

## Operasi Motor Induksi Tiga Fasa Pada Sistem Satu Fasa

Petrus Setyo Prabowo\*, Second Adrian Christianto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma,  
Kampus III Universitas Sanata Dharma, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Yogyakarta 55282,  
Telp. (0274) 513301, 515352, Fax. (0274) 562383

\*Penulis korespondensi, e-mail: petrus\_set@usd.ac.id

### Abstract

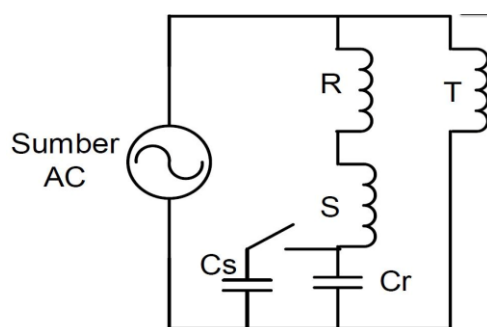
*At this time the 3-phase induction motors are needed in many areas including small industries and in areas having only 1-phase electrical system. The area requires a motor with a large driving force that can be operated with both normal and 1-phase electrical system. An induction motor can work in either normal configuration or modified configuration with adding a series of capacitor motors in 3-phase induction motor. The series capacitors are used with an auxiliary coil is placed on the side or sides of the coil which has a larger impedance. In this study, the performance of 3-phase induction motors is supported with 1-phase electrical system coupled with the ACS758 current sensor. This coupling is to measure the current value of the load being used. When the ACS758 current sensor detects the passing current, it will display the current value on the LCD which facilitates the user in the current value of the measured reading. Induction motor can work well and normal with 1-phase electrical system using a series of capacitor motors. Measurement with current sensor has an error less than 2%.*

**Keywords:** 3-phase induction motor, 1-phase electrical system, LCD

### 1. Pendahuluan

Motor induksi 3 fasa dibutuhkan oleh industri besar maupun industri kecil karena memiliki daya yang besar. Permasalahan muncul karena sebagian besar industri kecil berlokasi di daerah yang hanya memiliki sistem tenaga listrik 1 fasa [1][2]. Salah satu cara yang digunakan agar motor induksi 3 fasa dapat dioperasikan pada sistem tenaga listrik 1 fasa adalah mengoperasikan motor induksi 3 fasa dengan kapasitor [1,3]. Secara umum operasi motor induksi 3 fasa pada sistem tenaga listrik 1 fasa dapat dilakukan dengan menggunakan kapasitor. Kapasitor diletakkan pada sisi kumparan bantu (impedansi lebih besar) atau pada sisi kumparan utama (impedansi lebih kecil) [4].

Gambar 1 menunjukkan skema rangkaian motor induksi 3 fasa yang telah diberi tambahan kapasitor. Kapasitor dihubungkan serial dengan dua kumparan motor (kumparan R dan S). Penambahan kapasitor tersebut mengubah rangkaian kumparan motor induksi 3 fasa menjadi rangkaian motor induksi 1 fasa jenis motor kapasitor.



Gambar 1. Skema rangkaian motor induksi 3 fasa menjadi motor induksi 1 fasa jenis motor kapasitor

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja motor induksi 3 fasa yang dioperasikan pada sistem tenaga listrik 1 fasa. Beberapa batasan obyek penelitian yang digunakan adalah:

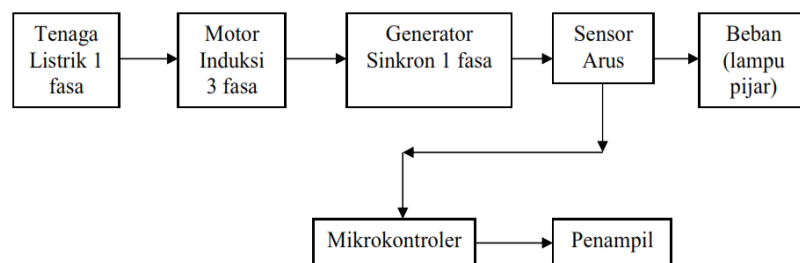
- Motor induksi 3 fasa 1,5kW; 220/380V; 50Hz; 6,2/3,6A; 1400rpm; pf 0,84 lag.
- Nilai kapasitor start (Cs) 50 $\mu$ F dan kapasitor running (Cr) 26 $\mu$ F.
- Generator sinkron 1 fasa berupa ALTERNATOR, 12V, RECONDITIONED by SWIP.
- Beban berupa lampu pijar kurang 540W dan accu 12V.
- Sensor arus jenis ACS758.
- Mikrokontroler AVR ATmega 8535 sebagai pengolah data dari keluaran motor induksi 3 fasa yang telah diberi tambahan kapasitor.
- Penampil berupa LCD.

## 2. Metode Penelitian

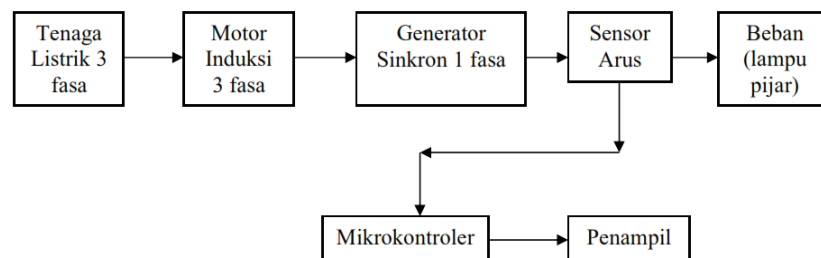
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Studi literatur
- b. Perancangan dan pembuatan sub-sistem perangkat keras dan perangkat lunak
- c. Pengujian dan pengambilan data

Pada tahap ini dilakukan pengujian dan pengambilan data untuk operasi dengan masukan sistem 1 fasa sebagaimana ditunjukkan Gambar 2 dan operasi dengan masukan sistem 3 fasa sebagaimana ditunjukkan Gambar 3. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengubah-ubah beban yang digunakan (rangkainan lampu pijar) dan penambahan beban menggunakan accu. Data yang disajikan adalah tampilan LCD yang berupa tegangan keluaran sensor arus, arus beban, kecepatan motor, dan daya beban.



Gambar 2. Rancangan sistem operasi motor induksi 3 fasa dengan masukan 1 fasa



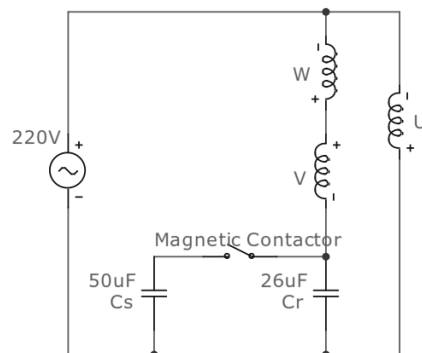
Gambar 3. Rancangan sistem operasi motor induksi 3 fasa dengan masukan 3 fasa

- d. Analisa dan penyimpulan

Analisa dan penyimpulan dilakukan berdasarkan perbandingan antara masukan sistem 1 fasa dengan sistem 3 fasa yang ditampilkan LCD serta perbandingan tampilan arus LCD dengan hasil pengukuran secara manual.

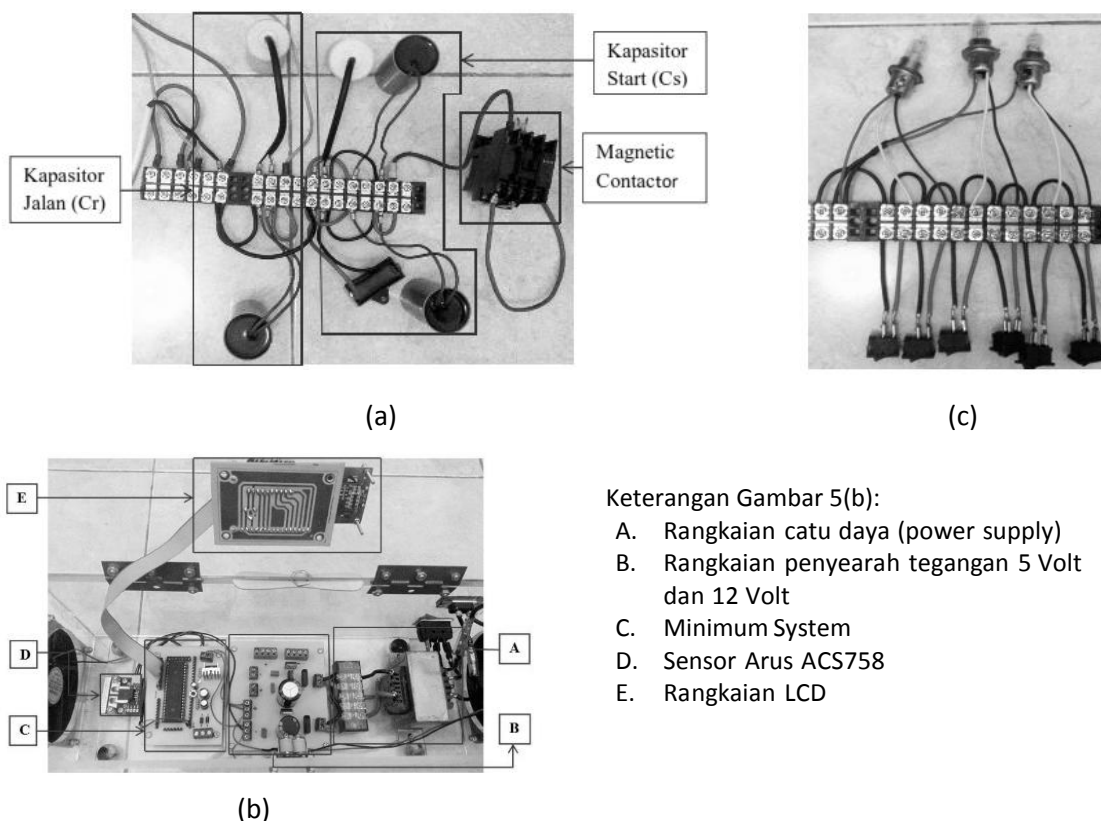
### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perancangan, motor induksi 3 fasa dioperasikan sebagai motor 1 fasa jenis motor kapasitor menggunakan rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian motor kapasitor dari motor induksi 3 fasa.

Rangkaian kapasitor ditempatkan dalam dua buah terminal blok yang digabungkan. Gambar 5(a) menunjukkan bentuk fisik rangkaian kapasitor yang digunakan dilengkapi dengan saklar yang berupa magnetic contactor. Gambar 5(b) menunjukkan rangkaian perangkat keras elektronik. Pada rangkaian ini terdapat LCD untuk menampilkan nilai arus dan nilai tegangan keluaran sensor arus ACS758 yang menuju minimum sistem. Untuk pengujian dibuat rangkaian beban yang ditunjukkan Gambar 5(c).



Keterangan Gambar 5(b):

- A. Rangkaian catu daya (power supply)
- B. Rangkaian penyearah tegangan 5 Volt dan 12 Volt
- C. Minimum System
- D. Sensor Arus ACS758
- E. Rangkaian LCD

Gambar 5. Rangkaian pendukung operasi motor 3 fasa pada system 1 fasa  
(a) Rangkaian kapasitor; (b) Perangkat keras elektronik; (c) Rangkaian beban

Tabel 1 memperlihatkan data tampilan LCD arus dan tegangan sensor arus pada saat motor induksi 3 fasa diberi masukan sistem 1 fasa dan pada saat motor diberi masukan sistem 3 fasa pada beberapa variasi beban lampu. Data kecepatan motor dihasilkan dari pengukuran menggunakan tachometer.

Pada pengujian dengan masukan sistem 3 fasa digunakan inverter 3 fasa. Nilai frekuensi yang digunakan pada tahap ini adalah sebesar 50Hz untuk menyesuaikan dengan nilai frekuensi dari penyedia sumber yaitu PLN (Perusahaan Listrik Negara).

Tabel 1. Nilai tegangan dan arus sensor serta kecepatan motor pada masukan sistem 1 fasa dan 3 fasa dengan variasi beban

| Beban<br>(Watt) | Sistem 1 Fasa      |                  |                    | Sistem 3 Fasa      |                  |                    |
|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                 | Tegangan<br>(Volt) | Arus<br>(Ampere) | Kecepatan<br>(rpm) | Tegangan<br>(Volt) | Arus<br>(Ampere) | Kecepatan<br>(rpm) |
| 0               | 2,500              | 0,000            | 1489               | 2,500              | 0,000            | 1491               |
| 55              | 2,726              | 6,284            | 1487               | 2,707              | 5,801            | 1492               |
| 80              | 2,798              | 8,097            | 1486               | 2,770              | 7,372            | 1492               |
| 90              | 2,827              | 8,826            | 1486               | 2,794              | 7,976            | 1493               |
| 105             | 2,853              | 9,548            | 1485               | 2,823              | 8,701            | 1491               |
| 115             | 2,892              | 10,152           | 1485               | 2,860              | 9,366            | 1448               |
| 130             | 2,921              | 10,996           | 1484               | 2,903              | 10,695           | 1442               |
| 140             | 2,941              | 11,604           | 1483               | 2,929              | 11,360           | 1442               |
| 150             | 2,968              | 12,328           | 1482               | 2,955              | 11,845           | 1397               |
| 155             | 2,971              | 12,449           | 1482               | 2,968              | 12,328           | 1395               |
| 165             | 2,997              | 13,054           | 1480               | 2,993              | 12,532           | 1394               |
| 175             | 3,017              | 13,539           | 1480               | 2,998              | 13,053           | 1401               |
| 190             | 3,057              | 14,502           | 1478               | 3,017              | 13,551           | 1395               |
| 200             | 3,075              | 14,986           | 1477               | 3,057              | 14,447           | 1390               |
| 225             | 3,114              | 15,953           | 1475               | 3,088              | 15,450           | 1390               |

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai arus pada pengujian dengan masukan sistem 1 fasa sedikit lebih tinggi daripada nilai arus pada masukan sistem 3 fasa. Pada masukan sistem 1 fasa, nilai arus terkecil tertampil 6,284A pada saat beban sebesar 55W dan nilai arus terbesar tertampil 15,953A pada saat beban 225W. Pada pengujian dengan masukan sistem 3 fasa, nilai arus terkecil tertampil 5,801A pada saat beban sebesar 55W dan nilai arus terbesar tertampil 15,450A pada saat beban 225W. Hasil yang ditunjukkan dari kedua pengujian menunjukkan perbedaan yang tidak terlampau jauh. Perbedaan ini disebabkan oleh lebih tingginya tegangan referensi pada masukan sistem 1 fasa sebagai akibat penggunaan kapasitor.

Tabel 1 juga menunjukkan hubungan antara perubahan beban dengan kecepatan motor. Pada kedua pengujian terlihat bahwa kecepatan motor menurun seiring dengan pertambahan beban. Peningkatan beban menyebabkan peningkatan arus yang dibutuhkan oleh motor induksi untuk berputar. Pada saat arus dari catu daya berkurang, maka kecepatan motor akan melambat. Pada pengujian dengan masukan sistem 1 fasa, kecepatan motor terukur 1489rpm saat beban nol dan menurun hingga 1475rpm saat beban 225W, sedangkan pada pengujian dengan masukan sistem 3 fasa, kecepatan motor terukur 1491rpm saat beban nol dan menurun hingga 1390rpm saat beban 225W. Penurunan kecepatan secara drastis pada pengujian dengan masukan sistem 3 fasa disebabkan oleh ketidakstabilan tegangan referensi.

Tabel 2. Nilai tegangan, arus, dan daya alternator pada masukan sistem 1 fasa dan 3 fasa dengan variasi beban

| Beban (Watt) | Sistem 1 Fasa   |               |             | Sistem 3 Fasa   |               |             |
|--------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
|              | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
| Accu         | 16,0            | 2,430         | 38,880      | 15,2            | 4,822         | 73,294      |
| 55+ Accu     | 15,9            | 8,500         | 135,150     | 15,5            | 11,169        | 173,120     |
| 80+ Accu     | 15,8            | 10,650        | 168,270     | 14,9            | 11,180        | 166,582     |
| 90+ Accu     | 15,6            | 11,150        | 173,940     | 14,4            | 11,536        | 166,118     |
| 105+ Accu    | 15,4            | 11,690        | 180,026     | 14,0            | 11,658        | 163,212     |
| 115+ Accu    | 15,4            | 12,640        | 194,656     | 13,7            | 11,658        | 159,715     |
| 130+ Accu    | 15,3            | 13,425        | 205,403     | 13,6            | 11,841        | 161,038     |
| 140+ Accu    | 15,2            | 14,460        | 219,792     | 13,5            | 11,963        | 161,005     |
| 150+ Accu    | 15,0            | 15,540        | 233,100     | 13,3            | 11,963        | 159,108     |
| 155+ Accu    | 14,9            | 15,560        | 231,844     | 13,2            | 12,001        | 158,413     |
| 165+ Accu    | 14,6            | 16,045        | 234,257     | 13,0            | 11,963        | 155,519     |
| 175+ Accu    | 14,5            | 16,160        | 234,320     | 13,2            | 11,963        | 157,912     |
| 190+ Accu    | 14,2            | 16,370        | 232,454     | 12,9            | 12,024        | 155,110     |
| 200+ Accu    | 14,0            | 16,630        | 232,820     | 12,9            | 11,963        | 154,323     |
| 225+ Accu    | 13,8            | 16,780        | 231,564     | 12,7            | 12,024        | 152,705     |

Tabel 3. Perbandingan arus alternator tampilan lcd dengan pengukuran manual pada masukan sistem 1 fasa dan 3 fasa dengan variasi beban

| Beban (Watt)  | Sistem 1 Fasa |                       |             | Sistem 3 Fasa |                       |             |
|---------------|---------------|-----------------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------|
|               | LCD (Ampere)  | Ampere meter (Ampere) | Error (%)   | LCD (Ampere)  | Ampere meter (Ampere) | Error (%)   |
| Accu          | 2,430         | 2,4                   | 1,23        | 4,822         | 4,6                   | 4,60        |
| 55+ Accu      | 8,500         | 8,2                   | 3,53        | 11,169        | 10,8                  | 3,30        |
| 80+ Accu      | 10,650        | 10,4                  | 2,35        | 11,180        | 10,8                  | 3,40        |
| 90+ Accu      | 11,150        | 10,8                  | 3,14        | 11,526        | 11,3                  | 1,96        |
| 105+ Accu     | 11,690        | 11,4                  | 2,48        | 11,658        | 11,4                  | 2,21        |
| 115+ Accu     | 12,640        | 12,4                  | 1,90        | 11,658        | 11,4                  | 2,21        |
| 130+ Accu     | 13,425        | 13,2                  | 1,68        | 11,841        | 11,6                  | 2,04        |
| 140+ Accu     | 14,460        | 14,2                  | 1,80        | 11,963        | 11,8                  | 1,36        |
| 150+ Accu     | 15,540        | 15,3                  | 1,54        | 11,963        | 11,8                  | 1,36        |
| 155+ Accu     | 15,560        | 15,4                  | 1,03        | 12,001        | 11,9                  | 0,84        |
| 165+ Accu     | 16,045        | 15,9                  | 0,90        | 11,963        | 11,8                  | 1,36        |
| 175+ Accu     | 16,160        | 16,1                  | 0,37        | 11,963        | 11,8                  | 1,36        |
| 190+ Accu     | 16,370        | 16,3                  | 0,43        | 12,024        | 11,9                  | 1,03        |
| 200+ Accu     | 16,630        | 16,4                  | 1,38        | 11,963        | 11,8                  | 1,36        |
| 225+ Accu     | 16,780        | 16,6                  | 1,07        | 12,024        | 11,9                  | 1,03        |
| <b>Rerata</b> |               |                       | <b>1,66</b> |               |                       | <b>1,96</b> |

Analisa juga didasarkan pada tampilan nilai tegangan dan arus alternator pada beban yang bervariasi. Pada Tabel 2 ditunjukkan hasil tampilan LCD untuk tegangan dan arus alternator, serta penghitungan daya secara matematis berdasarkan perkalian tegangan dan arus alternator tersebut. Beban yang digunakan sama seperti pengujian pada Tabel 1 tetapi ditambah dengan accu 12V.

Dalam Tabel 2 ditunjukkan bahwa peningkatan beban akan mengakibatkan penurunan tegangan alternator dan sebaliknya akan meningkatkan arus alternator. Data yang diperoleh dari Tabel 1 maupun Tabel 2 menunjukkan bahwa motor induksi 3 fasa bekerja secara normal dengan masukan sistem 1 fasa maupun sistem 3 fasa.

Tampilan arus alternator pada LCD juga dibandingkan dengan pengukuran menggunakan ampere-meter untuk melihat akurasi pengukuran yang dilakukan oleh sistem. Hasil perbandingan tersebut ditunjukkan Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa hasil pengukuran sistem yang ditampilkan dalam LCD akurat, dengan rerata error kurang dari 2% bila dibandingkan dengan pengukuran menggunakan ampere-meter, baik dalam pengujian dengan masukan sistem 1 fasa maupun dengan masukan sistem 3 fasa.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa yang dihasilkan dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa motor induksi 3 fasa dapat bekerja secara baik dan normal dengan sistem 1 fasa menggunakan rangkaian motor kapasitor. Selain itu, pengukuran oleh sistem yang ditampilkan oleh LCD akurat, dengan rerata error kurang dari 2% bila dibandingkan dengan pengukuran menggunakan ampere-meter.

#### Daftar Pustaka

- [1] Pillay, P. and Brzezinski, Induction Motor Performance when Fed from Single to Three Phase Converter, IEEE, 1990, No. 90/CH 29.35-5/90/0000-004.
- [2] Zuriman, A., dan Asnal, E., Sistem Pengaman Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Dengan Cara Merubah Sumber Tegangan, Prosiding SNVMS, 2004, ISBN: 979-96964-1-0, hal. 643-649.
- [3] Zuriman, A., Perencanaan Kapasitor Start untuk Mengoperasikan Motor Induksi 3-Fase Pada Sistem Tenaga 1-Fase, Jurnal Momentum, 2004, Vol. 2 No. 2, hal. 9-13.
- [4] Huang, H., Fuchs, E.F., dan White, J.C, Optimal Placement of The Run Capacitor in Single Phase Induction Motor Designs, IEEE Transactions on Energy Conversion, 1988, Vol. 3, No. 3, pp. 647-652.