

## Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Matlab

**Hamdani<sup>1</sup>, Arnawan Hasibuan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Pancabudi  
 Jl. Gatot Subroto Km4,5 Sei Sikambing Medan, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh  
 Jl. Cot Tengku Nie, Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Indonesia  
 Email: hamdani.stmt@dosen.pancabudi.ac.id

**Abstrak** — Pemakaian motor induksi dalam keperluan energi mekanik dari putaran sangatlah banyak digunakan. Salah satunya adalah sebagai alat pendukung produksi di industri. Adanya ketidak stabilan tegangan suplai ke dalam motor yang berasal dari sumber jala-jala sistem tenaga sangat berpengaruh terhadap kinerja dari motor tersebut. Paper ini akan memaparkan analisis pengaruh perubahan tegangan jala-jala terhadap kerja motor induksi tiga fasa. Metode yang digunakan adalah simulasi menggunakan program Simulink Matlab. Kinerja yang dilihat dari simulasi ini adalah pengaruhnya terhadap putaran motor. Penurunan tegangan disimulasikan bertahap sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16%. Hasil yang diperoleh terlihat bahwa putaran motor mengalami penurunan dari 1448,46 rpm menjadi 1445,22 rpm dan efisiensi dari 89,11% menjadi 86,43%.

**Kata kunci:** Jatuh tegangan, motor induksi tiga fasa, Matlab (Simulink)

**Abstract** — *The use of induction motors in the mechanical energy requirements of the rotation is very widely used. One of them is as a production support tool in the industry. The instability of supply voltage into the motor that comes from the source grid of the power system greatly influences the performance of the motorbike. This paper will explain the analysis of the effect of grid stress changes on the work of three phase induction motors. The method used is simulation using the Simulink Matlab program. The performance seen from this simulation is the effect on motor rotation. Gradually simulated voltage reduction of 0%, 4%, 8%, 12%, and 16%. The results obtained show that the motor rotation has decreased from 1448.46 rpm to 1445.22 rpm and the efficiency of 89.11% to 86.43%.*

**Keywords:** Voltage drop, three phase induction motor, Matlab (Simulink)

### I. PENDAHULUAN

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

Motor induksi memerlukan energi listrik agar motor induksi dapat bekerja. Besaran listrik yang sangat mempengaruhi kerjanya motor listrik adalah besaran tegangan dalam volt. 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.

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 sebagai jenis lampu, alat-alat pemanas dan motor-motor listrik. Dalam Paper ini penulis ingin memaparkan analisis pengaruh jatuh tegangan terhadap kerja motor induksi tiga fasa disimulasikan menggunakan program simulink matlab.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Motor Induksi

Menurut Sujoto (1984.107), 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 penyalan 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.

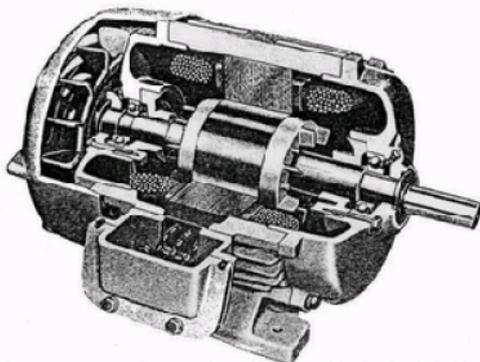
Keunggulan motor induksi tiga fasa antara lain memiliki konstruksi yang sangat sederhana dan kuat khususnya motor induksi rotor sangkar, harganya yang murah, mempunyai efisiensi yang tinggi, dan tidak menggunakan sikat sehingga faktor gesekan dapat dihindari serta perawatannya yang lebih mudah.

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



**Gambar 1. Motor Induksi Rotor Sangkar Tupai**

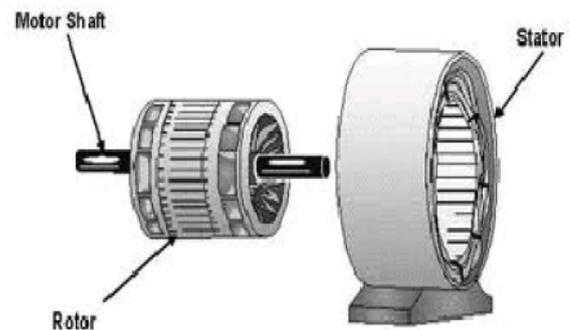
Karakteristik motor sangkar tupai adalah sebagai berikut :

1. Rotor terdiri dari penghantar tembaga yang dipasang pada inti yang solid dengan ujung-ujung yang dihubungkan singkat.
2. Kecepatan konstan.

3. Arus start yang besar diperlukan oleh motor menyebabkan tegangan berfluktuasi.
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.

## 2.2 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 berikut



**Gambar 2. Konstruksi Motor Induksi**

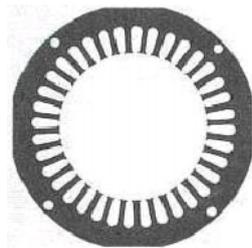
Komponen stator adalah bagian terluar dari motor yang merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fasa. Stator terdiri dari susunan laminasi inti yang memiliki alur (slot) yang menjadi tempat dudukan kumparan yang dililitkan dan berbentuk silindris. Motor induksi memiliki dua komponen yang utama,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

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

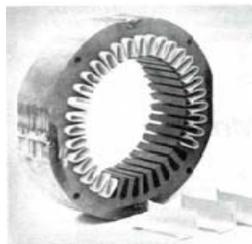
Stator dihubungkan ke catu tegangan AC. Rotor tidak dihubungkan secara listrik ke pencatu tetapi mempunyai arus yang diinduksikan kedalamnya oleh kerja transformator. Oleh sebab itu, stator kadang-kadang dianggap sebagai primer dan rotor sebagai sekunder motor.

### 2.2.1 Stator

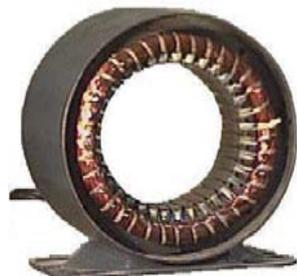
Inti stator terbuat dari lapis-lapis pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang di pabrikan. Lilitan-lilitan sama halnya dengan lilitan stator dari generator sinkron, diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat. Lilitan fasa ini bisa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



(a). lempengan inti



(b). tumpukan inti dengan kertas isolasi pada beberapa alurnya

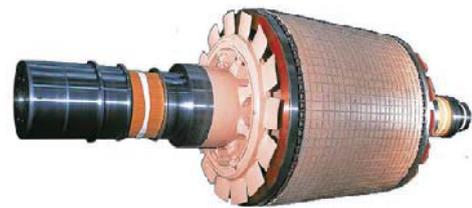


(c). tumpukan inti dan belitan dalam caking statornya

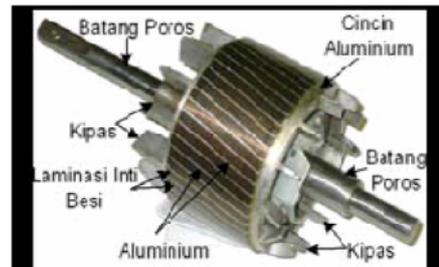
**Gambar 3. Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa**

### 2.2.2 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 dibawah menunjukkan konstruksinya rotor motor induksi sangkar tupai.



(a). tipikal rotor sangkar



(b). bagian-bagian rotor sangkar

**Gambar 4. Konstruksi Rotor Motor Induksi Rotor Sangkar**

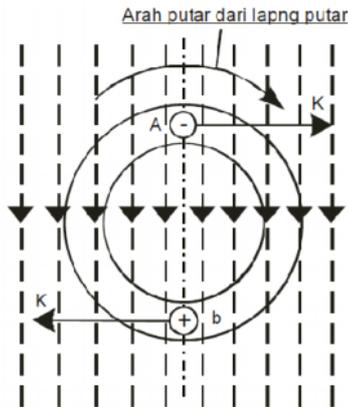
Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar tupai yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempengan pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan ke dalam alur rotor dan kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Batang rotor motor 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.

### 2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Bila belitan stator motor induksi tiga fasa dihubungkan pada jala-jala arus putar, dalam besi stator akan timbul medan putar. Dengan adanya medan putar pada stator dan adanya kawat-kawat disekeliling besi rotor, maka garis-garis gaya medan putar itu akan melalui kawat-kawat tersebut, sehingga didalamnya timbul garis gaya listrik (ggl).

Adanya ggl dalam kawat-kawat menyebabkan adanya arus dalam kawat rotor dan karena kawat-kawat yang dialiri arus itu berada dalam medan putar maka timbul pula kopel yang menyebabkan kawat-kawat itu berputar bersama dengan besi rotor.

Kawat a dan b adalah sebagian dari kawat-kawat yang ada pada rotor. Untuk mendapatkan arah ggl dalam kawat a dan b digunakan aturan tangan kanan, dengan ketentuan bahwa kawat-kawat itu menurut pandangan berputar ke kiri, sedang medan putarnya dianggap diam.



Gambar 5. Medan Putar Pada Motor Asinkron

Dengan ketentuan bahwa arah medan magnet itu dari atas kebawah, maka akan diperoleh bahwa dalam kawat a timbul ggl a yang arahnya kemuka (tanda titik) dan dalam kawat b timbul ggl b yang arahnya kebelakang (tanda +). Dengan ketentuan-ketentuan ini maka dalam kawat-kawat a dan b akan mengalir arus yang arahnya ditentukan oleh arah ggl tersebut.

Setelah arah arus dalam kawat-kawat itu diketahui, arah kekuatan kopel K yang bekerja pada kawat-kawat tersebut dapat diketahui juga. Seperti di perlihatkan pada gambar 2.9, sehingga arah bekerjanya kopel dan arah berputarnya rotor dapat ditentukan. Ternyata bahwa arah berputarnya rotor adalah sama dengan arah berputarnya medan putar.

#### 2.4 Frekuensi Rotor

Ketika rotor masih dalam keadaan diam, dimana frekuensi arus pada rotor sama seperti frekuensi masukan (sumber). Tetapi ketika rotor akan berputar, maka frekuensi rotor akan bergantung kepada kecepatan relatif atau bergantung terhadap besarnya slip. Untuk besar slip tertentu, maka frekuensi rotor sebesar yaitu,  $f'$

$$n_s - n_r = \frac{120 f'}{p}, \text{diketahui bahwa } n_s = \frac{120 f}{p}$$

Dengan membagikan dengan salah satu, maka didapatkan

$$\frac{f'}{f} = \frac{n_s - n_r}{n_s} = s$$

Maka  $f' = sf$  ( Hz )

Telah diketahui bahwa arus rotor bergantung terhadap frekuensi rotor  $f' = sf$  dan ketika arus ini mengalir pada masing – masing fasa di belitan rotor, akan memberikan reaksi medan magnet. Biasanya medan magnet pada rotor akan menghasilkan medan magnet yang berputar yang

besarnya bergantung atau relatif terhadap putaran rotor sebesar  $sn_s$ .

Pada keadaan tertentu, arus rotor dan arus stator menghasilkan distribusi medan magnet yang sinusoidal dimana medan magnet ini memiliki magnetudo yang konstan dan kecepatan medan putar  $ns$  yang konstan. Kedua Hal ini merupakan medan magnetik yang berputar secara sinkron. kenyataannya tidak seperti ini karena pada stator akan ada arus magnetisasi pada kumparannya.

#### 2.5 Jatuh Tegangan (Voltage Drop = Vd)

Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengirim dan tegangan ujung penerimaan, jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan dinyatakan dengan rumus :

$$V_d = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100 \%$$

Dimana :

$V_s$  = Tegangan ujung pengirim (volt)

$V_r$  = Tegangan ujung penerima (volt)

Seperti kita ketahui PLN memproduksi tegangan listrik dengan nilai nominal 220/380 volt tiga fasa dan pada frekuensi 50 Hz dan dalam bentuk gelombang sinus. Besar tegangan listrik ini berbeda pada setiap Negara, sebagai contoh di Amerika Serikat tegangan jala-jalannya 110/60 Hz, dan lain-lain.

Dalam penyediaan tenaga listrik disarankan suatu level standard tertentu

untuk menentukan kualitas tegangan pelayanan. Secara umum ada tiga hal yang

perlu dijaga kualitasnya :

1. Frekuensi (50 Hz)
2. Tegangan (220/380) volt  $\pm$  5%-10%
3. Keandalan

Dalam penyediaan tenaga listrik dilakukan penggolongan beban untuk memenuhi keandalan dari sistem. Dengan bervariasinya karakteristik beban maka perlu digolongkan berdasarkan faktor-faktor dominan. Misalnya lingkungan/ geografis. Pada kenyataannya tegangan listrik produk PLN bukanlah tegangan sinus murni yang berkualitas sempurna. Faktor-faktor yang mendasari bervariasinya tegangan sistem distribusi adalah :

1. Konsumen pada umumnya memakai peralatan yang memerlukan tegangan tertentu
2. Letak konsumen terbesar, sehingga jarak tiap konsumen dengan titik pelayanan tidak sama
3. Pusat pelayanan tidak dapat diletakkan merata atau tersebar

Faktor-faktor diatas dapat menyebabkan tegangan yang diterima konsumen tidak selalu sama. Konsumen yang letaknya jauh dari titik pelayanan akan cenderung menerima tegangan relative lebih rendah dibandingkan dengan konsumen yang letaknya decant dengan pusat pelayanan.

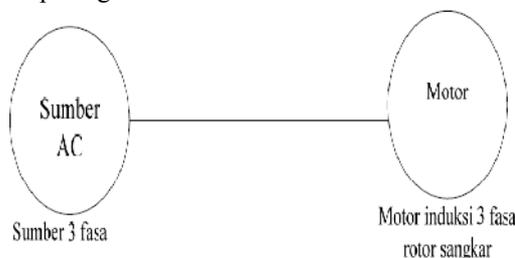
### III. METODE PENELITIAN

#### 4. 1. Metode Penelitian

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

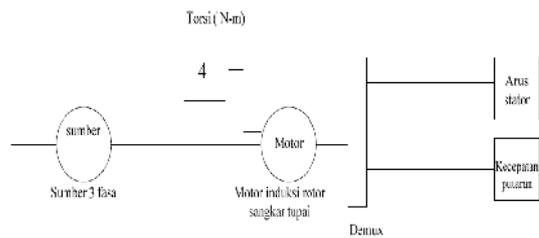
#### 4. 2. Blog Diagram dan Single Line Diagram

Blok diagram merupakan pemahaman secara keseluruhan atau secara garis besar, untuk melihat susunan dari blok diagram dari rangkaian dapat dilihat pada gambar berikut



**Gambar 6. Blok Diagram Sumber dan Motor Induksi 3 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 ini penulis hanya membahas keluaran kecepatan dan arus input dari motor. *Singel Line* Diagram merupakan diagram satu garis dari keseluruhan rangkaian yang dapat dilihat pada gambar berikut

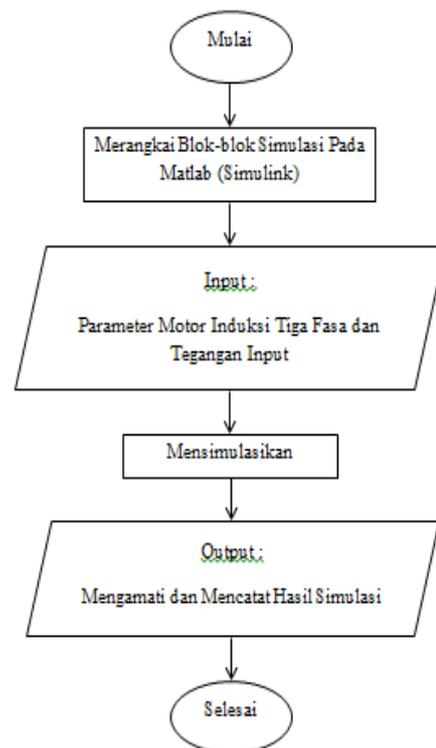


**Gambar 7. Single Line Diagram Simulasi**

Sumber AC merupakan penyuplai tegangan ke motor yang merupakan bagian utama dan memproses masuknya tegangan dengan bagian yang terdapat di dalam motor , Torsi N-m merupakan beban yang bervariasi yang nantinya akan diambil nilai konstan 6 N-m. Motor mempunyai keluaran dan pada tugas akhir ini penulis hanya membahas keluaran kecepatan dan arus input dari motor.

#### 4. 3. Bagan Alir Simulasi

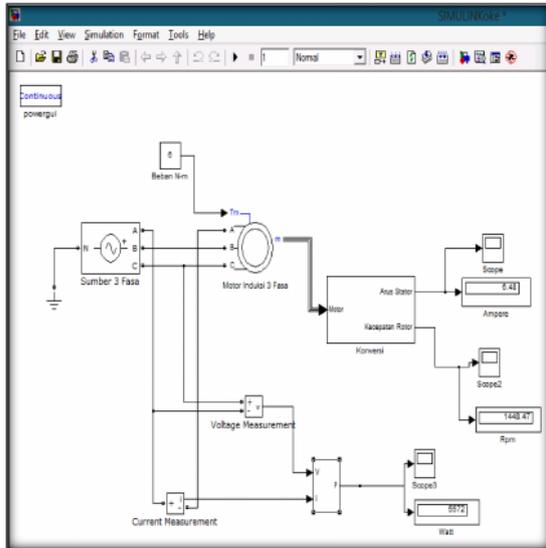
Langkah-langkah simulasi dapat kita lihat dari bagan alir dibawah ini :



**Gambar 8. Bagan Alir Simulasi**

#### 4. 4. Rangkaian Simulasi Pada Simulink Matlab

Rangkaian simulasi pada Simulink untuk mensimulasikan pengaruh jatuh tegangan terhadap kerja motor induksi ialah sebagai berikut :



Gambar 9. Rangkaian Simulasi Pada Simulink

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Parameter Motor Induksi

Dari tiga percobaan yang telah dilakukan yaitu percobaan tanpa beban, percobaan rotor ditahan dan percobaan DC didapatkan hasil sebagai berikut :  
 Motor induksi 3 fasa 7,5 HP, 380 V, 50 Hz, 4 kutub Desain A, hubungan Y dengan data hasil percobaan :  
 Tanpa beban = 380 V ; 7,25 A ; 1700 W ; 50 Hz  
 Rotor ditahan = 25 V ; 33,31 A ; 252 W ; 15 Hz  
 Percobaan DC = 11,4 V ; 35,12 A

Selanjutnya dengan menggunakan program Matlab didapatkan besarnya parameter motor induksi yang diperlihatkan pada tabel berikut

Tabel 1. Parameter Motor Induksi Tiga Fasa

| No | Parameter         | Nilai (ohm) |
|----|-------------------|-------------|
| 1  | Resistansi stator | 0,7384      |
| 2  | Resistansi rotor  | 0,7402      |
| 3  | Induktansi stator | 0,003045    |
| 4  | Induktansi rotor  | 0,003045    |
| 5  | Mutual Induktansi | 0.1241      |

4.2. Data Hasil Simulasi

Data hasil simulasi ini diperoleh setelah melakukan simulasi dimana sumber tegangan dirobah seolah-olah mengalami jatuh tegangan sebanyak 0 %, 4 %, 8 %, 12 %, dan 16 % dengan beban 6 N-m yang diperlihatkan pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Hasil Simulasi Jatuh Tegangan Terhadap Motor Induksi

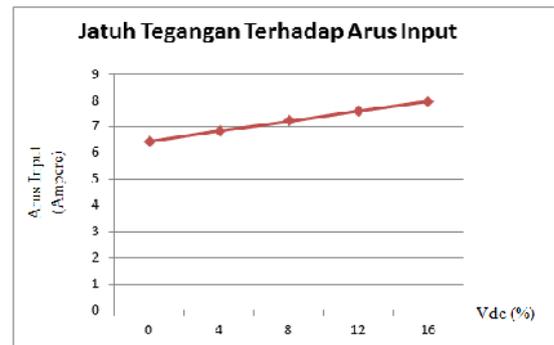
| Vdp(%) | VI-I  | Pin  | Iin  | Nr      |
|--------|-------|------|------|---------|
| 0      | 380   | 5571 | 6,42 | 1448,46 |
| 4      | 364,8 | 5247 | 6,81 | 1447,80 |
| 8      | 349,6 | 4967 | 7,20 | 1447,04 |
| 12     | 334,4 | 4705 | 7,59 | 1446,20 |
| 16     | 319,2 | 4458 | 7,97 | 1445,22 |

Tabel 3. Hasil Analisa Data Simulasi

| Vdp(%) | VI-I  | Pin  | Iin  | Nr      | Slip | Pout   | Prugi   | η (%) |
|--------|-------|------|------|---------|------|--------|---------|-------|
| 0      | 380   | 5571 | 6,42 | 1448,46 | 3,44 | 606,42 | 4964,58 | 89,11 |
| 4      | 364,8 | 5247 | 6,81 | 1447,80 | 3,48 | 606,15 | 4640,85 | 88,45 |
| 8      | 349,6 | 4967 | 7,20 | 1447,04 | 3,53 | 605,83 | 4361,17 | 87,80 |
| 12     | 334,4 | 4705 | 7,59 | 1446,20 | 3,59 | 605,48 | 4099,52 | 87,13 |
| 16     | 319,2 | 4458 | 7,97 | 1445,22 | 3,65 | 605,08 | 3852,92 | 86,43 |

4.3. Grafik Hubungan Jatuh Tegangan Terhadap Arus, Putaran dan Effisiensi Motor

- Hubungan antara jatuh tegangan dengan arus input



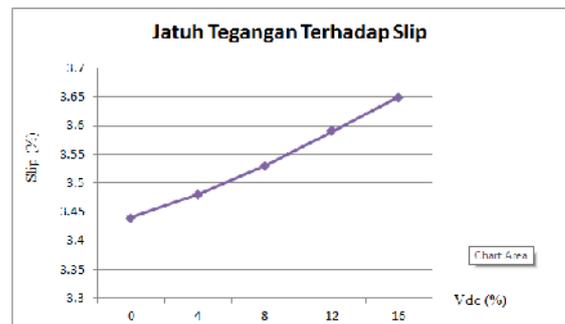
Gambar 10. Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Arus Input Motor

- Hubungan antara jatuh tegangan dengan kecepatan putar motor



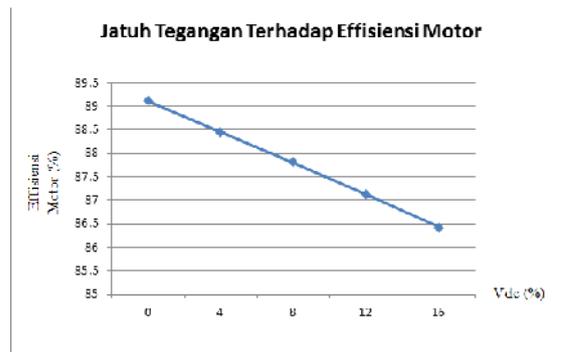
Gambar 11. Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Kecepatan Putar Motor

- Hubungan antara jatuh tegangan dengan slip



Gambar 12. Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Slip

➤ Hubungan antara jatuh tegangan dengan Effisiensi Motor



Gambar 13. Grafik Jatuh Tegangan Terhadap Effisiensi Motor

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi dan analisa maka dapat disimpulkan bahwa :terjadinya jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa mempengaruhi arus input dan slip menjadi besar, sedangkan kecepatan putar motor menjadi lambat dan effisiensi motor memburuk. Arus input motor dan slip masing-masing akan naik sekitar 19,45 % dan 5,75 % , sedangkan kecepatan putar dan effisiensi motor masing-masing turun sekitar 0,22 % dan 2,98 % , ketika terjadi jatuh tegangan sebesar 16 %.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] Agung Khairi, Syamsul Amien, “Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Torsi Dan Putaran Pada Motor Arus Searah Penguatan Shunt”, Medan : Repository USU, 2014.

[2] Antonov, Yeni Oktariani.. *Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase*, Jurnal Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, 2004.

[3] Firdaus, Ahmad Riyad . “Pengenalan Simulink” Modul Praktikum. Politeknik Batam, 2014

[4] Hasan, Yandri, “Penentuan Parameter dan Arus Asut Motor Induksi Tiga Fasa”. Jurnal ELKHA Vol.3,No.2. Universitas Tanjungpura, 2011.

[5] Irpan Rosidi Tanjung, Surya Tarmizi Kasim, “Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kinerja Motor Arus Searah Kompon” Medan : DTE FT USU, 2015.

[6] M. Arfan Saputra, Syamsul Amien, “Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan”. Medan : DTE FT USU, 2014.

[7] Prasetyo, Eko, ”Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Jala-Jala Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai” . Medan : Repository USU, 2009.

[8] Sendro, Parisro, ”Analisa Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Matlab”. Medan : Repository USU, 2011.

[9] Zein, Muhammad, “Analisis Pengaruh Tegangan Tidak Seimbang Terhadap Temperatur Motor Induksi Tiga Fasa”. Medan : Repository USU, 2015.