akan meningkatkan noise yang ada sehingga nilai BER pun akan semakin besar. Pada teknik modulasi 4-PSK dan 8-PSK noise yang ada masih tidak mempengaruhi pengiriman informasi. Pada jarak 5 meter, nilai BER 8-PSK adalah  $9.5 \times 10^{-3}$  dan nilai BER 16-PSK adalah  $8.39 \times 10^{-2}$ . Nilai BER untuk 4-PSK masih tetap bernilai 0. Hal ini karena 8-PSK memiliki euclidean distance yang kecil dibandingkan 4-PSK tetapi lebih besar daripada 16-PSK, sehingga 8-PSK mudah di pengaruhi noise dibanding 4-PSK tetapi jika dibandingkan dengan 16-PSK, 8-PSK lebih tahan terhadap noise. Pada jarak 6 meter, nilai BER pada 4-PSK adalah  $4.61 \times 10^{-3}$ , 8-PSK adalah  $4.41 \times 10^{-2}$ , dan 16-PSK adalah  $1.10 \times 10^{-1}$ . Hal ini dikarenakan euclidean distance pada

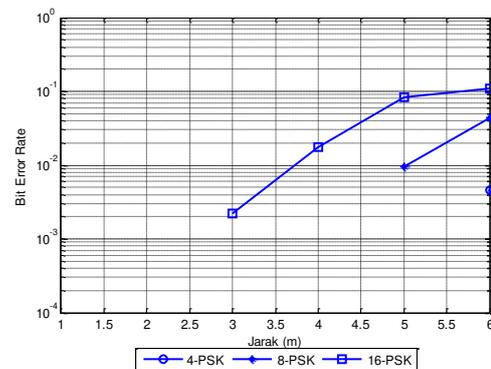
**Tabel 2.** BER terhadap Jarak pada Lingkungan *Indoor* Teknik Modulasi M-PSK

Jarak (m)	Bit Error Rate (BER)		
	4-PSK	8-PSK	16-PSK

constelasi yang mempengaruhi ketahanan setiap level teknik modulasi terhadap noise dan jumlah noise yang semakin banyak karena jarak antar node yang lebih jauh juga.

Data pada Tabel 2 disajikan dalam bentuk grafik BER fungsi jarak pada lingkungan indoor untuk teknik modulasi M-PSK seperti pada Gambar 14. Pada grafik BER fungsi jarak pada lingkungan indoor teknik modulasi M-PSK terlihat grafik 16-PSK pada jarak 5 meter ke 6 meter kenaikan nilai BER tidak terlalu signifikan yaitu dari  $8.39 \times 10^{-2}$  ke  $1.1045 \times 10^{-1}$ . Implementasi sistem komunikasi SISO dengan teknik modulasi 4-PSK lebih baik daripada 8-PSK, dan 16-PSK. Misalnya pada saat jarak antar node pengirim dan penerima sebesar 5 meter, pada sistem komunikasi SISO dengan teknik modulasi 4-PSK nilai BER sebesar 0 sedangkan 8-PSK nilai BER sebesar  $9.5 \times 10^{-3}$ , dan 16-PSK nilai BER sebesar  $8.39 \times 10^{-2}$ . Pada jarak 6 meter, BER teknik modulasi 4-PSK sebesar  $4.614 \times 10^{-3}$ , sedangkan BER untuk 8-PSK sebesar  $4.41 \times 10^{-2}$  dan 16-PSK sebesar  $1.10 \times 10^{-1}$ . Grafik BER fungsi jarak pada lingkungan indoor teknik modulasi M-PSK menunjukkan bahwa nilai BER semakin besar dengan bertambahnya jarak antara node pengirim dan penerima untuk daya

pancar yang tetap. Hal ini dipengaruhi oleh jarak antar pengirim dan penerima yang semakin jauh, maka noise yang ada juga akan semakin besar, serta daya yang diterima di penerima semakin kecil, sehingga nilai BER akan semakin besar. Nilai BER berbanding lurus dengan jarak antar node.



**Gambar 14.** Grafik BER Fungsi Jarak pada Lingkungan *Indoor* Teknik Modulasi M-PSK

Hasil pengukuran BER dengan mengubah jarak antar node pengirim dan penerima di lingkungan outdoor ditunjukkan Tabel 3 dan Gambar 15. Berdasarkan Tabel 3, pada jarak antar node pengirim dan penerima 1 meter hasil BER untuk teknik modulasi 4-PSK, 8-PSK, dan 16-PSK adalah 0. Hal ini terjadi karena jarak antar node dekat dan tidak ada hambatan dalam propagasi sinyal sehingga noise yang ada kecil dan tidak mempengaruhi pengiriman informasi. Kemudian, jarak diubah menjadi 2 meter. Pada jarak 2 meter, nilai BER dari ketiga M-ary pada

modulasi PSK tetap bernilai 0. Hal ini dikarenakan seperti pada jarak 1 meter. Jarak kemudian di ubah menjadi 3 meter. Pada jarak 3 meter nilai BER pada teknik modulasi 16-PSK sudah berubah menjadi  $5.59 \times 10^{-4}$ . Hal ini karena 16-PSK memiliki euclidean distance pada diagram konstelasi yang kecil dibandingkan 8-PSK dan 4-PSK, sehingga mudah dipengaruhi noise. Pada teknik modulasi 16-PSK dengan jarak 3 meter, informasi yang dikirim sudah dipengaruhi noise yang ditimbulkan oleh lingkungan. Jarak kemudian diubah menjadi 4 meter.

Pada jarak 4 meter, nilai BER 16-PSK semakin tinggi dibandingkan pada jarak 3 meter yaitu  $7.8 \times 10^{-3}$ . Hal ini dikarenakan jarak node yang semakin jauh akan meningkatkan noise yang ada sehingga nilai BER pun akan semakin besar. Pada teknik modulasi 4-PSK dan 8-PSK noise yang ada masih tidak mempengaruhi pengiriman informasi. Pada jarak 5 meter, nilai BER 8-PSK adalah  $3.08 \times 10^{-3}$  dan nilai BER 16-PSK adalah  $6.61 \times 10^{-2}$ . Nilai BER untuk 4-PSK masih tetap bernilai 0. Hal ini karena 8-PSK memiliki euclidean distance yang kecil dibandingkan 4-PSK tetapi lebih besar daripada 16-PSK, sehingga 8-PSK mudah di pengaruhi noise dibanding 4-PSK tetapi jika Pengaruh Jatuh Tegangan.....

dibandingkan dengan 16-PSK, 8-PSK lebih tahan terhadap noise. Pada jarak 6 meter, nilai BER pada 4-PSK adalah 0, 8-PSK adalah  $3.33 \times 10^{-2}$ , dan 16-PSK adalah  $9.34 \times 10^{-2}$ . Hal ini dikarenakan euclidean distance pada konstelasi yang mempengaruhi ketahanan setiap level teknik modulasi terhadap noise dan jumlah noise yang semakin banyak karena jarak antar node yang lebih jauh juga.

**Tabel 3.** BER terhadap Jarak pada Lingkungan *Outdoor* Teknik Modulasi M-PSK

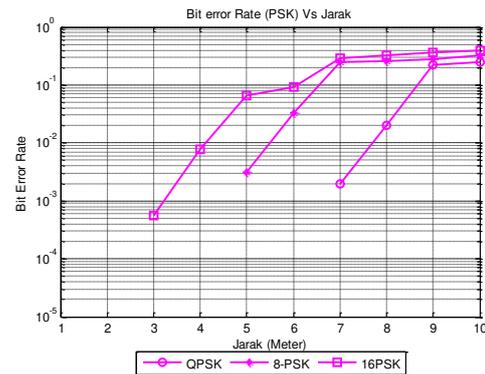
Jarak (m)	Bit Error Rate (BER)		
	4-PSK	8-PSK	16-PSK
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	$5.59 \times 10^{-4}$
4	0	0	$7.8 \times 10^{-3}$
5	0	$3.08 \times 10^{-3}$	$6.61 \times 10^{-2}$
6	0	$3.33 \times 10^{-2}$	$9.34 \times 10^{-2}$
7	$1.93 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-1}$	$2.95 \times 10^{-1}$
8	$2.02 \times 10^{-2}$	$2.61 \times 10^{-1}$	$3.21 \times 10^{-1}$
9	$2.23 \times 10^{-1}$	$2.83 \times 10^{-1}$	$3.71 \times 10^{-1}$
10	$2.47 \times 10^{-1}$	$3.26 \times 10^{-1}$	$3.93 \times 10^{-1}$

Jarak 7 meter, nilai BER pada 4-PSK adalah  $1.93 \times 10^{-3}$ , 8-PSK adalah  $2.5 \times 10^{-1}$ , dan 16-PSK adalah  $2.95 \times 10^{-1}$ . Nilai BER ketiga level modulasi PSK

naik dibandingkan saat jarak 6 meter. Hal ini juga dikarenakan jumlah noise yang semakin banyak akibat penambahan jarak antar node. Kemudian, jarak diubah menjadi 8 meter. Pada jarak 8 meter, nilai BER pada 4-PSK adalah  $2.02 \times 10^{-2}$ , 8-PSK adalah  $2.61 \times 10^{-1}$ , dan 16-PSK adalah  $3.21 \times 10^{-1}$ . Hal ini juga dikarenakan jumlah noise antar node. Pada jarak 9 meter, nilai BER pada 4-PSK adalah  $2.23 \times 10^{-1}$ , 8-PSK adalah  $2.83 \times 10^{-1}$ , dan 16-PSK adalah  $3.71 \times 10^{-1}$ . Pada jarak 10 meter, nilai BER pada 4-PSK adalah  $2.47 \times 10^{-1}$ , 8-PSK adalah  $3.26 \times 10^{-1}$ , dan 16-PSK adalah  $3.93 \times 10^{-1}$ . Nilai BER untuk setiap level modulasi selalu naik karena jumlah noise yang semakin banyak akibat penambahan jarak antar node.

Data pada Tabel 3 disajikan dalam bentuk grafik BER fungsi jarak pada lingkungan outdoor untuk teknik modulasi M-PSK seperti pada Gambar 15. Implementasi sistem komunikasi SISO dengan teknik modulasi 4-PSK lebih baik daripada 8-PSK dan 16-PSK. Misalnya pada saat jarak antar node pengirim dan penerima sebesar 5 meter, pada sistem komunikasi SISO dengan teknik modulasi 4-PSK nilai BER sebesar 0 sedangkan 8-PSK nilai BER

sebesar  $3.08 \times 10^{-3}$ , dan 16-PSK nilai BER sebesar  $6.61 \times 10^{-2}$ .

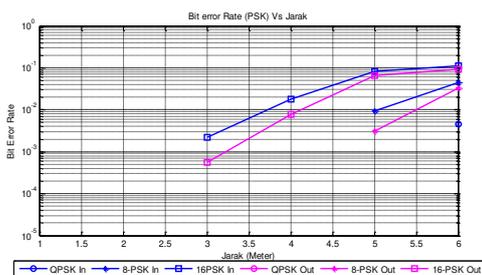


**Gambar 15.** Grafik BER Fungsi Jarak pada Lingkungan Outdoor Teknik Modulasi M-PSK

Pada jarak 6 meter, BER teknik modulasi 4-PSK sebesar 0, sedangkan BER untuk 8-PSK sebesar  $3.33 \times 10^{-2}$ , dan 16-PSK sebesar  $9.3 \times 10^{-2}$ . Pada jarak 7 meter, BER teknik modulasi 4-PSK sebesar 0, sedangkan BER untuk 8-PSK sebesar  $2.5 \times 10^{-1}$ , dan 16-PSK sebesar  $2.95 \times 10^{-1}$ . Grafik BER fungsi jarak pada lingkungan outdoor teknik modulasi M-PSK menunjukkan bahwa nilai BER semakin besar terhadap bertambahnya jarak antara node pengirim dan penerima untuk daya pancar yang tetap. Hal ini dipengaruhi oleh jarak antar pengirim dan penerima yang semakin jauh, maka *noise* yang ada juga akan semakin besar, serta daya yang diterima di penerima semakin kecil, sehingga nilai BER akan semakin besar.

Nilai BER berbanding lurus dengan jarak antar node.

Nilai BER yang ditunjukkan melalui tabel 3 dan 4 maupun Gambar 14 dan 15, dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja sistem komunikasi SISO di lingkungan outdoor lebih baik daripada di lingkungan indoor. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Grafik BER Fungsi Jarak dengan Teknik Modulasi PSK pada Lingkungan *Indoor* dan *Outdoor*

Pada Gambar 16 terlihat bahwa nilai BER di lingkungan outdoor selalu dibawah nilai BER di lingkungan indoor untuk semua tingkatan level (M Aray). Hal ini dikarenakan lingkungan indoor banyak terdapat barang yang berada di sekitar node pengirim dan penerima dengan jarak yang cukup dekat, sehingga akan menimbulkan multipath sinyal yang mempengaruhi pengiriman informasi. Sedangkan, pada lingkungan *outdoor*, disekitar node pengirim dan penerima tidak terdapat barang sehingga, memungkinkan sedikit terdapat

*multipath* pada saat pengiriman, jadi nilai BER saat pengukuran di lingkungan outdoor lebih kecil dibandingkan saat pengukuran di lingkungan indoor.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Data Hasil Simulasi

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jatuh tegangan terhadap slip, daya output, rugi-rugi dan efisiensi motor induksi tiga fasa dan analisa ini dilakukan pada setiap beban.

#### Beban 4 N-m

##### 1) Pada 0 % (sesuai data tabel 3.2)

a) Berdasarkan pers. 2.1 Kecepatan medan putar statorialah

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b) Berdasarkan pers. 2.5 besar Slip adalah:

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1450,92}{1500} \times 100 \% = 3,28 \%$$

c) Berdasarkan pers. 2.11 jika diturunkan maka besar Rugi-rugi adalah :

$$Prugi = T_b \times \overline{\omega}_r$$

$$\overline{\omega}_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\overline{\omega}_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1450,92}{60} = 151,86 \text{ rad/s}$$

$$Prugi = 4 \times 151,86 = 607,45 \text{ watt}$$

d) Berdasarkan Pers. 2.31 besar Daya outputialah :

$$P_{out} = P_{in} - Prugi$$

$$P_{out} = 5520 - 607,45 = 4912,56 \text{ watt}$$

e) Berdasarkan pers. 2.43 besar Efisiensi :

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta (\%) = \frac{4912,55}{5520} \times 100 \% = 88,99 \%$$

### 2) Pada 2 % (sesuai data tabel 3.2)

a) Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b) Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1450,72}{1500} \times 100 \% =$$

$$3,29\%$$

c) Rugi-rugi

$$Prugi = T_b \times \bar{\omega}_r$$

$$\bar{\omega}_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\bar{\omega}_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1450,72}{60} =$$

$$151,84 \text{ rad/s}$$

$$Prugi = 4 \times 151,84 = 607,37 \text{ watt\%}$$

e) Efisiensi

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta (\%) = \frac{4744,63}{5352} \times 100 \% = 88,65 \%$$

### 3) Pada 4 % (sesuai data tabel 3.2)

a) Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b) Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1450,49}{1500} \times 100 \% =$$

$$3,30\%$$

c) Rugi-rugi

$$Prugi = T_b \times \bar{\omega}_r$$

$$\bar{\omega}_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\bar{\omega}_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1450,49}{60} =$$

$$151,82 \text{ rad/s}$$

$$Prugi = 4 \times 151,82 = 607,27 \text{ watt}$$

d) Daya Output

$$P_{out} = P_{in} - Prugi$$

$$P_{out} = 5200 - 607,27 = 4592,72 \text{ watt}$$

e) Efisiensi

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta (\%) = \frac{4592,72}{5200} \times 100 \% = 88,32 \%$$

### 4) Pada 6 % (sesuai data tabel 3.2)

a) Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b) Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1450,27}{1500} \times 100 \% =$$

$$3,32\%$$

c) Rugi-rugi

$$Prugi = T_b \times \bar{\omega}_r$$

$$\bar{\omega}_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\bar{\omega}_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1450,27}{60} =$$

$$151,79 \text{ rad/s}$$

$$\text{Prugi} = 4 \times 151,79 = 607,18 \text{ watt}$$

d) Daya Output

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_{in} - \text{Prugi} \\ P_{out} &= 5038 - 607,18 = \\ &4430,82 \text{ watt} \end{aligned}$$

e) Efisiensi

$$\begin{aligned} \eta (\%) &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ \eta (\%) &= \frac{4430,82}{5038} \times 100 \% = 87,95 \% \end{aligned}$$

**5) Pada 8 % (sesuai data tabel 3.2)**

a) Kecepatan medan putar stator

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120f}{p} \\ N_s &= \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm} \end{aligned}$$

b) Slip

$$\begin{aligned} S (\%) &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \\ S (\%) &= \frac{1500 - 1450,01}{1500} \times 100 \% = \\ &3,33\% \end{aligned}$$

c) Rugi-rugi

$$\begin{aligned} \text{Prugi} &= T_b \times \overline{\omega}_r \\ \overline{\omega}_r &= \frac{2\pi N_r}{60} \\ \overline{\omega}_r &= \frac{2 \times 3,14 \times 1450,01}{60} = \\ &151,77 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\text{Prugi} = 4 \times 151,77 = 607,07 \text{ watt}$$

d) Daya Output

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_{in} - \text{Prugi} \\ P_{out} &= 4871 - 607,07 = \\ &4263,93 \text{ watt} \end{aligned}$$

e) Efisiensi

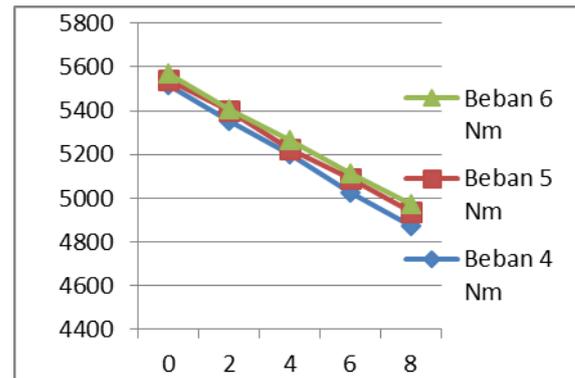
$$\begin{aligned} \eta (\%) &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ \eta (\%) &= \frac{4263,93}{4871} \times 100 \% = 87,53 \% \end{aligned}$$

Untuk lebih mempermudah melihat hasil analisa perhitungan slip, daya output, rugi-rugi dan efisiensi motor ketika terjadi jatuh tegangan maka dibuat tabel hasil di bawah ini :

**5.1 Grafik Hubungan Terhadap Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing MasingBeban**

Dari hasil simulasi dan analisa yang tercatat di tabel, maka kita dapat membuat grafik antara daya input, arus input, kecepatan putar, daya output, slip, rugi-rugi dan efisiensi

**Hubungan antara daya input dengan jatuh tegangan pada masing-masing beban**

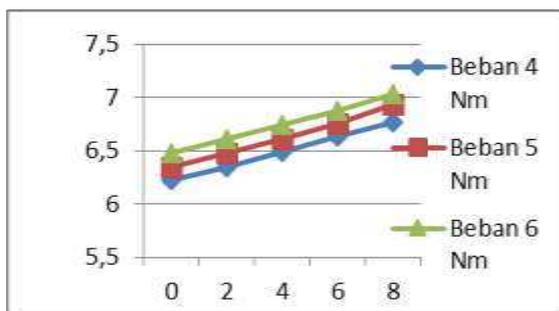


**Gambar 4.1.** Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Daya Input Motor

Berdasarkan gambar 4.1.jatuh tegangan terhadap motor induksi tiga fasa dapat mempengaruhi daya input motor induksi tiga fasa, seperti untuk beban 4 Nm dengan jatuh tegangan sebesar 0 % daya input motor induksi tiga fasa

sebesar 5540 watt dan jatuh tegangan sebesar 8 % daya input motor induksi tiga fasa sebesar 4936 watt dengan artian semakin besar jatuh tegangan maka daya input motor induksi tiga fasa akan semakin berkurang, berarti terdapat hubungan berbanding terbalik antara jatuh tegangan jala-jala dengan daya input motor induksi tiga fasa. Bertambahnya beban juga mempengaruhi daya input seperti terlihat pada grafik, semakin bertambah beban membuat daya input semakin besar, dengan itu besarnya beban berbanding lurus dengan besar daya input.

#### Hubungan antara arus input dengan jatuh tegangan pada masing-masing beban

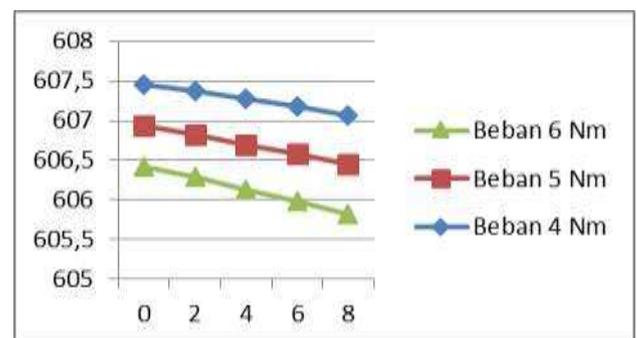


**Gambar 4.2.** Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Arus Input Motor

Berdasarkan gambar 4.2 jatuh tegangan terhadap motor induksi tiga fasa dapat mempengaruhi arus input motor induksi tiga fasa, seperti untuk beban 5 Nm dengan jatuh tegangan jala-jala sebesar 0 % arus input motor induksi

tiga fasa sebesar 6,35 ampere dan jatuh tegangan jala-jala sebesar 8 % arus input motor induksi tiga fasa sebesar 6,94 ampere dengan artian semakin besar jatuh tegangan maka arus input motor induksi tiga fasa akan semakin besar, berarti terdapat hubungan berbanding lurus antara jatuh tegangan jala-jala dengan arus input motor induksi tiga fasa seperti ditunjukkan pada gambar 4.2. Untuk beban yang semakin besar maka arus input motor induksi tiga fasa yang diperlukan semakin besar juga. Berarti terdapat hubungan berbanding lurus antara beban dengan arus input motor induksi tiga fasa.

#### Hubungan antara rugi-rugi daya dengan jatuh tegangan pada masing-masing beban

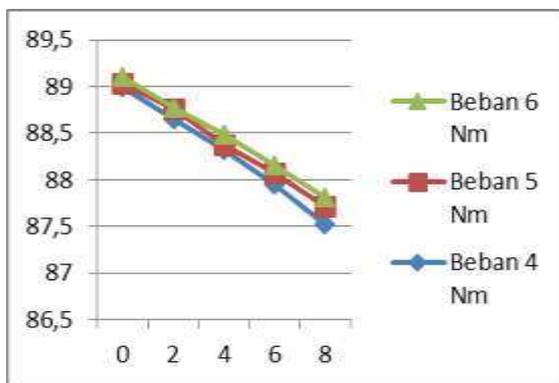


**Gambar 4.6** Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Rugi-Rugi Daya

Berdasarkan gambar 4.6, jatuh tegangan terhadap motor induksi tiga fasa dapat mempengaruhi rugi-rugi motor induksi tiga fasa, seperti untuk beban 6

N-m dengan jatuh tegangan jala-jala sebesar 0 % rugi-rugi motor induksi tiga fasa sebesar 606,42 watt dan jatuh tegangan sebesar 8 % rugi-rugi motor induksi tiga fasa sebesar 605,82 watt dengan artian semakin besar jatuh tegangan maka rugi-rugi motor induksi tiga fasa akan semakin kecil, berarti terdapat hubungan berbanding terbalik antara jatuh tegangan dengan rugi-rugi motor induksi tiga fasa seperti ditunjukkan pada gambar 4.6. Untuk beban yang semakin besar maka rugirugi motor induksi tiga fasa akan semakin kecil, berarti terdapat hubunganberbanding terbalik antara beban dengan rugi motor induksi tiga fasa.

**Hubungan antara efisiensi motor dengan jatuh tegangan pada masing-masing beban**



**Gambar 4.7.** Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Effisiensi Motor

Berdasarkan gambar 4.7, jatuh tegangan terhadap motor induksi tiga fasadapat mempengaruhi efisiensi motor induksi tiga fasa, seperti untuk beban 4 N-m dengan jatuh tegangan sebesar 0 % efisiensi motor induksi tiga fasa sebesar 88,99% dan jatuh tegangan sebesar 8 % efisiensi motor induksi tiga fasa sebesar 87,53% dengan artian semakin besar jatuh tegangan maka efisiensi motor induksi tiga fasa akan semakin kecil, berarti terdapat hubungan berbanding terbalik antara jatuh tegangan dengan efisiensi motor induksi tiga fasa. Bertambahnya beban membuat efisiensi motor semakin tinggi, dengan artian besar beban berbanding lurus dengan efisiensi motor.

**6. PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil simulasi dan analisa data, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut :

1. Arus, tegangan dan beban pada motor induksi saling berhubungan, seperti yang terlihat pada gambar 4.2. Pada beban 5 N-m saat jatuh tegangan 0 % arus input motor induksi tiga fasa sebesar 6,35 A dan jatuh tegangan jala-jala sebesar 8 % arus input motorinduksi tiga fasa sebesar 6,94 Adan pada beban 6 N-m saat jatuh tegangan 0 % arus input motor sebesar

6,48 A dan saat jatuh tegangan 8 % arus input motor sebesar 7,03. Dengan kata lain, jatuh tegangan dan bertambahnya beban membuat arus motor induksi semakin besar.

2. Jatuh tegangan dan beban juga berpengaruh pada besarnya kecepatan putar motor induksi, terlihat pada gambar 4.3, ketika beban sebesar 5 N-m saat jatuh tegangan 0 % kecepatan putar motor sebesar 1449,67 rpm dan saat jatuh tegangan 8 % kecepatan putar motor sebesar 1448,52 rpm. Sedangkan ketika beban dinaikkan menjadi 6 N-m pada saat jatuh tegangan 0 % besar kecepatan putar motor ialah 1448,46 rpm dan saat jatuh tegangan 8 % besar kecepatan putar motor ialah 1447,03 rpm. Maka dapat disimpulkan bahwa jatuh tegangan dan bertambahnya beban pada motor induksi membuat putaran motor melambat atau berkurang.
3. Jatuh tegangan dan bertambahnya beban juga mempengaruhi efisiensi motor induksi tiga fasa. Gambar 4.7 membuktikannya, ketika beban sebesar 4 N-m saat jatuh tegangan 0 % besar efisiensi motor sebesar 88,99 % sedangkan saat jatuh tegangan 8 % besar efisiensi menjadi 87,53 %, dan ketika beban dinaikkan menjadi 5 N-m saat jatuh tegangan 0 % besar

efisiensi ialah 89,99 % dan saat jatuh tegangan 8 % besar efisiensi adalah 87,71 %. Hasil ini membuktikan bahwa jatuh tegangan membuat efisiensi motor induksi tiga fasa menjadi semakin kecil, tetapi lain halnya dengan beban semakin besar beban membuat efisiensi motor semakin baik.

### Saran

Untuk mendapatkan tegangan yang ideal pada motor induksi tiga fasa maka diperlukan pemasangan AVR (Automatic Voltage Regulator) pada sisi masukan tegangan.

### 7. DAFTAR PUSTAKA

- Prasetyo, Eko. 2009. "Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Jala-Jala Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai". Medan : Repository USU.
- M. Arfan Saputra, Syamsul Amien. 2014. "Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan". Medan : DTE FT USU
- Agung Khairi, Syamsul Amien. 2014. "Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Torsi Dan Putaran Pada Motor Arus Searah Penguatan Shunt", Medan : Repository USU

- Antonov, Yeni Oktariani. 2004. *Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase, Jurnal Teknik Elektro*, Institut Teknologi Padang.
- Sendro, Parisro. 2011. "Analisa Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Matlab". Medan : Repository USU.
- Zein, Muhammad. 2015. "Analisis Pengaruh Tegangan Tidak Seimbang Terhadap Temperatur Motor Induksi Tiga Fasa", Medan : Repository USU.
- Irpan Rosidi Tanjung, Surya Tarmizi Kasim. 2015. "**Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kinerja Motor Arus Searah Kompon**" Medan : DTE FT USU
- Firdaus, Ahmad Riyad . "Pengenalan Simulink" Modul Praktikum. Politeknik Batam