

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS PENGARUH ARUS TIDAK SEIMBANG**  
**TERHADAP KERJA MOTOR INDUKSI TIGA**  
**FASA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**ARDIANTO HAKIM**  
**NPM:1407220138**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ardianto Hakim  
NPM : 1407220138  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Arus Tidak Seimbang Terhadap Kerja Motor  
Induksi Tiga Fasa

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Juli 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Rohana, ST, MT

Dosen Pembimbing II / Penguji



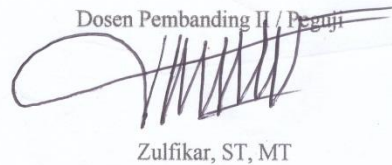
Muhammad Saffril, ST, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT

Dosen Pembanding II / Penguji



Zulfikar, ST, MT



### PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ardianto Hakim  
Tempat/tgl. Lahir : T. Morawa / 09 april 1996  
Bidang keahlian : Arus Kuat  
Program studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir yang berjudul:

“ ANALISA PENGARUH ARUS TIDAK SEIMBANG TERHADAP KERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASA”

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang di teliti dan diulas dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali secara tulisan dikutip dalam naskah inidan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Medan, 13 juli 2020

Saya yang menyatakan

  
  
ARDIANTO HAKIM

## **ABSTRAK**

Arus suplai tiga fasa tidak seimbang merupakan fenomena yang terjadi ketika arus sistem yang seharusnya bernilai sama akan tetapi karena beberapa faktor terjadi adanya perbedaan yang cukup signifikan antara salah satu fasa dengan fasa yang lain. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap kinerja beban listrik yang membutuhkan tegangan yang seimbang untuk dapat bekerja secara optimal, salah satunya adalah motor induksi tiga fasa. Tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang tentu saja berpengaruh terhadap kinerja dari motor induksi tiga fasa pada saat beroperasi. Pada penelitian ini, dilakukan analisa untuk melihat pengaruh ketidakseimbangan arus terhadap kinerja motor induksi tiga fasa dengan faktor ketidakseimbangan arus yang sama namun terlebih dahulu sudah dilakukan beberapa percobaan. Hasil analisa menunjukan kenaikan torsi pada motor di akibatkan arus tidak seimbang. Arus tidak seimbang mempengaruhi daya pada motor mengakibatkan daya semakin menurun, dan sedangkan terhadap efisiensi juga ikut menurun karena daya juga menurun diakibatkan arus tidak seimbang

**Kata Kunci :** Arus Tidak Seimbang, Torsi, Daya, efisiensi

## ABSTRACT

*The unbalanced three-phase supply flow is a phenomenon that occurs when system currents that are supposed to have the same value, but due to several factors, there is a significant difference between one phase and the other phases. This certainly affects the performance of electrical loads that require a balanced voltage to work optimally, one of which is a three-phase induction motor. The unbalanced three-phase supply voltage certainly affects the performance of a three-phase induction motor when operating. In this study, an analysis was carried out to see the effect of the current imbalance on the performance of a three-phase induction motor with the same current imbalance factor, but several experiments have been conducted beforehand. The analysis results show the increase in torque on the motor caused unbalanced current. The unbalanced current affects the power in the motor resulting in decreasing power, and while for efficiency it also decreases because the power also decreases due to unbalanced current*

**Keywords :** *Non-Balanced Current, Torque, Power, Efficiency*

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa. Dia yang menurunkan Al-quran sebagai petunjuk dan pedoman hidup bagi umat manusia di dunia ini. Menjadikan Alquran sebagai sumber ilmu pengetahuan dan Norma – norma kehidupan.

Sholawat serta salam selalu terkumandang untuk utusannya tercinta manusia yang lembut laksana air dan perkasa laksana ombak. Dia yang mencintai ummatnya lebih dari dirinya dan keluarganya, Dia yang bermukjizatkan Alquran dan Akhlaknya dialah Muhammad SAW.

Dengan perjuangan yang berat dan perilaku akhirnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “*(ANALISIS PENGARUH ARUS TIDAK SEIMBANG TERHADAP KERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASA)*”.

Dalam penyusunan Skripsi penulis telah banyak menerima bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulisan dengan setulus hati mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewa buat Ayahanda Sudi Upoyo dan Ibunda Asniyang telah banyak memberikan pengorbanan demi cita-cita bagi kehidupan penulis, serta doa dan dorongan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T, sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rohana, S.T, M.T, sebagai Dosen Pembimbing 1
6. Bapak Muhammad Safril, S.T, M.T, sebagai Dosen Pembimbing 2
7. Seluruh staf pengajar dan pegawai Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh pengurus Badan Eksekutif Mahasiswa periode 2015 - 2016 yang membantu saya dengan tulus dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan Ikatan Mahasiswa Elektro, Himpunan Mahasiswa Sipil, dan Himpunan Mahasiswa Mesin sebagai tempat atau wadah bagi saya mengenal dunia organisasi.
10. Saudara Seperjuangan Pejuang Semesta 014 yang menjadi kawan berjuang saya di fakultas teknik UMSU.
11. Adinda Sektor 015 Dan adinda 016, 017 yang sering membantu saya dan membuat tertawa dalam pengerjaan disaat kebuntuan datang.
12. Teruntuk adinda Juli Darmwan Nasution dan M. Heru Septian yang telah begitu banyak membantu saya dalam pengerjaan skripsi ini dan sekaligus menjadi teman saat ini untuk berdiskusi dan tempat minta saran tentang pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini dimasa yang akan datang.

Akhirnya kepada Tuhan Yang Maha Esa penulis berserah diri semoga kita selalu dalam lindungan serta limpahan rahmat-Nya dengan kerendahan hati penulis berharap mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya.

Medan, 04 februari 2020  
Penulis

**ARDIANTO HAKIM**  
**1407220138**



## DAFTAR ISI

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| <b>ABSTRAK</b> .....                  | <b>i</b>    |
| <b>KATA PENGHANTAR</b> .....          | <b>iii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....               | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....            | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....             | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR GRAFIK</b> .....            | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....          | <b>xi</b>   |
| <b>BAB IPENDAHULUAN</b> .....         | <b>12</b>   |
| 1.1 Latar Belakang.....               | 12          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....             | 14          |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....            | 15          |
| 1.4 RuangLingkupPenelitian .....      | 15          |
| 1.5 Metodologi Penulisan .....        | 15          |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....        | 16          |
| <b>BAB IITINJAUAN PUSTAKA</b> .....   | <b>16</b>   |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan. ....    | 16          |
| 2.2 Daya.....                         | 19          |
| 2.2.1 Daya Semu .....                 | 20          |
| 2.2.2 Daya Nyata .....                | 22          |
| 2.2.3 Daya Reaktif .....              | 24          |
| 2.3 Arus .....                        | 27          |
| 2.4 Motor induksi .....               | 28          |
| 2.5 Konstruksi Motor Induksi.....     | 28          |
| 2.6 Putaran Motor Induksi .....       | 30          |
| 2.7 Prinsip Kerja Motor Induksi ..... | 31          |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.8 Jenis-jenis Motor Induksi .....   | 33        |
| 2.8.1. Motor Induksi Tiga Fasa Sangkar Tupai ( <i>Squirrelcage</i> Motor) ..... | 33        |
| 2.8.2. Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan ( <i>Wound-Rotor</i> Motor).....   | 35        |
| 2.9 Torsi.....  | 35        |
| 2.10 Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa.....  | 36        |
| 2.11 Karakteristik Motor Induksi .....  | 37        |
| 2.12 Rheostat .....   | 40        |
| 2.12.1. Jenis-jenis Rheostat.....   | 42        |
| <b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>                                       | <b>44</b> |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....   | 44        |
| 3.2 Alat dan Bahan .....  | 44        |
| 3.3 Metode Penelitian.....  | 45        |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian .....  | 46        |
| 3.5 Melakukan analisa data .....  | 47        |
| <b>BAB IV ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN.....</b>                                 | <b>48</b> |
| 4.1 Data Percobaan.....   | 48        |
| 4.2 Analisa Data .....  | 48        |
| 4.2.1 Analisa perubahan arus terhadap torsi .....                               | 48        |
| 4.2.2 Analisa Perubahan Arus Terhadap daya (Pout) .....                         | 50        |
| 4.2.3 Analisa perubahan arus terhadap efisiensi daya. ....                      | 52        |
| <b>BAB VKESIMPULAN DAN SARAN.....</b>   | <b>55</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 55        |
| 5.2 Saran.....  | 55        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   |           |
| <b>LAMPIRAN</b>   |           |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2 1 Tegangan RMS pada Grafik Sinusoidal Tegangan Listrik AC .....                     | 21 |
| Gambar 2 2 Segitiga Daya .....   | 22 |
| Gambar 2 3 Gelombang Arus, Tegangan, dan Daya Listrik AC .....                               | 23 |
| Gambar 2 4 Ilustrasi Daya Reaktif .....  | 24 |
| Gambar 2 5 Kontruksi Motor Tiga Fasa .....   | 29 |
| Gambar 2 6 Gelombang dan timbulnya medan putar pada Stator motor induksi ..                  | 32 |
| Gambar 2.7 Rotor Sangkar .....   | 34 |
| Gambar 2. 8 Konstruksi motor induksi rotor sangkar .....                                     | 34 |
| Gambar 2 9 Rotor belitan .....   | 35 |
| Gambar 2 10 Karakteristik Torsi Motor Induksi .....  | 38 |
| Gambar 2 11 Karakteristik Putaran Fungsi Torsi Beban .....                                   | 39 |
| Gambar 2 12 Karakteristik Parameter Efisiensi, Putaran, Faktor Kerja dan Arus<br>Beban ..... | 39 |
| Gambar 2 13 Simbol dan Bagian Rheostat .....   | 41 |
| Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian .....   | 46 |

## DAFTAR TABEL

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan ..... | 48 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Analisa .....   | 54 |

## DAFTAR GRAFIK

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4 1 Torsi Terhadap Rpm.....        | 49 |
| Gambar 4 2 Daya Terhadap Tegangan .....   | 51 |
| Gambar 4 3 Effisiensi Terhadap Daya ..... | 53 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Rasngkaian Percobaan

Lampiran 2 Riset diLab konversi energi

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Motor induksi sangat banyak digunakan di dunia industri karena konstruksinya yang sederhana, perawatan yang mudah dan karakteristik operasi yang bagus. Pada umumnya motor-motor induksi tersebut digunakan untuk penggerak pompa dan kipas pendingin. Motor induksi yang paling banyak digunakan adalah motor induksi tiga fasa. Motor ini dirancang dengan asumsi sumber tegangan yang seimbang. Sumber tegangan dari transmisi pada umumnya cukup seimbang, baik dari magnitudo maupun sudutnya. Ketidakseimbangan fasa terjadi pada utilisasi, hal ini bisa dikarenakan gangguan-gangguan asimetris dalam sistem tenaga, distribusi beban yang tidak seimbang, transmisi yang tidak sempurna, transformator yang kurang baik dan lain sebagainya. Ketidakseimbangan fasa adalah perbedaan magnitudo atau pun sudut masing-masing fasa pada sistem kelistrikan tiga fasa. Faktor ketidakseimbangan fasa dinyatakan dengan rasio perbandingan antara fasa urutan negatif terhadap fasa urutan positif yang dinyatakan dalam persen. (Kusuma, 2012)

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling umum digunakan didalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun dirumah tangga. Hal ini dikarenakan motor induksi sangat mudah dalam pengoperasiannya, dan juga memiliki konstruksi yang kuat sederhana dan tidak membutuhkan perawatan banyak dalam pengoperasiannya. Motor ini seringkali dioperasikan secara terus menerus walaupun dalam keadaan kondisi *steady-state*. Permasalahan arus tidak seimbang yang menyuplai motor induksi tiga fasa adalah

hal yang mungkin saja terjadi dalam keadaan praktis dari pengoperasian motor induksi tersebut. Berbagai macam gangguan yang terjadi pada distribusi beban yang tidak merata menyebabkan arus tidak seimbang, secara garis besar dari kerja motor induksi tiga fasa tersebut arus yang tidak seimbang akan mempengaruhi torsi. Kondisi ini juga dapat mengakibatkan motor induksi tiga fasa mengalami rugi-rugi yang membuat mesin menjadi panas sehingga mengurangi efisiensi daripada kerja motor itu sendiri. Dengan adanya ketidakseimbangan tegangan ini akan mempengaruhi operasi dari motor induksi, yang mana dapat mempengaruhi torsi dan efisiensi motor induksi tersebut. Hal ini dikarenakan tegangan merupakan salah satu parameter terpenting dari torsi yang akan dibangkitkan motor induksi, dengan demikian hal ini akan menentukan daya output dari motor. (Belakang, 2015)

Masalah kualitas daya listrik pada sistem kelistrikan industri merupakan hal yang penting untuk diketahui. Sebab pada sebuah industri, masalah kualitas daya listrik ini memegang peranan penting dalam menentukan keberadaan industri. Motor listrik merupakan tenaga penggerak yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan sering kali digunakan oleh industri dalam mendukung kelancaran kegiatan produksi. Motor listrik yang sering digunakan oleh industri diantaranya adalah motor induksi, karena motor induksi lebih ekonomis dan handal dalam pengoperasiannya meskipun ditinjau dari aspek pengendaliannya relatif lebih kompleks. Disamping itu, pemeliharaan motor induksi juga relatif lebih mudah. Industri memerlukan daya listrik yang kontinu, besar dan dalam proses produksinya, industri banyak menggunakan peralatan-peralatan elektronik yang sensitif terhadap gangguan yang ada. Sehingga



dalam mendukung kegiatan dalam proses produksi industri tersebut memerlukan suplay daya listrik yang besar dan kualitas daya listrik yang baik untuk mengoperasikan semua peralatan yang ada. Dalam pemakaiannya, motor harus mendapatkan tegangan yang konstan atau seimbang, bila tegangan listrik tidak seimbang, maka akan menimbulkan dampak merugikan terhadap berbagai peralatan kelistrikan, salah satunya yaitu motor induksi. Masalah ketidakseimbangan tegangan merupakan masalah yang sering terjadi pada industri. Seringkali hal ini terjadi disebabkan oleh pembagian beban satu fasa yang tak seimbang. Adanya ketidakseimbangan tegangan ini menyebabkan berbagai permasalahan, diantaranya pada industri dapat menyebabkan overheating pada motor induksi yang menyebabkan sistim pengaman bekerja berakibat pada kerugian produksi. (Pengajar et al., 2014)

Oleh karena itu diperlukan suatu kajian berupa penelitian atau analisis di laboratorium untuk melihat bagaimana ketidakseimbangan arus memberikan kontribusi yang akan mempengaruhi torsi dan efisiensi dari motor induksi, dan bagaimana relevansinya terhadap operasi motor induksi tersebut dalam keadaan arus seimbang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang akan ditetapkan didalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh arus tidak seimbang terhadap torsi motor induksi tiga fasa.
2. Bagaimana pengaruh arus tidak seimbang terhadap daya pada motor induksi tiga fasa.

3. Bagaimana pengaruh daya tidak seimbang terhadap efisiensi motor induksi tigafasa.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian skripsi ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh arus tidak seimbang terhadap torsi motor induksi tiga fasa.
2. Menganalisa pengaruh arus tidak seimbang terhadap daya pada motor induksi tigafasa.
3. Menganalisa pengaruh daya tidak seimbang terhadap efisiensi motor induksi tigafasa.

### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Agar pembahasan skripsi ini tidak terlalu meluas maka penulis akan membatasi tulisan penulis sebagai berikut :

1. Tidak membahas tegangan tidak seimbang yang disebabkan ketidakseimbangan sudut fasa dan tidak melibatkan teori komponen-komponen simetris dalam analisa tegangan tidak seimbang.
2. Tidak menganalisa gangguan dan harmonisa tegangan yang terjadi pada sistem tegangan.

### **1.5 Metodologi Penulisan**

1. Metode Literatur

Penulis melakukan studi teoritis dipergustakaan dan internet untuk mendapatkan bahan – bahan teori yang dibutuhkan dalam penyusunan skripsi.

## 2. Metode Riset

Penulis melakukan riset di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan skripsi ini.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang akan dipakai agar mencerminkan isi dari skripsi ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, metode penulisan, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAU PUSTAKA**

Bab ini membahas teori teori yang merupakan penunjang didalam perencanaan dan pembuatan tugas akhir.

#### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Pada bagian bab iii ini akan dipaparkan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, data penelitian, jalannya penelitian, jadwal penelitian.

#### **BAB IV ANALISA DAN HASIL PENGUJIAN**

Bab ini membahas mengenai analisis berupa data dan hasil dari data yang diteliti.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari penyusunan skripsi ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.**

Permasalahan kualitas daya sudah menjadi masalah utama dalam sistem tenaga listrik. Permasalahan tersebut telah mempengaruhi kinerja di berbagai bidang seperti industrymanufaktur, penyiaran, perkantoran, pasar, dan pusat kesehatan. Hal ini tentu menyebabkan kerugian yang besar baik dalam hal financial maupun waktu kerja.(Ramang et al., 2014.)

Salah satu permasalahan kualitas daya yang sering terjadi adalah masalah ketidakseimbangan tegangan pada transmisi daya. Hal ini disebabkan beberapa factor diantaranya ketidaksimetrisan lilitan pada trafo daya atau ketidakseimbangan impedansi saluran dan beban yang tidak seimbang. Pengaruh dari ketidakseimbangan ini tentunya akan bersifat destruktif pada peralatan-peralatan listrik atau sistem instalasi listrik yang terpasang.

Permasalahan yang sering muncul belakangan ini adalah terjadinyaketidakseimbangan tegangan. Tegangan tidak seimbang adalah suatu nilai tegangan yang tidak sama pada sistem tegangan tiga fasa yang terdapat dalam sistem distribusi daya listrik. Tegangan yang tidak seimbang tersebut dapat menyebabkan masalah serius pada motor induksi dan perangkat induktif lainnya. Selain masalah tersebut, ketidakseimbangan tegangan juga dapat menyebabkan arus pada motor induksi menjadi tidak seimbang dan mengalami kenaikan beberapa kali, dan juga dapat memberikan efek pemanasan kepada motor sehingga efisiensi motor induksi menjadi turun. Atas dasar permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian yang dapat menganalisisdinamika kinerja motor

induksi. Analisis dinamik dilakukan dengan memodelkan motor induksi tiga fasa menggunakan kerangka acuan arbitrary. Dalam kerangka acuan tersebut, metode yang digunakan adalah metode transformasi direct quadrature. Metode transformasi direct quadrature adalah metode transformasi yang mengubah dari sistem tiga fasa ke bentuk sistem dua fasa dengan konfigurasi, sebagai tujuan untuk memudahkan perhitungan parameter-parameter dan komponen dari suatu motor induksi yang kemudian disimulasikan dengan Matlab Simulink. Untuk hasil luaran yang akan dicapai adalah dapat menganalisis dan mengetahui karakteristik dari arus stator, arus rotor, torsi elektromagnetik, kecepatan putaran rotor, daya masukan motor, daya keluaran motor, dan efisiensi saat terjadi gangguan tegangan tidak seimbang (Metode & Direct, 2019).

Penyalan beban yang tidak serempak terhadap beban-beban yang digunakan, serta pengkoneksian yang pada fasa R, fasa S dan fasa T yang tidak seimbang akan mempengaruhi ketidakseimbangan beban yang digunakan pada instalasi tersebut. Pada dasarnya rugi-rugi yang timbul juga dipengaruhi oleh ketidakseimbangan yang terjadi sehingga akan merugikan baik pada pemasok dan penggunaannya. Oleh karena itu maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban tak seimbang terhadap harmonisa pada *Variable Speed Drive (VSD)* fasa tiga. VSD merupakan suatu perangkat yang dipasang pada sisi input pada motor yang terkopel pada pompa primer yang digunakan pada Untai Uji Termohidraulika Eksperimental, sehingga laju alir dapat diatur dengan merubah besaran frekuensi pada 0 Hz hingga 50 Hz. Pada Untai Uji Termohidraulika Eksperimental yang menggunakan VSD saat ini, belum pernah dilakukan pengukuran daya listrik yang terhubung walaupun telah lama di

pergunakan. Penelitian dilakukan dengan cara memberikan beban pada sisi output VSD beban yang divariasikan. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan, arus serta Total Distortion Harmonic (THD) pada sisi sebelum dan sesudah VSD dengan Data Acquisition System (DAS) yang berbasis LabVIEW. Penelitian ini diharapkan dapat menentukan pengaruh ketidakseimbangan beban baik pada sisi input dan output pada VSD pada aliran daya fasa tiga terhadap THD. Di dunia industri, energi listrik banyak digunakan dalam menggerakkan konveyor, lift atau peralatan yang menggunakan motor induksi. Penggunaan motor induksi banyak digunakan karena lebih murah, perawatannya mudah, user friendly, dan memiliki kehandalan yang baik. Motor induksi khususnya motor induksi tiga fasa sangat sering digunakan pada peralatan industry dan kebanyakan langsung terhubung sistem distribusi daya. Oleh Karena itu, sangat penting untuk dapat mengetahui efek dari variasi tegangan di sistem distribusi daya terhadap karakteristik motor induksi. (Epsilon, 2012.)

Pada pengoperasiannya motor induksi tidak bisa berjalan dengan baik jika dioperasikan pada tegangan tak seimbang. Efek langsung yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan tegangan pada performa motor induksi adalah meningkatnya rugi panas pada motor, rugi akustik (noise), penurunan rating motor, dan memperpendek umur motor. Walaupun tegangan tak seimbang yang terjadi kecil, tetapi arus motor tak seimbang dapat mengalir. Arus tak seimbang menyebabkan masalah-masalah yang telah disebutkan sebelumnya.

Dalam tulisan ini menjelaskan pengaruh tegangan tak seimbang pada parameter motor induksi tiga fasa. Umur motor tergantung pada kondisi yang diberikan, baik yang bersifat elektrik, termal, mekanik, dan lingkungan sekitar.

Tulisan ini menyajikan pengaruh suplai takseimbang pada motor induksi pada performa motor induksi dan seberapa besar pengaruhnya motor induksi.

## 2.2 Daya

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini :

$$P = \frac{E}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

P = Daya Listrik

E = Energi dengan satuan Joule

t = waktu dengan satuan detik

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan huruf “P” yang merupakan singkatan dari Power. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik adalah Watt yang disingkat dengan W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik).

### 2.2.1 Daya Semu

Daya semu atau daya total ( $S$ ), ataupun juga dikenal dalam Bahasa Inggris *Apparent Power*, adalah hasil perkalian antara tegangan efektif (*root-mean-square*) dengan arus efektif (*root-mean-square*).

Tegangan RMS ( $V_{RMS}$ ) adalah nilai tegangan listrik AC yang akan menghasilkan daya yang sama dengan daya listrik DC ekuivalen pada suatu beban resistif yang sama. Pengertian tersebut juga berlaku pada arus RMS. 220 volt tegangan listrik rumah kita adalah tegangan RMS (tegangan efektif). Secara sederhana, 220 volt tersebut adalah 0,707 bagian dari tegangan maksimum sinusoidal AC. Berikut adalah rumus sederhana perhitungan tegangan RMS:

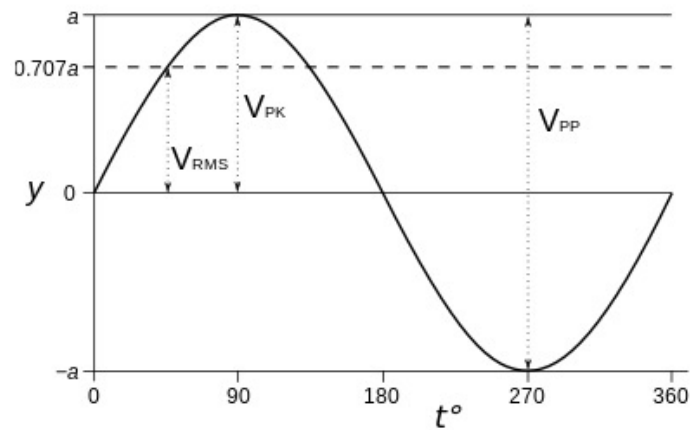
$$V_{RMS} = V_{MAX} / \sqrt{2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Demikian pula dengan rumus perhitungan arus RMS:

$$I_{RMS} = I_{MAX} / \sqrt{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana  $V_{max}$  dan  $I_{max}$  adalah nilai tegangan maupun arus listrik pada titik tertinggi di grafik gelombang sinusoidal listrik AC.





Gambar 2.1 Tegangan RMS pada Grafik Sinusoidal Tegangan Listrik AC

Pada kondisi beban resistif dimana tidak terjadi pergeseran grafik sinusoidal arus maupun tegangan, keseluruhan daya total akan tersalurkan ke beban listrik sebagai daya nyata. Dapat dikatakan jika beban listrik bersifat resistif, maka nilai daya semu ( $S$ ) adalah sama dengan daya nyata ( $P$ ). Lain halnya jika beban jaringan bersifat induktif ataupun kapasitif (beban reaktif), nilai dari daya nyata akan menjadi sebesar  $\cos \phi$  dari daya total.

$$P = S \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.4)$$

$$P = V_{RMS} \times I_{RMS} \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.5)$$

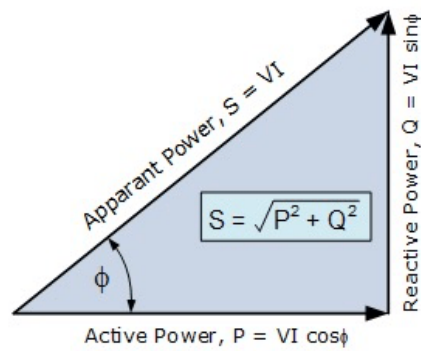
$\phi$  adalah besar sudut pergeseran nilai arus maupun tegangan pada grafik sinusoidal listrik AC.  $\phi$  bernilai positif jika grafik arus tertinggal tegangan (beban induktif), dan akan bernilai negatif jika arus mendahului tegangan (beban kapasitif).

Pada kondisi beban reaktif, sebagian daya nyata juga terkonversi sebagai daya reaktif untuk mengkompensasi adanya beban reaktif tersebut. Nilai dari daya reaktif ( $Q$ ) adalah sebesar  $\sin \phi$  dari daya total.

$$Q = S \sin \phi \dots \dots \dots (2.6)$$

$$Q = V_{RMS} I_{RMS} \sin \phi \dots \dots \dots (2.7)$$

Hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat diilustrasikan ke dalam sebuah segitiga siku-siku dengan sisi miring sebagai daya semu, salah satu sisi siku sebagai daya nyata, dan sisi siku lainnya sebagai daya reaktif.



Gambar 2.2 Segitiga Daya

Sesuai dengan hubungan segitiga di atas maka hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat diekspresikan ke dalam sebuah persamaan pitagoras.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

### 2.2.2 Daya Nyata

Secara sederhana, daya nyata adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif. Daya nyata menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit listrik ke jaringan beban untuk dapat dikonversikan menjadi energi lain. Sebagai contoh, daya nyata yang digunakan untuk menyalakan kompor listrik. Energi listrik yang mengalir dari jaringan dan masuk ke kompor listrik, dikonversikan

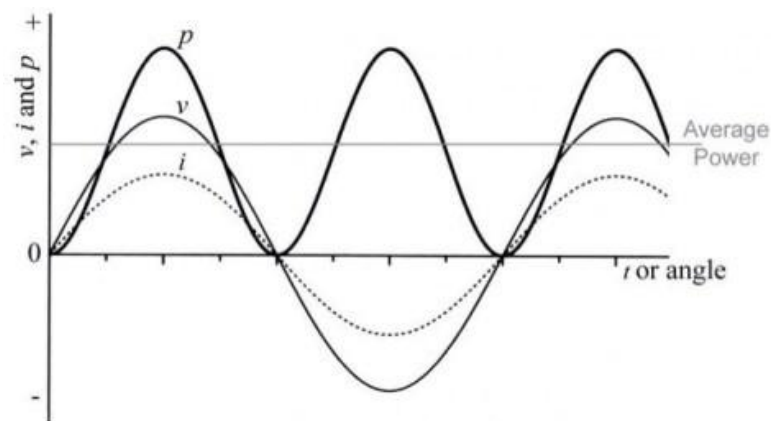
menjadi energi panas oleh elemen pemanas kompor tersebut. Daya listrik pada arus listrik DC, dirumuskan sebagai perkalian arus listrik dengan tegangan.

$$P = I \times V \dots \dots \dots (2.9)$$

Namun pada listrik AC perhitungan daya menjadi sedikit berbeda karena melibatkan faktor daya ( $\cos \phi$ ).

$$P = I \times V \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk lebih jelasnya mari kita perhatikan grafik sinusoidal berikut.



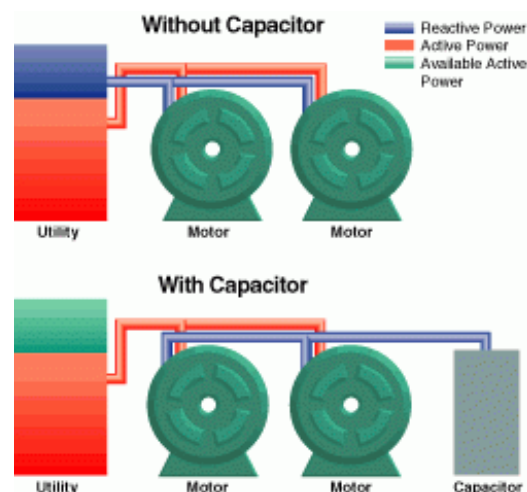
Gambar 2.3 Gelombang Arus, Tegangan, dan Daya Listrik AC

Grafik di atas adalah grafik gelombang listrik AC dengan beban murni resistif. Nampak bahwa gelombang arus dan tegangan berada pada fase yang sama ( $0^\circ$ ) dan tidak ada yang saling mendahului seperti pada beban induktif dan kapasitif. Dengan kata lain nilai dari faktor daya ( $\cos \phi$ ) adalah 1. Sehingga dengan menggunakan rumus daya di atas maka nilai dari daya listrik pada satu titik posisi jaringan tertentu memiliki nilai yang selalu positif serta membentuk gelombang seperti pada gambar tersebut.

Nilai daya yang selalu positif ini menunjukkan bahwa 100% daya mengalir ke arah beban listrik dan tidak ada aliran balik ke arah pembangkit. Inilah daya nyata, daya yang murni diserap oleh beban resistif, daya yang menandai adanya energi listrik terkonversi menjadi energi lain pada beban resistif. Daya nyata secara efektif menghasilkan kerja yang nyata di sisi beban listrik.

### 2.2.3 Daya Reaktif

Secara sederhana, daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk membangkitkan medan magnet di kumparan-kumparan beban induktif. Seperti pada motor listrik induksi misalnya, medan magnet yang dibangkitkan oleh daya reaktif di kumparan stator berfungsi untuk menginduksi rotor sehingga tercipta medan magnet induksi pada komponen rotor. Pada trafo, daya reaktif berfungsi untuk membangkitkan medan magnet pada kumparan primer, sehingga medan magnet primer tersebut menginduksi kumparan sekunder.



Gambar 2.4 Ilustrasi Daya Reaktif

Daya reaktif diserap oleh beban-beban induktif, namun justru dihasilkan oleh beban kapasitif. Peralatan-peralatan kapasitif seperti lampu neon, bank kapasitor, bersifat menghasilkan daya reaktif ini. Daya reaktif juga ditanggung oleh pembangkit listrik. Nampak pada ilustrasi di atas bahwa pada gambar pertama daya reaktif yang dibutuhkan oleh motor listrik *disupply* oleh sistem pembangkit (*utility*). Sedangkan pada gambar kedua, kebutuhan daya reaktif dicukupi oleh kapasitor, sehingga daya total yang ditanggung oleh jaringan listrik berkurang.

Satuan daya reaktif adalah *volt-ampere reactive* dan disingkat dengan *var*. Mengapa satuan daya reaktif adalah *var* dan bukannya *watt*, disinilah bahasan mendalam mengenai daya reaktif kita butuhkan. Daya reaktif, sebenarnya bukanlah sebuah daya yang sesungguhnya. Sesuai dengan definisi dari daya listrik yang telah kita singgung di atas, bahwa daya listrik merupakan bilangan yang menunjukkan adanya perpindahan energi listrik dari sumber energi listrik (pembangkit) ke komponen beban listrik. Daya reaktif tidak menunjukkan adanya perpindahan energi listrik, daya nyata-lah yang menjadi bilangan penunjuk adanya perpindahan energi listrik. Lalu, apa sebenarnya yang dimaksud dengan daya reaktif?

Daya reaktif adalah daya imajiner yang menunjukkan adanya pergeseran grafik sinusoidal arus dan tegangan listrik AC akibat adanya beban reaktif. Daya reaktif memiliki fungsi yang sama dengan faktor daya atau juga bilangan  $\cos \varphi$ . Daya reaktif ataupun faktor daya akan memiliki nilai ( $\neq 0$ ) jika terjadi pergeseran grafik sinusoidal tegangan ataupun arus listrik AC, yakni pada saat beban listrik

AC bersifat induktif ataupun kapasitif. Sedangkan jika beban listrik AC bersifat murni resistif, maka nilai dari daya reaktif akan nol ( $=0$ ).

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

P = daya aktif (W)

V = tegangan (V)

I = arus (I)

$\cos \varphi$  = faktor daya

Sekalipun daya reaktif hanya merupakan daya ‘khayalan’, pengendalian daya reaktif pada sistem jaringan distribusi listrik AC sangat penting untuk diperhatikan. Hal ini tidak lepas dari pengaruh beban reaktif terhadap kondisi jaringan listrik AC. Beban kapasitif yang bersifat menyimpan tegangan sementara, cenderung mengakibatkan nilai tegangan jaringan menjadi lebih tinggi daripada yang seharusnya. Sedangkan beban induktif yang bersifat menyerap arus listrik, cenderung membuat tegangan listrik jaringan turun. Berubah-ubahnya tegangan listrik jaringan tersebut sangat mengganggu proses distribusi energi listrik dari pembangkit ke konsumen. Perubahan tegangan jaringan berkaitan langsung dengan kerugian-kerugian distribusi listrik seperti kerugian panas dan emisi elektromagnetik yang terbentuk sepanjang jaringan distribusi. Semakin jauh nilai tegangan jaringan dari angka yang seharusnya, akan semakin besar kerugian distribusinya dan akan semakin mengganggu proses distribusi daya nyata listrik. Di sinilah peran kontrol daya reaktif jaringan listrik sangat perlu diperhatikan.

### 2.3 Arus

Arus listrik atau dalam bahasa Inggris sering disebut dengan *Electric Current* adalah muatan listrik yang mengalir melalui media konduktor dalam tiap satuan waktu. Muatan listrik pada dasarnya dibawa oleh Elektron dan Proton di dalam sebuah atom. Proton memiliki muatan positif, sedangkan Elektron memiliki muatan negatif. Namun, Proton sebagian besar hanya bergerak di dalam inti atom. Jadi, tugas untuk membawa muatan dari satu tempat ke tempat lainnya ini ditangani oleh Elektron. Hal ini dikarenakan elektron dalam bahan konduktor seperti logam sebagian besar bebas bergerak dari satu atom ke atom lainnya.

Atom dalam bahan konduktor memiliki banyak elektron bebas yang bergerak dari satu atom ke atom lainnya dengan arah yang acak (random atau tidak teratur) sehingga tidak mengalir ke satu arah tertentu. Namun ketika diberikan Tegangan pada konduktor tersebut, semua elektron bebas akan bergerak ke arah yang sama sehingga menciptakan aliran arus listrik. Arus listrik atau *Electric Current* biasanya dilambangkan dengan huruf "I" yang artinya "*intensity* (intensitas)". Sedangkan satuan Arus Listrik adalah Ampere yang biasa disingkat dengan huruf "A" atau "Amp". 1 Ampere arus listrik dapat didefinisikan sebagai jumlah elektron atau muatan (Q atau *Coulombs*) yang melewati titik tertentu dalam 1 detik.

Sedangkandalam Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya Arus Listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor adalah berbanding lurus dengan beda potensial atau Tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R).

## 2.4 Motor induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan dan dapat dijumpai dalam setiap aplikasi industri maupun rumah tangga. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan arus stator.

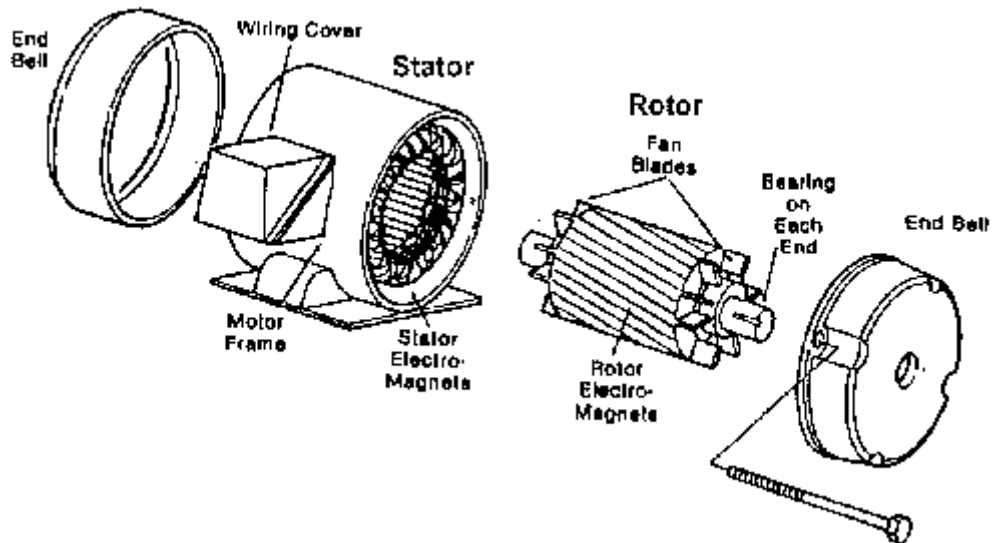
Motor ini memiliki konstruksi yang kuat, sederhana, handal, serta berbiaya murah. Di samping itu motor ini juga memiliki efisiensi yang tinggi saat berbeban penuh dan tidak membutuhkan perawatan yang banyak. Akan tetapi jika dibandingkan dengan motor DC, motor induksi masih memiliki kelemahan dalam hal pengaturan kecepatan. Dimana pada motor induksi pengaturan kecepatan sangat sukar untuk dilakukan, sementara pada motor DC hal yang sama tidak dijumpai.

## 2.5 Konstruksi Motor Induksi

Pada dasarnya motor induksi terdiri dari suatu bagaian yang tidak berputar (stator) dan bagian yang bergerak memutar (rotor) seperti pada gambar 2.5. Secara ringkas stator terdiri dari blok-blok dinamo yang berisolasi pada satu sisinya dan mempunyai ketebalan 0,35 – 0,5 mm, disusun menjadi sebuah paket blok yang berbentuk gelang. Disisi dalamnya dilengkapi dengan alur-alur. Didalam alur ini terdapat perbedaan antara motor asinkron dengan lilitan sarang (rotor sarang atau rotor hubung pendek) dan gelang seret dengan lilitan tiga fasa. Atau dari sisi lainnya bahwa inti besi stator dan rotor terbuat dari lapisan (email) baja silikon



tebalnya 0,35 - 0,5 mm, tersusun rapi, masing–masing terisolasi secara elektrik dan diikat pada ujung–ujungnya.



Gambar 2 .5 Kontruksi Motor Tiga Fasa

Lamel inti besi stator dan rotor bagian motor dengan garis tengah bagian motor, dengan garis tengah bagian luar dari stator lebih dari 1 m. Bagi motor dengan garis tengah yang lebih besar, lamel inti besi merupakan busur inti segmenyang disambung–sambung menjadi satu lingkaran. Celah udara antara stator dan rotor pada motor yang kecil adalah 0,25 – 0,75 mm, pada motor yang besar sampai 10 mm. Celah udara yang besar ini disediakan bagi kemungkinan terjadinya perenggangan pada sumbu sebagai akibat pembebanan transversal pada sumbu atau sambungannya. Tarikan pada pita (belt) atau beban yang tergantung tersebut akan menyebabkan sumbu motor melengkung.

Konstruksi motor induksi lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan tidak ada sikat arang. Sehingga pemeliharaan motor induksi hanyabagian mekanik saja, dan konstruksinya yang sederhana motor induksi sangat handal dan jarang sekali rusak secara elektrik.

Bagian motor induksi yang perlu dipelihara rutin adalah pelumasan bearing, dan pemeriksaan kekencangan baut-baut kabel pada terminalbox karena kendur atau bahkan lepas akibat pengaruh getaran secara terus menerus. Rumus menghitung daya input motor induksi :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

P = Daya input (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Cos  $\varphi$  = Faktor kerja

## 2.6 Putaran Motor Induksi

Motor induksi memiliki dua arah putaran motor, yaitu putaran searah jarum jam (kanan), dan putaran berlawanan jarum jam (kekiri) dilihat dari poros motor. Putaran motor induksi tergantung jumlah kutubnya, motor induksi berkutub dua memiliki putaran poros sekitar 2.950 Rpm, yang berkutub empat memiliki putaran poros mendekati 1450Rpm. Putaran arah jarum jam (kanan) didapat dengan cara menghubungkan L1-terminal U, L2-terminal V dan L3 – terminal W. Putaran arah berlawanan jarum jam (kiri) didapat dengan menukarkan salah satu dari kedua kabel phasa, misalkan L1-terminal U, L2-terminal W dan L3-terminal V. Dengan memasang dua buah kontaktor, sebuah motor induksi dapat dikontrol untuk putaran kanan, dan putaran kekiri.

## 2.7 Prinsip Kerja Motor Induksi

Pada dasarnya ada beberapa prinsip penting pada motor-motor induksi yaitu :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa di pasang pada kumparan stator timbulah medan putar dengan kecepatan.
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul (ggl)

$$\text{sebesar : } E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot m \dots \dots \dots (2.13)$$

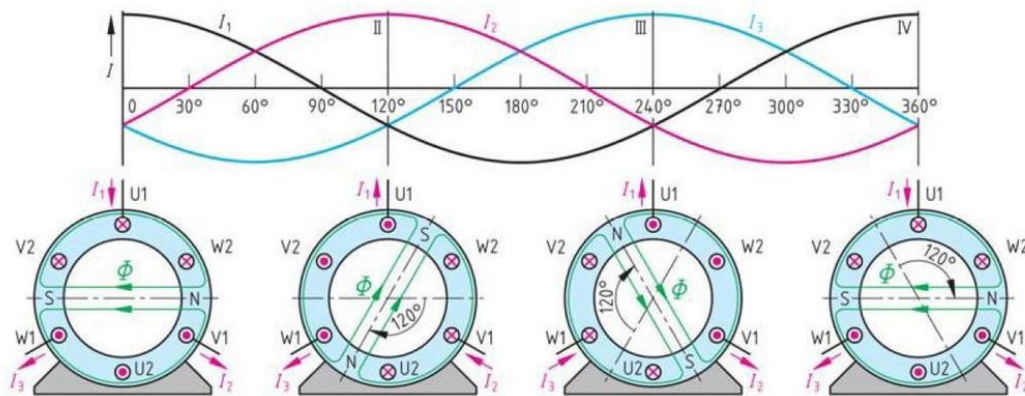
4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus didalam medan magnet menimbulkan gaya pada motor.
6. Bila kopel mula dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan berputar rotor ( $n_r$ ).
8. Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut slip (s) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.14)$$

9. Bila  $n_r = n_s$ , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila  $n_r$  lebih kecil dari  $n_s$ .

10. Dilihat dari cara kerjanya maka motor tak serempak disebut juga motor induksi atau motor asinkron.

Prinsip kerja motor induksi ini juga dapat dijelaskan dengan gelombang sinusoidal seperti pada gambar 2.6, terbentuknya medan putar pada stator motor induksi. Tampak stator dengan dua kutub, dapat diterangkan dengan empat kondisi.



Gambar 2.6 Gelombang dan timbulnya medan putar pada Stator motor induksi

1. Saat sudut  $0^\circ$ . Arus  $I_1$  bernilai positif sedangkan arus  $I_2$  dan arus  $I_3$  bernilai negatif dalam hal ini belitan  $V_2$ ,  $U_1$  dan  $W_2$  bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan  $V_1$ ,  $U_2$  dan  $W_1$  bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). terbentuk fluk magnet pada garis horizontal sudut  $0^\circ$ . Kutub S (south=selatan) dan kutub N (north=utara).
2. Saat sudut  $120^\circ$ . Arus  $I_2$  bernilai positif sedangkan arus  $I_1$  dan arus  $I_3$  bernilai negatif, dalam hal ini belitan  $W_2$ ,  $V_1$  dan  $U_2$  bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat  $W_1$ ,  $V_2$  dan  $U_1$  bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser  $120^\circ$  dari posisi awal.

3. Saat sudut  $240^\circ$ . Arus  $I_3$  bernilai positif dan  $I_1$  dan  $I_2$  bernilai negatif, belitan  $U_2$ ,  $W_1$ , dan  $V_2$  bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat  $U_1$ ,  $W_2$  dan  $V_1$  bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser  $120^\circ$  dari posisi kedua.
4. Saat sudut  $360^\circ$ . Posisi ini sama dengan saat sudut  $0^\circ$ . Dimana kutub S dan N kembali keposisi awal sekali. Dari keempat kondisi diatas saat sudut  $0^\circ$  ;  $120^\circ$  ;  $240^\circ$  ;  $360^\circ$ , dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor.

## 2.8 Jenis-jenis Motor Induksi

Ada dua jenis motor induksi motor induksi tiga fasa berdasarkan rotornya yaitu:

1. Motor induksi tiga fasa sangkar tupai (*squirrel-cage motor*).
2. Motor induksi tiga fasa rotor belitan (*wound-rotor motor*).

Kedua motor ini bekerja pada prinsip yang sama dan mempunyai konstruksi stator yang sama tetapi berbeda dalam konstruksi rotor.

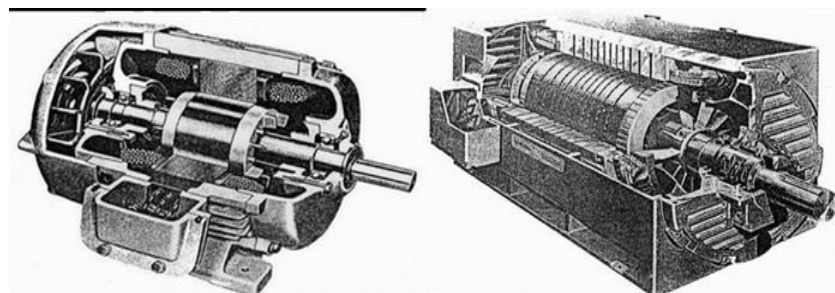
### 2.8.1. Motor Induksi Tiga Fasa Sangkar Tupai (*Squirrelcage Motor*)

Penampang motor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Inti stator pada motor sangkar tupai tiga fasa terbuat dari lapisan-lapisan plat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau plat baja yang dipabrikasi. Lilitan-lilitan kumparan stator diletakkan dalam alur stator yang terpisah  $120$  derajat listrik. Lilitan fasa ini dapat tersambung dalam hubungan delta ( $\Delta$ ) ataupun bintang (Y). Rotor jenis rotor sangkar ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Rotor Sangkar

Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar tupai yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng 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 dimiringkan. Hal ini akan menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengung magnetik sewaktu motor sedang berputar. Pada ujung cincin penutup dilekatkan sirip yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis rotor sangkar standar tidak terisolasi, karena batangan membawa arus yang besar pada tegangan rendah. Motor induksi dengan rotor sangkar ditunjukkan pada gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.8 Konstruksi motor induksi rotor sangkar

### 2.8.2. Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan (Wound-Rotor Motor)

Motor rotor belitan (motor cincin slip) berbeda dengan motor sangkartupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dan masing–masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Konstruksi motor tiga fasa rotor belitan ditunjukkan pada gambar 2.9 di bawah ini



Gambar 2.9 Rotor belitan

### 2.9 Torsi

Torsi adalah kekuatan yang menghasilkan rotasi. Hal ini menyebabkan objek untuk berputar. Torsi terdiri dari gaya yang bekerja pada jarak. Torsi, seperti bekerja, diukur adalah pound-feet (lb-ft). Untuk menghitung torsi, kita dapat menerapkan rumus :

$$T = F \times D \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

T = torsi (lb-ft)

F = gaya (lb)

D = jarak (kaki)

Apabila satuan T diubah menjadi satuan lb ft maka :

$$1 \text{ lb} = 4,447 \text{ N}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ lb ft} = 1,356 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ Nm} = 0,737 \text{ lb ft}$$

Dan untuk menghitung torsi motor pada saat beban penuh, kita dapat menerapkan rumus:

$$T = \frac{HP \times 5252}{n} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$T = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{V \cdot I}{W}$$

$$\text{Jikanilai } \omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60$$

Dimana :

T = Torsi

HP = Daya kuda

n = Kecepatan Motor Induksi

Pout = Daya keluaran (output) motor induksi

$\omega$  = Kecepatan sudut putar

## 2.10 Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa

Perhitungan efisiensi motor induksi melibatkan rugi-rugi yang terjadi pada stator dan rotor. Rugi-rugi stator terdiri atas rugi-rugi hysteresis, rugi-rugi eddy current, rugi-rugi inti dan rugi-rugi tembaga pada kumparan stator.

Efisiensi motor adalah perbandingan antara daya keluaran motor induksi dengan daya masukan motor induksi, yaitu dilihat pada persamaan (2.16) sebagai berikut:



$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

$P_{out}$  = daya pout motor induksi

$P_{in}$  = daya input motor induksi

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

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

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \dots \dots \dots (2.18)$$

$$P_{out} = \frac{T \cdot n}{9.55}$$

Dimana :

$V$  = Tegangan

$I$  = Arus

$\cos\phi$  = Faktor Daya.

$P_{out}$  = Daya keluaran motor induksi

$Prugi-rugi$  = Rugi-rugi daya pada motor induksi

$T$  = Torsi Motor

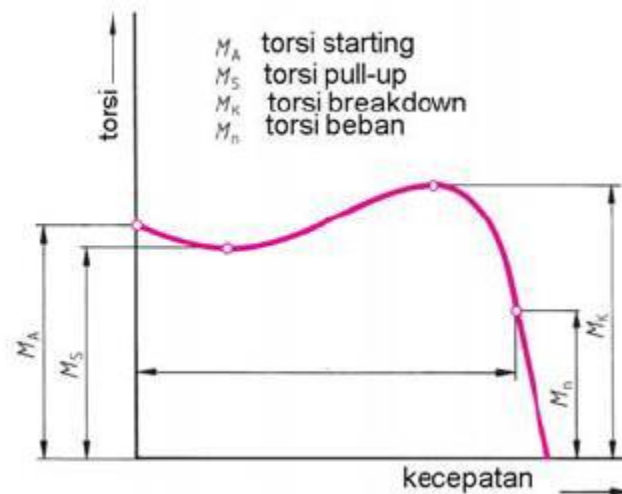
$n$  = Kecepatan Motor induksi

## 2.11 Karakteristik Motor Induksi

Karakteristik torsi motor induksi gambar 2.10, disebut torsi fungsi dari slip  $T=f(\text{slip})$ . Garis vertikal merupakan parameter torsi (0 - 100%) dan garis horizontal parameter slip (1,0– 0,0). Dikenal ada empat jenis torsi, yaitu:

1. MA, momen torsi awal
2. MS, momen torsi pull-up

3. MK, momen torsi maksimum
4. MB, momen torsi kerja.



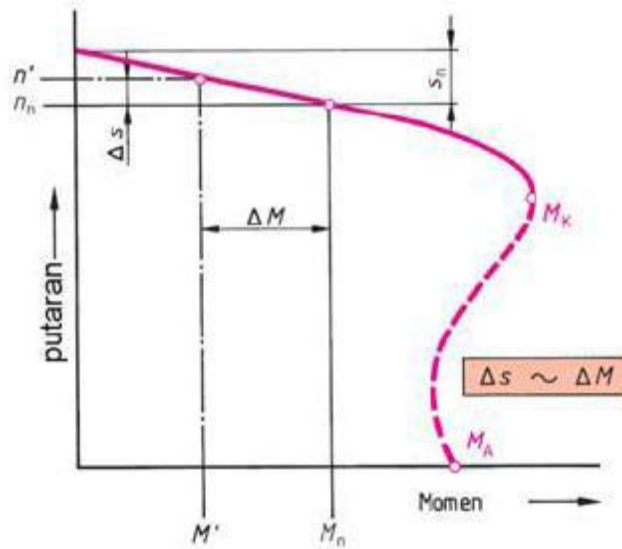
Gambar 2.10 Karakteristik Torsi Motor Induksi

Torsi awal terjadi saat motor pertama dijalankan (slip 1,0), torsi pull-up terjadi saat slip 0,7, torsi maksimum terjadi slip 0,2 dan torsi kerja berada ketikaslip 0,05. Torsi beban harus lebih kecil dari torsi motor. Bila torsi beban lebih besar dari torsi motor, akibatnya motor dalam kondisi kelebihan beban dan berakibat belitan stator terbakar. Untuk mengatasi kondisi beban lebih dalam rangkaian kontrol dilengkapi dengan pengaman beban lebih disebut thermal overload, yang dipasang dengan kontaktor.

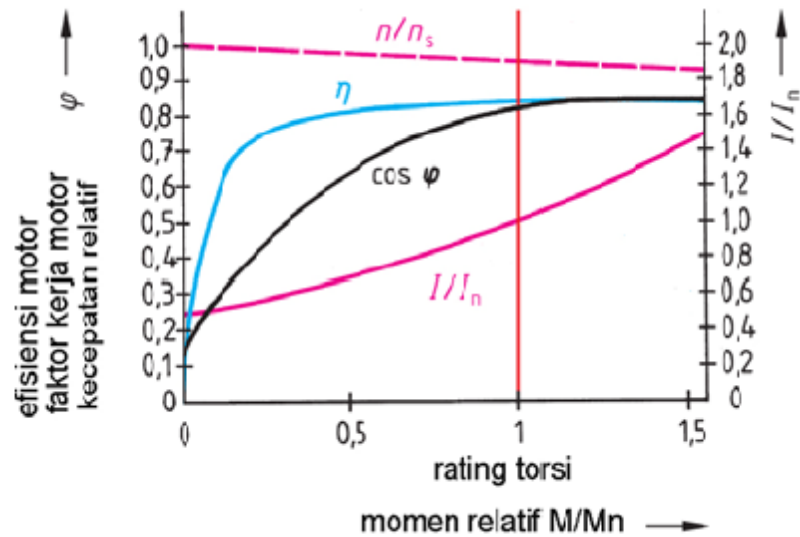
Karakteristik torsi juga bisa disajikan dalam bentuk lain, kita kenal karakteristik putaran = fungsi torsi,  $n = f(\text{torsi})$  lihat gambar.2.11. Garis vertikal menunjukkan parameter putaran, garis horizontal menunjukkan parameter torsi. Ketika motor berputar pada garis  $n'$  didapatkan torsi di titik  $M'$ .

Ketika putaran berada di  $N_n$  didapatkan torsi motor di  $M_n$ . Daerah kerja putaran motor induksi berada pada area  $n'$  dan  $n_n$  sehingga torsi kerja

motor induksi juga berada pada area  $M'$  dan  $M_n$ . Berdasarkan grafik  $n = f(T)$  (torsi) dapat juga disimpulkan ketika putaran rotor turun dari  $n'$  ke  $n_n$  pada torsi justru terjadi peningkatan dari  $M'$  ke  $M_n$ .



Gambar 2.11 Karakteristik Putaran Fungsi Torsi Beban



Gambar 2.12 Karakteristik Parameter Efisiensi, Putaran, Faktor Kerja dan Arus Beban

Karakteristik motor induksi lainnya lihat gambar 2.12. mencakup parameter efisiensi, faktor kerja, ratio arus dan ratio putaran. Dengan membaca karakteristik motor induksi dapat diketahui setiap parameter yang dibutuhkan. Saat torsi mencapai 100% dapat dibaca ratio arus  $I/I_0 = 1$  ; faktor kerja  $\cos \varphi$ : 0,8, efisiensi motor 0,85 dan ratio putaran  $n/n_s$  : 0,92.

## 2.12 Rheostat

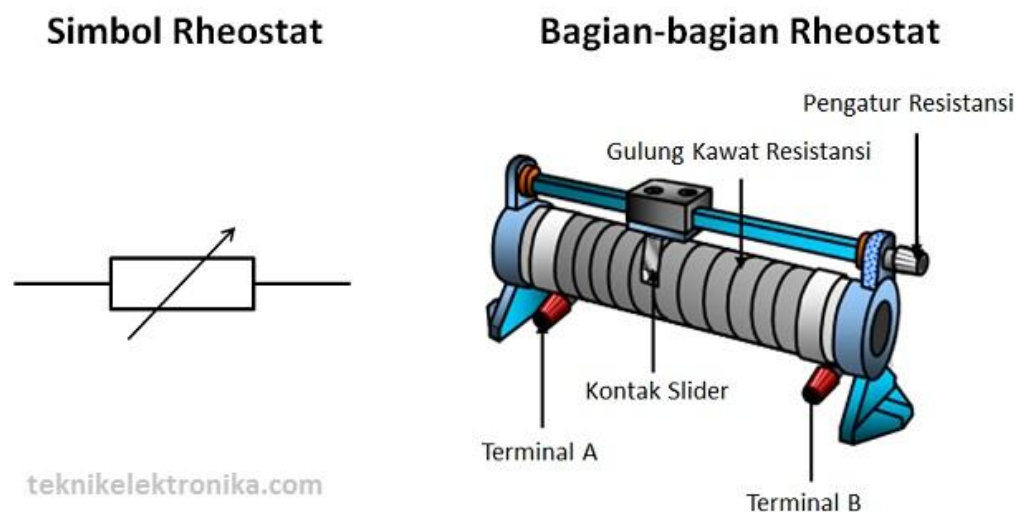
Rheostat adalah jenis resistor yang nilai resistansi dapat diatur (*Variable Resistor*) dan biasanya digunakan untuk mengendalikan arus listrik (*current*) terutama pada rangkaian atau perangkat yang berarus listrik tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa Rheostat adalah Variable Resistor yang berfungsi untuk mengatur aliran arus listrik (*current*) pada suatu rangkaian elektronik ataupun listrik. Istilah “Rheostat” berasal dari bahasa Yunani yaitu “*Rheos*” dan “*Statis*” yang artinya adalah perangkat yang mengendalikan arus listrik (*current*). Istilah tersebut pertama kali dikemukakan oleh seorang ilmuwan Inggris yang bernama Sir Charles Wheatstone.

Dalam Struktur Rheostat, satu kaki terminalnya dihubungkan di bagian ujung jalur (*track*) dan satu terminalnya lagi dihubungkan pada Wiper (*penyapu*) atau Slider (*penggeser*) Rheostat yang dapat bergerak. Pada saat wiper atau slider bergerak dari satu ujung ke ujung lainnya, nilai resistansi juga akan berubah dari minimum (0) ke maksimum.

Rheostat pada umumnya memiliki dua kaki terminal namun ada juga berkaki terminal tiga. Meskipun ada Rheostat yang berterminal tiga, pada penggunaannya dalam mengendalikan arus listrik (*current*), kita hanya

menggunakan dua kaki rheostat dan satu kakinya lagi yang tak terpakai harus dihubungkan dengan kaki terminal Wiper atau slider-nya. Oleh karena itu, sebuah Potensiometer yang umumnya berkaki terminal tiga juga dapat dimodifikasi menjadi sebuah Rheostat. Hampir semua mekanisme pada Potensiometer digunakan dalam pemodifikasian menjadi rheostat. Satu-satunya langkah untuk memodifikasikan potensiometer menjadi rheostat adalah dengan menggabungkan salah satu terminal potensiometer dengan terminal Wiper atau slider-nya. Konstruksi tersebut akan dapat membantu mengurangi variasi nilai pada resistansinya dan memperkuat peletakannya pada PCB (tidak mudah goyang).

Rheostat yang digunakan untuk mengaliri arus listrik besar ini pada umumnya terbuat dari kawat yang memiliki nilai resistansi tertentu yang digulungkan pada sebuah silinder tahan panas. Slider atau Wiper Rheostat berbentuk jari logam (metal finger) yang dapat bergerak melintasi jalur (track) resistansi yang terbuat dari gulungan kawat beresistansi pada rheostat.



Gambar 2.13 Simbol dan Bagian Rheostat

Dalam aplikasinya, Rheostat biasanya digunakan untuk mengendalikan perangkat yang berdaya tinggi seperti pengatur intensitas lampu, pengatur motor berkecepatan tinggi, pengatur suhu pada pemanas (heater) dan oven.

### **2.12.1. Jenis-jenis Rheostat**

Rheostat dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu Rheostat Rotary, Rheostat Slide dan Rheostat Trimmer. Berikut ini adalah pembahasan singkat ketiga jenis rheostat yang dimaksud.

#### **1. Rheostat Rotary**

Rheostat Rotary adalah Rheostat yang paling sering digunakan untuk mengatur daya listrik. Sebagian besar Rheostat jenis Rotari ini menggunakan konstruksi terbuka namun ada juga Rheostat Rotari dengan konstruksi tertutup. Rheostat dipasang secara paralel untuk mengatur tingkat dan rentang daya listrik. Nilai resistansinya diatur dengan cara memutar wiper-nya searah jarum jam ataupun sebaliknya.

#### **2. Rheostat Slide**

Rheostat Slide atau Rheostat Linear banyak digunakan pada laboratorium penelitian dan edukasi. Rheostat slide terbuat dari kawat beresisten yang digulungkan pada sebuah silinder yang di isolasi. Rheostat Slide menggunakan Slider atau Penggeser untuk mengatur nilai resistansinya.

### 3. Rheostat Trimmer

Rheostat Trimmer adalah Rheostat yang berbentuk kecil dan biasanya dipasangkan pada PCB dan harus menggunakan obeng atau alat khusus untuk mengatur nilai resistansinya.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Tenaga Listrik Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pada tanggal 11 januari 2020 dari jam 13.00 WIB. Alamat jalan. Kapten Mukhtar Basri No 3 Medan. Kode Pos : 20238.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

1. Motor induksi tiga fasa

Spesifikasi :

- a) Type SH 80-4B
- b) Daya : 0.75 KW
- c) Arus : 3.50/2.0 A
- d) Tegangan : 220 /380 V
- e) 50/60 Hz
- f) Rotasi permenit : 1390/1670 RPM

2. Modul rangkaian DOL

3. Tang amperemeter

4. Voltmeter

5. *Rheostat*(Tahanan Geser)

6. Sumber daya DC

7. Kabel penghubung



8. *Tachometer*

9. Laptop ASUS

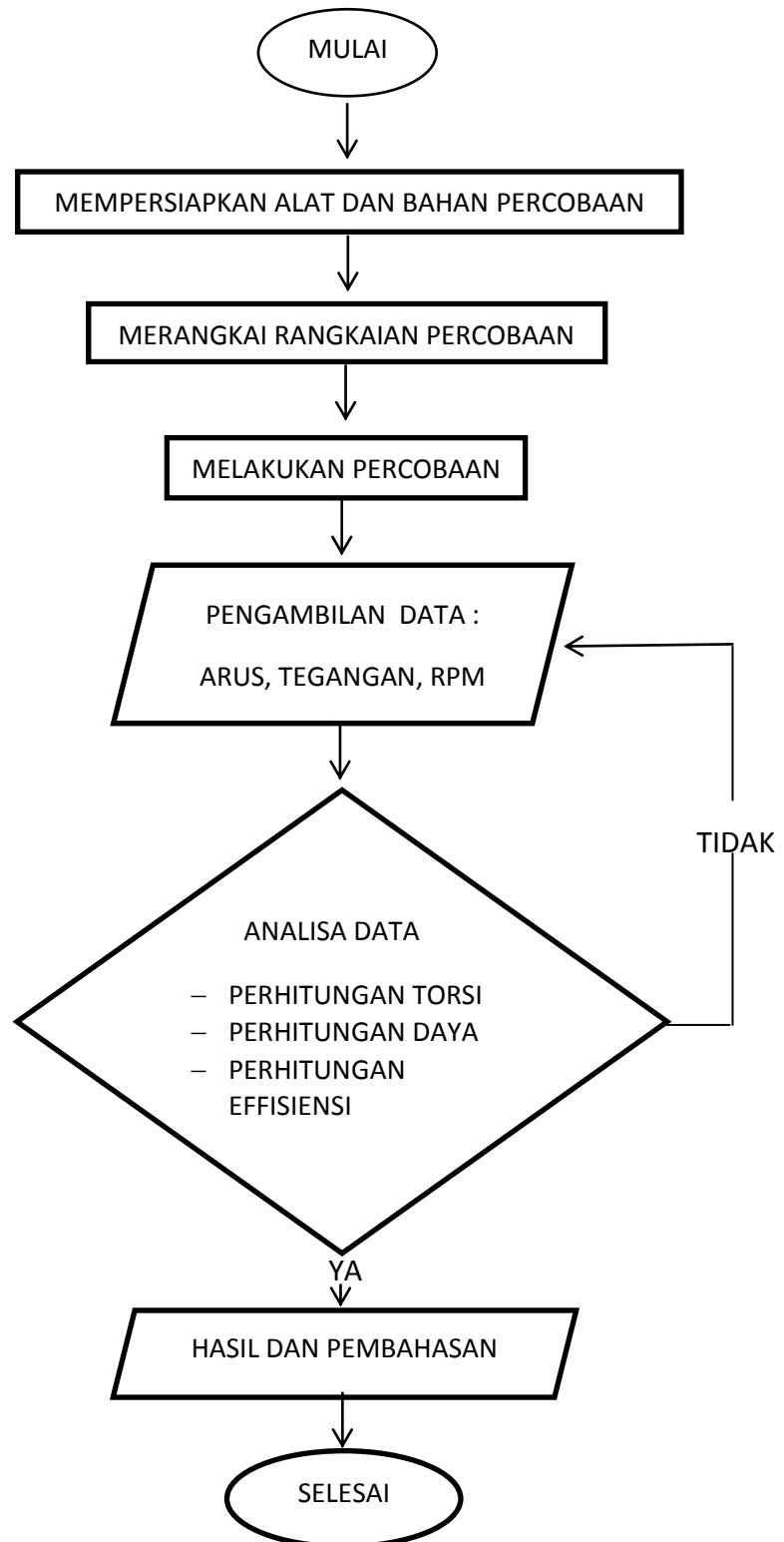
### **3.3 Metode Penelitian**

Adapun langkah yang dilakukan untuk pengumpulan data penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini :

1. Rangkailah seperti pada lampiran 1.
2. Masukkan sumber daya DC pada rangkaian.
3. Tekan tombol push botton ON pada rangkaian percobaan untuk menjalankan motor induksi tiga fasa.
4. Berikan tahanan nominal yang diujikan untuk mempengaruhi daya tidak seimbang pada motor.
5. Lalu catat data yang keluar pada rangkaian.
6. Setelah mencatat data suda selesai tekan tombol push botton OFF pada rangkaian.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Adapun diagram alur dari proses pengambilan data dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### **3.5 Melakukan analisa data**

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran lalu dianalisa untuk melihat perbedaan tegangan, arus dan daya pada motor induksi tiga fasa.

## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Percobaan

Dari hasil penelitian di Laboratorium Konversi Energi diperoleh data perbedaan arus menggunakan alat rheostat untuk mengubah arus dan tegangan motor induksi 3 fasa dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4 1 Data Hasil Percobaan

| No | Tahanan ( $\Omega$ ) | Tegangan (V) |     |       | Arus (A) |      |      | Rpm  |
|----|----------------------|--------------|-----|-------|----------|------|------|------|
|    |                      | R            | S   | T     | R        | S    | T    |      |
| 1  | 0                    | 403          | 403 | 406   | 1.29     | 1.27 | 1.33 | 1501 |
| 2  | 50                   | 403          | 403 | 400   | 1.66     | 1.28 | 0.93 | 1500 |
| 3  | 100                  | 403          | 403 | 397.5 | 1.72     | 1.30 | 0.64 | 1500 |
| 4  | 150                  | 403          | 403 | 386.6 | 1.75     | 1.38 | 0.48 | 1499 |
| 5  | 200                  | 403          | 403 | 376.5 | 1.75     | 1.47 | 0.34 | 1499 |
| 6  | 250                  | 403          | 403 | 372.7 | 1.76     | 1.53 | 0.30 | 1498 |

#### 4.2 Analisa Data

Melakukan analisa data untuk mengetahui perbedaan torsi, daya dan efisiensi pada motor induksi tiga fasa yang di sebabkan arus tidak seimbang.

##### 4.2.1 Analisa perubahan arus terhadap torsi motor induksi 3 fasa

Dari Tabel 4. 1 dapat ditentukan besar Torsi (N.m) dengan arus tidak seimbang yang mempengaruhi RPM sebagai berikut :

$$T = \frac{5252 \times HP}{Rpm}$$

$$1. \quad T_1 = \frac{5252 \times 1}{1501} = 3,499 \text{ N.m}$$

$$2. \quad T_2 = \frac{5252 \times 1}{1500} = 3,501 \text{ N.m}$$

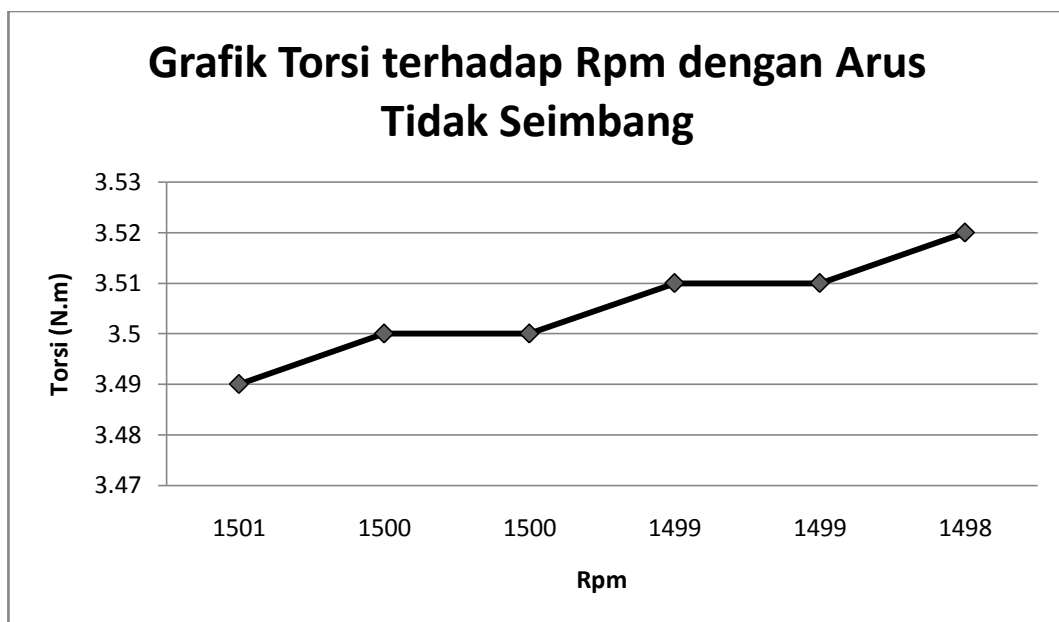
$$3. \quad T_3 = \frac{5252 \times 1}{1500} = 3,501 \text{ N.m}$$

$$4. \quad T_4 = \frac{5252 \times 1}{1499} = 3,503 \text{ N.m}$$

$$5. \quad T_5 = \frac{5252 \times 1}{1499} = 3,503 \text{ N.m}$$

$$6. \quad T_6 = \frac{5252 \times 1}{1498} = 3,506 \text{ N.m}$$

Berikut ini adalah grafik perbandingan arus tidak seimbang terhadap torsi pada motor induksi tiga fasa maka dapat digambarkan kurva torsi – kecepatan terhadap penambahan tahanan seperti berikut ini..



Gambar 4 1 Torsi Terhadap Rpm

Dari gambar 4.1 hasil dari grafik dapat dilihat semakin lemah putaran motor yang berputar maka torsi semakin meningkat, dikarenakan semakin besar pula tahanan yang di berikan pada rangkaian dapat menyebabkan arus menurun yang dapat menyebabkan torsi meningkat.

#### 4.2.2 Analisa Perubahan Arus Terhadap Torsi Motor Induksi 3 Fasa

Dari Tabel 4. 1 dapat ditentukan daya dengan arus tidak seimbang sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$1. P1 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 406 \times 1.33 \times 0.8$$

$$= 747.3 \text{ watt}$$

$$2. P2 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 0.93 \times 0.8$$

$$= 514.8 \text{ watt}$$

$$3. P3 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 397.5 \times 0.64 \times 0.8$$

$$= 352 \text{ watt}$$

$$4. P4 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 386.6 \times 0.43 \times 0.8$$

$$= 230 \text{ watt}$$

$$5. P5 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 376.5 \times 0.34 \times 0.8$$

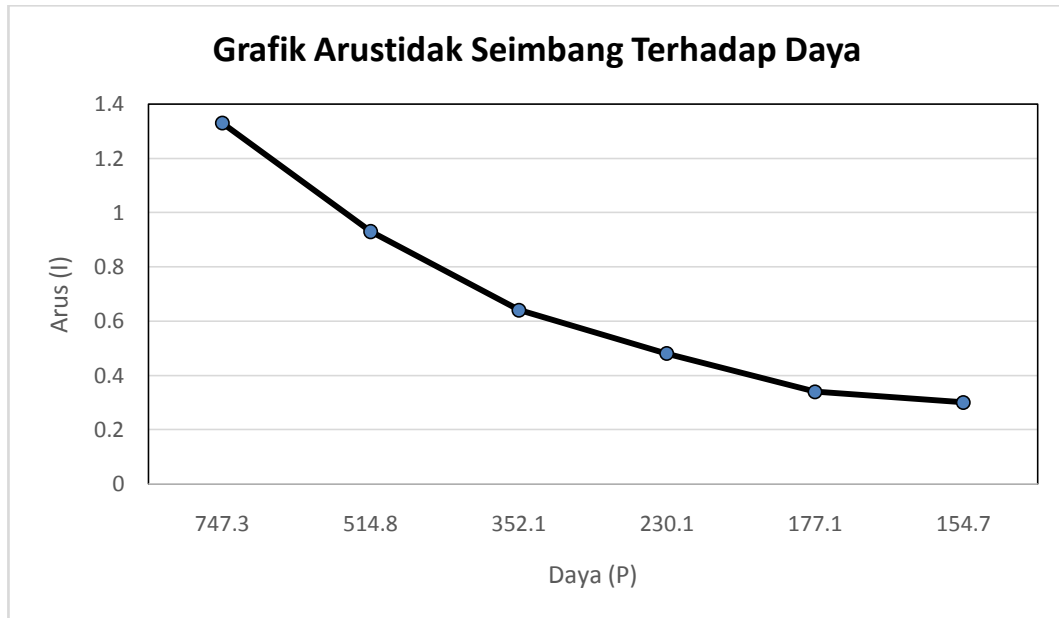
$$= 177.1 \text{ watt}$$

$$6. P6 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 372.7 \times 0.30 \times 0.8$$

$$= 154.7 \text{ watt}$$

Dari hasil perhitungan daya dapat dihasilkan grafik daya terhadap arus tidak seimbang dengan menggunakan tahanan geser untuk merubah tegangan sebagai berikut.



Gambar 4 2 Daya Terhadap Tegangan

Dari gambar 4.2 hasil dari grafik dapat dilihat semakin lemah arus yang di keluarkan maka daya (Pout) semakin kecil pula, dikarenakan semakin besar pula tahanan yang di berikan pada rangkaian yang dapat menyebabkan arus menurun.

#### 4.2.3 Analisa perubahan arus terhadap efisiensi daya motor induksi 3 fasa.

Dari hasil perhitungan daya diatas, maka dapat ditentukan efisiensi motor induksi tiga fasa sebagai berikut :

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

$$1. \quad \eta_1 = \frac{747.3}{750} \times 100 \%$$

$$= 99.64 \%$$

$$2. \quad \eta_2 = \frac{514.8}{750} \times 100 \%$$

$$= 68.6 \%$$

$$3. \quad \eta_3 = \frac{352.1}{750} \times 100 \%$$

$$= 46.9 \%$$

$$4. \quad \eta_4 = \frac{230.1}{750} \times 100 \%$$

$$= 30.6\%$$

$$5. \quad \eta_5 = \frac{177.1}{750} \times 100 \%$$

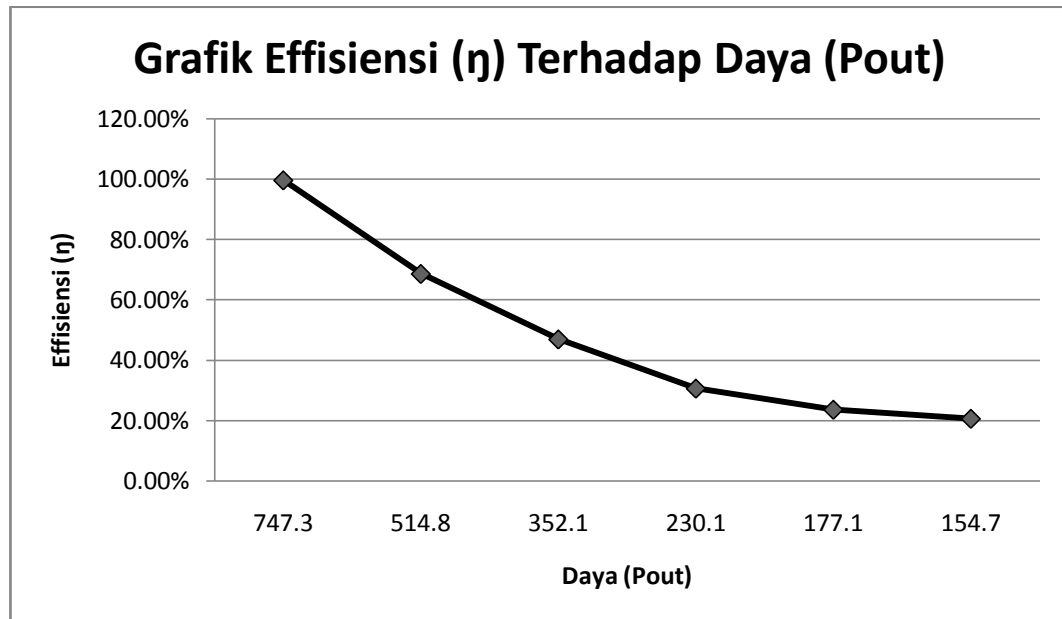
$$= 23.6 \%$$

$$6. \quad \eta_6 = \frac{154.7}{750} \times 100 \%$$

$$= 20.6 \%$$



Dari hasil perhitungan efisiensi yang sudah dilakukan dapat dihasilkan grafik efisiensi terhadap daya (Pout) sebagai berikut.



Gambar 4 3 Efisiensi Terhadap Daya

Dari gambar 4.3 dapat disimpulkan jika arus semakin mengecil maka efisiensi semakin turun dikarenakan arus terhadap rangkaian diberi tahanan nominal yang dapat mengubah arus dan tegangan.

Dari analisis di atas diperoleh data analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Data Hasil Analisa

| No | Tahanan ( $\Omega$ ) | Tegangan (V) | Arus (A) | Rpm  | Torsi (N.m) | Pout (watt) | Effisiensi ( $\eta$ ) |
|----|----------------------|--------------|----------|------|-------------|-------------|-----------------------|
| 1  | 0                    | 406          | 1.33     | 1501 | 3.499       | 747.3       | 99.6 %                |
| 2  | 50                   | 400          | 0.93     | 1500 | 3.501       | 514.8       | 68.6 %                |
| 3  | 100                  | 397.5        | 0.48     | 1500 | 3.501       | 352.1       | 46.9 %                |
| 4  | 150                  | 386.6        | 0.64     | 1499 | 3.503       | 230.1       | 30.6 %                |
| 5  | 200                  | 376.5        | 0.34     | 1499 | 3.503       | 177.1       | 23.6 %                |
| 6  | 250                  | 372.7        | 0.30     | 1498 | 3.506       | 154.7       | 20.6 %                |

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Arus tidak seimbang dapat mempengaruhi putaran pada motor dan dapat menyebabkan perubahan torsi pada motor induksi. Semakin kecil arus yang dihasilkan pada rangkaian, maka putaran akan menurun dan menyebabkan torsi pada motor meningkat.
2. Penurunan pada daya motor induksi terjadi karena adanya ketidakseimbangan arus sehingga mengakibatkan rotasi permenit.
3. Efisiensi pada motor menurun disebabkan daya (Pout) pada motor tidak sebanding dengan daya (Pin), disebabkan arus yang tidak seimbang.

#### **5.2 Saran**

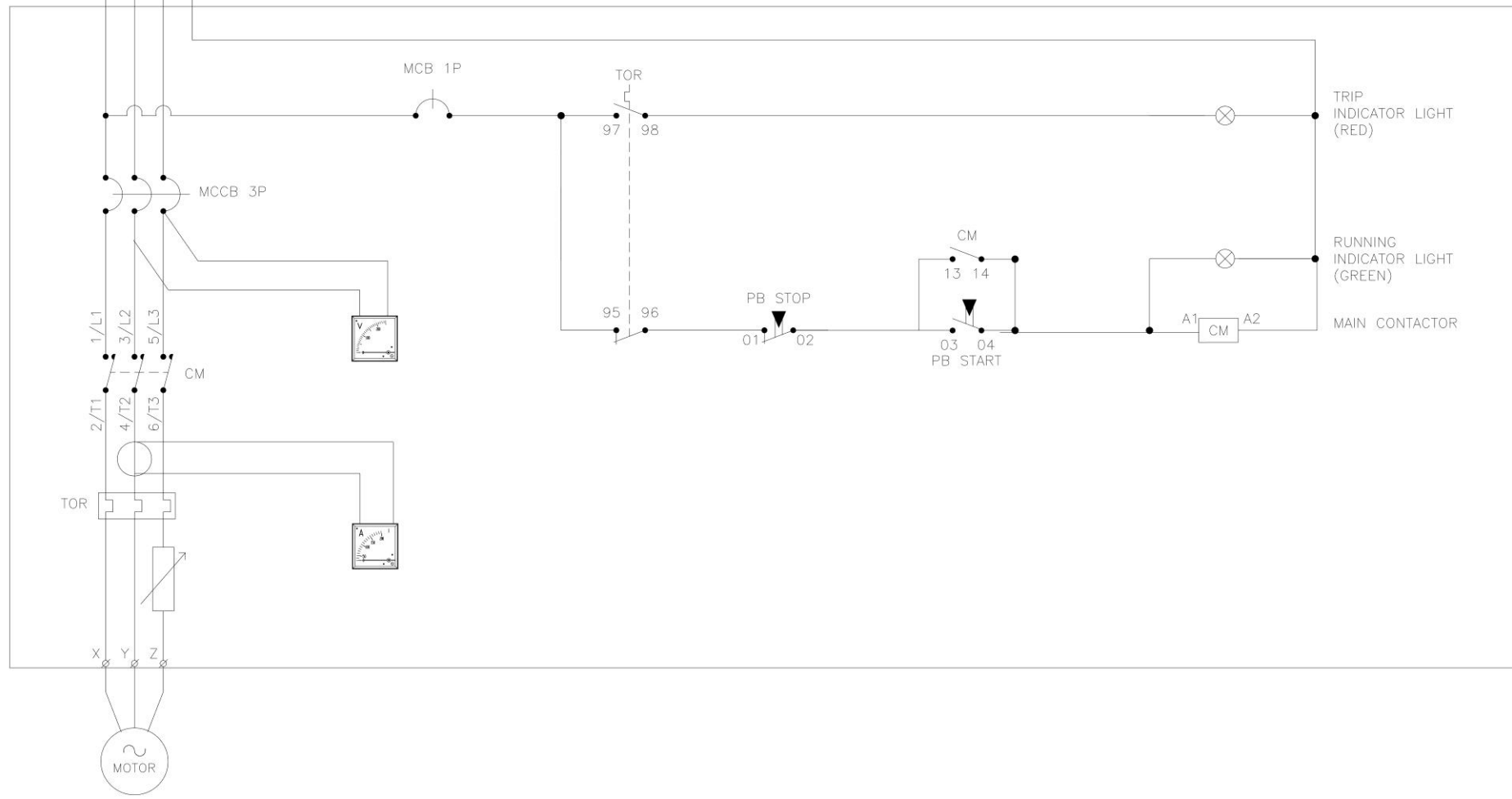
1. Penelitian ini dapat dilanjutkan pada gangguan dan harmonisa tegangan yang terjadi pada sistem tegangan dan arus.
2. Penelitian ini dapat di lanjutkan dengan metode *software* seperti MATLAB dan lain-lain.

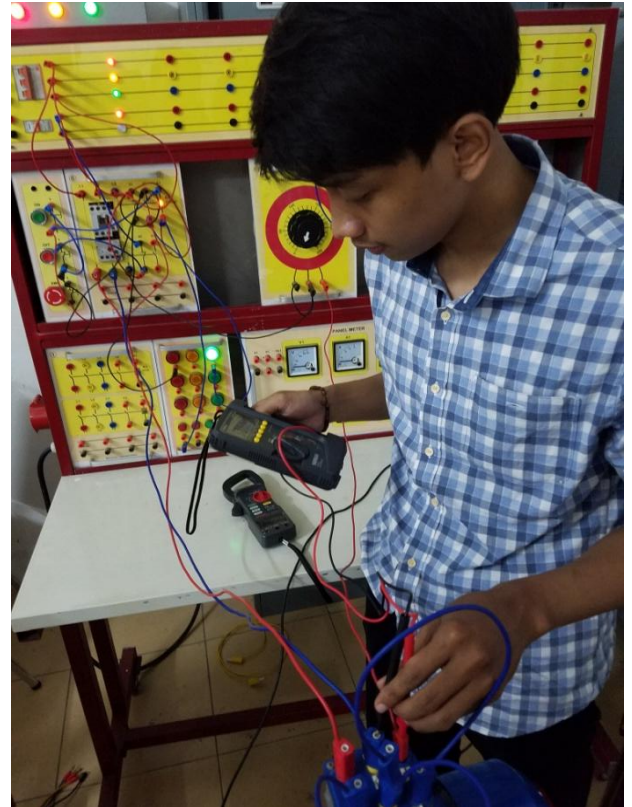
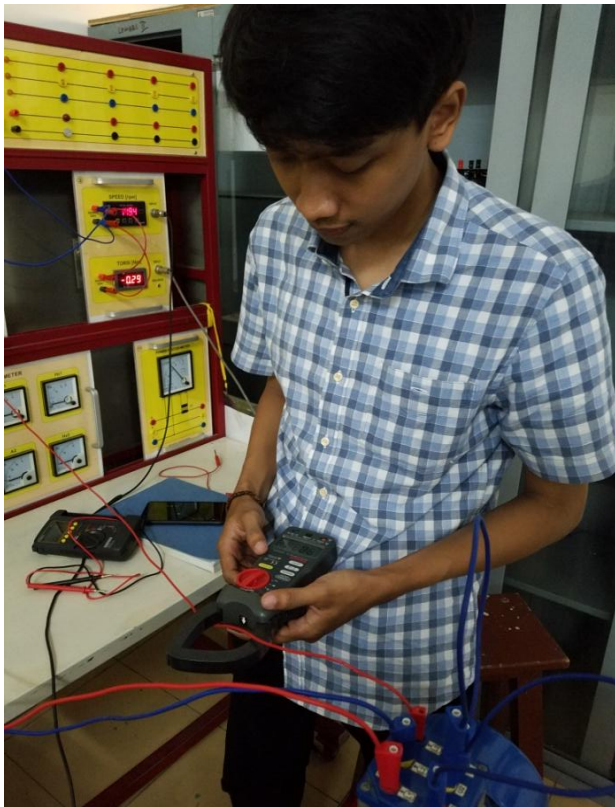
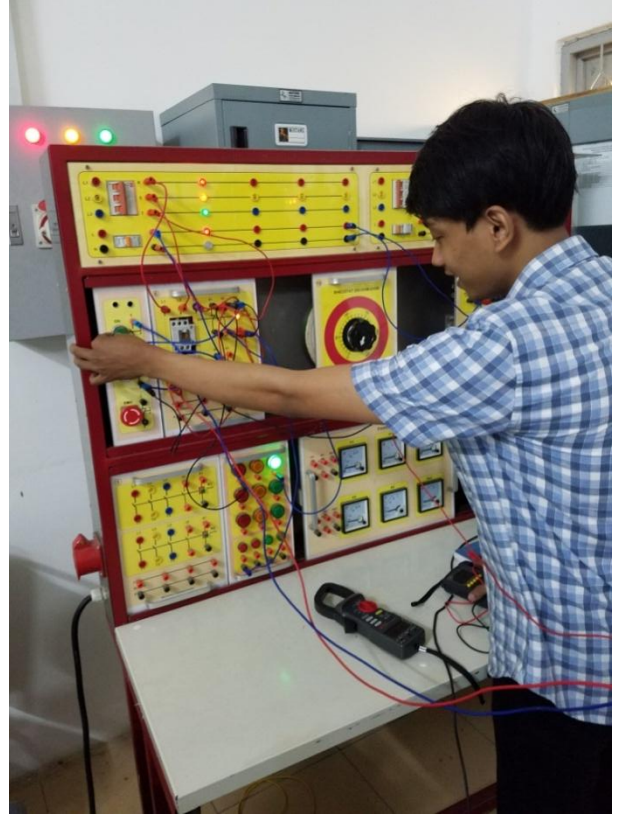
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. W. Kusuma, “ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN FASA TERHADAP KEMAMPUAN KERJA ( DERATING ) MOTOR INDUKSI,” 2012.
- [2] A. Suryadi, T. Elektro, P. E. Indorama, K. Kuning, and K. Purwakarta, “Studi harmonisa arus dan tegangan listrik pada kampus politeknik enjiner ing indorama,” vol. 20, no. 3, pp. 213–222, 2016.
- [3] S. Pengajar, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. T. Pontianak, “Identifikasi Dampak Gangguan Harmonisa dan Ketidak Seimbangan,” vol. 6, no. 2, pp. 14–21, 2014.
- [4] I. Ramang, A. R. Utomo, J. Teknik, E. Fakultas, and T. Universitas, “Simulasi Pengaruh Tegangan Suplai Tak Seimbang Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Definisi Nema , Ieee Dan Iec.”
- [5] M. Metode and T. Direct, “Analisis Pengaruh Tegangan Tidak Seimbang pada Kinerja Motor Induksi Menggunakan Metode Transformasi,” vol. 1, no. 1, pp. 15–28, 2019.
- [6] S. Epsilon, “ANALISIS PENGARUH BEBAN TAK SEIMBANG TERHADAP HARMONISA PADA VARIABLE SPEED DRIVE FASA TIGA Edy Sumarno , Syaiful Bakhri,” vol. 18, no. 3.

R  
S  
T  
N

380/220V 50HZ  
SUPPLY FROM  
COMMON BUSBAR





Lampiran 1 Riset diLab konversi energi

## Daftar Riwayat Hidup



**Ardianto Hakim**, dilahirkan di Desa Punden Rejo Dusun III, Kecamatan Tanjung Morawa, Kabupaten Deli Serdang, 9 April 1996. Penulis adalah putra ke empat dari empat bersaudara dari keluarga bapak Sudi Upoyo dan Ibu Asni. Beralamatkan Desa Punden Rejo Dusun III, Kecamatan Tanjung Morawa, Kabupaten Deli Serdang, jenjang pendidikan penulis dimulai dari Madrasah Ibtidaiyah Nadatul Ulama desa Tanjung Mulia, kecamatan Tanjung Morawa sampai lulus tahun 2008, kemudian melanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah Negeri Kecamatan Lubuk Pakam lulus pada tahun 2011, kemudian penulis menyelesaikan pendidikan SMK Negeri 1 di Kecamatan Lubuk Pakam pada tahun 2014. Setelah menyelesaikan pendidikan SMK melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, mengambil Fakultas Teknik Jurusan Elektro dan dinyatakan lulus pada tahun 2020.

Akhir kata penulis mengucapkan puji dan syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas selesainya tugas akhir ini yang berjudul “ **ANALISA PENGARUH ARUS TIDAK SEIMBANG TERHADAP KERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASA**”

Wassallamuallaikum wr' wb.

**Nama : Ardianto Hakim**

**Email : [ardiantohakim96@gmail.com](mailto:ardiantohakim96@gmail.com)**

**Judul : Analisa Pengaruh Arus Tidak Seimbang Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa**