



Patent



P00201709424

[Kembali ke pencarian](#)No. Paten  
IDP000075010Tgl. Pemberian  
2021-02-11

## SISTEM PENGOPERASIAN FUNGSI GANDA MOTOR INDUKSI 3-FASA PADA SISTEM TENAGA 3-FASA DAN 1-FASA

### Status

(PA) Pembuatan Sertifikat

### Abstract

Untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan kinerja yang baik tetapi dengan cara yang sederhana dan biaya yang lebih murah adalah dengan cara memasang kapasitor secara seri dengan 2 (dua) kumparan motor yaitu kumparan 'U' dan kumparan 'V' dan kemudian menparalelkan rangkaian kumparan dan kapasitor ini dengan kumparan yang lain yaitu kumparan 'W'. Selanjutnya, sumber tegangan 1-fasa disambungkan pada terminal 'U1' dan terminal 'W1' pada kumparan motor.

Dengan rangkaian seperti ini motor akan bekerja dengan kinerja yang lebih baik dengan faktor daya yang mendekati (satu), tetapi dengan kapasitansi kapasitor yang lebih kecil jika dibandingkan dengan metode yang telah berkembang sebelumnya. Rangkaian kendali gabungan yang berfungsi ganda dalam mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 3-fasa dan sistem tenaga listrik 1-fasa dirancang dengan menggunakan 1 (satu) kontaktor utama untuk mengoperasikan motor pada sistem 3-fasa dan 2 (dua) kontaktor tambahan untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa.

Rangkaian ini juga dilengkapi dengan 3 (buah) rele tambahan (boleh menggunakan kontaktor) yang digunakan untuk mendeteksi dan memilih fasa yang aktif dari sistem 3-fasa. Bila sistem yang ada adalah sistem 3-fasa, maka secara otomatis motor induksi 3-fasa akan beroperasi dengan menggunakan sistem 3-fasa. Tetapi, bila sistem yang ada adalah 1-fasa atau 2-fasa, maka secara otomatis motor induksi 3-fasa akan beroperasi dengan menggunakan sistem 1-fasa dengan faktor daya yang mendekati satu.

### Detail

NOMOR PENGUMUMAN  
2018/06765TANGGAL PENGUMUMAN  
2018-07-13NOMOR PERMOHONAN  
P00201709424TANGGAL PENERIMAAN  
2017-12-21TANGGAL DIMULAI PELINDUNGAN  
2017-12-21TANGGAL BERAKHIR PELINDUNGAN  
2037-12-21

JUMLAH KLAIM

NAMA PEMERIKSA



Patent



P00201709424



No Image

### Publikasi

Publikasi A



### Prioritas

NOMOR	TANGGAL	KEWARGANEGARAAN
-	-	-

### IPC

H02P 1/00

### Pemegang Paten

NAMA	ALAMAT	KEWARGANEGARAAN
Institut Teknologi Padang	Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang, Kampus Institut Teknologi Padang, SumBar 25143	ID

### Inventor

NAMA	ALAMAT	KEWARGANEGARAAN
ZURIMAN ANTHONY		ID

### Pembayaran Pemeliharaan Terakhir



PDKI

Paten



P00201709424



NAMA

ALAMAT

KEWARGANEGARAAN

Copyright © 2021 Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual



KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
Jl. H.R. Rasuna Said Kav 8-9, Kuningan, Jakarta Selatan, 12940  
Telepon: (021) 57905611 Faksimili: (021) 57905611  
Laman: <http://www.dgip.go.id> Surel: [dopatent@dgip.go.id](mailto:dopatent@dgip.go.id)

Nomor : HKI-3-HI.05.02.04.P00201709424-DP **75010** 11 Februari 2021  
Lampiran : 1 (satu halaman)  
Hal : Pemberitahuan dapat diberi Paten

Yth. Institut Teknologi Padang  
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang, Kampus Institut  
Teknologi Padang, SumBar 25143

Dengan ini diberitahukan, bahwa sesuai dengan hasil pemeriksaan substantif terlampir, permohonan paten berikut ini dinyatakan dapat diberi Paten:

Nomor Permohonan : **P00201709424**  
Tanggal Penerimaan : 21 Desember 2017  
Pemohon : Institut Teknologi Padang  
Judul invensi : **SISTEM PENGOPERASIAN FUNGSI GANDA MOTOR INDUKSI 3-FASA PADA SISTEM TENAGA 3-FASA DAN 1-FASA**



00-2021-7365



Direktur Paten, Desain Tata Letak  
Sirkuit Terpadu dan Rahasia Dagang,

Dra. Dede Mia Yusanti, MLS.  
NIP. 196407051992032001

Tembusan:

1. Yth. Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual (sebagai Laporan)
2. Ir. Hotman Togatorop  
NIP. 196108281992031002

HASIL PEMERIKSAAN SUBSTANTIF TAHAP AKHIR (diberi Paten)  
Nomor Permohonan: **P00201709424**

1. Dengan ini diberitahukan bahwa:
  - a. deskripsi yang diterima adalah deskripsi:  
 halaman asli seperti saat diajukan  
 halaman 1- 13 sesuai surat Saudara tanggal: 28 Juli 2020
  - b. klaim yang diterima adalah klaim:  
 nomor asli seperti saat diajukan  
 nomor 1 – 3 sesuai surat Saudara tanggal: 28 Juli 2020
  - c. gambar yang diterima adalah gambar  
 nomor asli seperti saat diajukan  
 nomor 1 – 5 sesuai surat Saudara tanggal: 28 Juli 2020
  - d. gambar untuk publikasi B adalah: Gambar 3
2. Deskripsi dan klaim-klaim serta gambar-gambar tersebut di atas dengan ini dinyatakan telah memenuhi ketentuan Pasal 2, Pasal 3, Pasal 5, dan ketentuan lain dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2001 tentang Paten, sehingga permohonan paten ini dapat dipertimbangkan untuk diberi Paten.

Pemeriksa,



Ir. Hotman Togatorop  
NIP. 196108281992031002

Deskripsi**SISTEM PENGOPERASIAN FUNGSI GANDA MOTOR INDUKSI 3-FASA PADA  
SISTEM TENAGA 3-FASA DAN 1-FASA**

5

**Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa hubungan bintang (Y) yang berfungsi ganda yang dapat mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 3-fasa dan sistem tenaga 1-fasa. Sistem ini berfungsi menjaga motor ini tetap terus beroperasi dengan baik walaupun salah satu atau dua buah sistem tenaganya hilang dari sumber tanaganya.

15

**Latar Belakang Invensi**

Motor induksi 3-fasa secara normal dioperasikan dengan menggunakan sistem tenaga listrik 3-fasa. Saat motor beroperasi dibutuhkan sistem pengaman yang baik agar motor selamat dari bahaya gangguan. Jika sumber tenaga 3-fasa motor ini mengalami gangguan seperti hilang/terlepasnya salah satu atau dua buah sistem tenaganya, maka sistem pengaman yang baik ini akan memutuskan hubungan motor dari sistem tenaganya sehingga motor ini terhindar dari bahaya gangguan dan berhenti beroperasi. Dengan berhentinya motor beroperasi tentu pelayanan terhadap beban yang berhubungan dengan motor ini akan terhenti pula. Oleh karena itu perlu dibangun sistem yang baru yang dapat mengamankan motor ini dari bahaya gangguan hilangnya salah satu atau dua buah sistem tenaganya dan sekaligus juga dapat menjaga agar motor ini terus beroperasi dengan baik dan aman walaupun sistem tenaga yang tersisa hanya sistem 1-fasa. Sistem yang dibangun ini harus mampu mengoperasikan motor induksi 3-fasa dengan baik pada sistem tenaga listrik 3-fasa dan sistem tenaga listrik 1-fasa.

Motor induksi 3-fasa dapat dioperasikan pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan cara memasang rangkaian kapasitor pada kumparan motor. Cara ini dapat menghasilkan perbaikan faktor daya, respon putaran rotor yang cepat saat start dan menaikkan efisiensi motor (Anthony, IJETT, ISSN 2231-5381, Vol. 5, No. 1, November. 2013; Badr, dkk, IEEE transaction on energy conversion, Vol. 10, No. 4, Desember 1995, halaman 675-680; Smith, 1999, IEEE transactions on energy conversion, Vol. 4, No. 4, halaman 1353-1358).

10 J.E. Hermansdorfer dalam US patennya dengan No. 3,122,693 pada tanggal 25 Pebruari 1964 telah menstart motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-fasa dan kemudian mengoperasikan motor ini secara normal pada sistem 3-fasa setelah motor jalan. Metode ini menggunakan kapasitor yang  
15 dipasang secara seri dengan salah satu kumparan motor yang terhubung bintang (Y) dan dibantu juga dengan menggunakan rangkaian elektronika yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik motor saat start. Metode ini hanya digunakan saat start saja dan membutuhkan biaya yang mahal karena ada  
20 biaya tambahan komponen elektronik yang mahal yang dibutuhkan untuk mengantisipasi arus start motor.

Johnstone dalam US patennya dengan No. 3,673,480 pada tanggal 27 Juni 1972 telah mencoba mengoperasikan motor induksi 3-fasa dengan menggunakan sistem 1-fasa yang  
25 dilengkapi dengan peralatan yang terdiri dari resistor, trasformator, rele dan kapasitor. Metode ini masih membutuhkan banyak peralatan dengan biaya yang mahal.

Young (1988) dalam US patennya No. 4,745,348 telah mengoperasikan motor induksi 3-fasa dengan sistem tenaga 1-  
30 fasa dengan menggunakan 2 kumparan motor untuk menjalankan motor pada sistem tenaga 1-fasa dan 1 kumparan yang lain digunakan sebagai kumparan start yang dipasang dengan kapasitor untuk menghasilkan torsi start yang memadai. Metode ini menggunakan kapasitor start yang besar yaitu 400  
35 uF dengan sumber tegangan 220V. Kemudian, West Reed (1987 dan 1988), dalam US patennya No. 4,656,575, tanggal 7 April 1987 dan dilanjutkan dengan US patennya No. 4,777,421, tanggal 11 Oktober 1988 telah mengoperasikan motor induksi

3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan kapasitor start 60 uF/hp dan kapasitor jalan 30 uF/hp. Metode West ini meletakkan kapasitor jalan antara kumparan 1 yang paralel dengan kumparan 3 yang disambungkan dengan dengan kontaktor 1. Kapasitor start disambungkan dengan kumparan 3 dengan kontaktor 3 yang selanjutnya dilepas setelah motor berputar. Metode-metode ini masih membutuhkan nilai kapasitor yang besar sehingga membutuhkan biaya yang besar dalam mengoperasikan motor.

10 Smith dalam US patennya dengan No. 4,792,740 pada tanggal 20 desember 1988, No. 5,545,965 pada tanggal 13 Agustus tahun 1996 dan No. US 6,356,041 B1 pada tanggal 12 Maret tahun 2002, telah pengembangan cara pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan rangkaian kapasitor, transformator dan rangkaian elektronika. Cara ini juga masih membutuhkan biaya yang besar untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa. Dalam paten terbarunya (2002) juga mengemukakan cara baru untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan 3 buah kapasitor jalan dan 9 buah kapasitor start. Metode ini memerlukan kapasitor start yang besar yaitu 5000 uF yang dipasang seri dengan motor ditambah beberapa kapasitor start lain yang dipasang paralel dengan setiap kumparan motor. Metode-metode ini masih membutuhkan biaya yang mahal dalam mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa.

Divan et al. dalam US patennya dengan No. 5,402,053 pada tanggal 28 Maret 1995, dan No. 5,969,957 pada tanggal 19 Oktober 1999, dan Hayshi et al. dalam US patennya dengan No. US 6,784,643 B2 pada tanggal 31 Agustus 2004, telah pengembangan cara pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan rangkaian elektronika dengan merubah sistem 1-fasa menjadi sistem 3-fasa dengan menggunakan rangkaian inverter. Metode ini membutuhkan biaya yang mahal karena biaya komponen elektronik yang mahal yang dibutuhkan untuk mengantisipasi arus start motor.



Suratno (2017) dalam makalah penelitiannya dengan judul 'Rancang bangun rangkaian kontrol motor induksi tiga fasa 1,1 kW menjadi tiga fasa dengan injeksi kapasitor dan penghantar netral' dalam jurnal 'JUST TI', volume 9, nomor 2, Juli 2017, halaman 107 - 111 telah mengklem membuat rangkaian kendali yang dapat mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem 1-fasa saat dihilangkan salah satu fasa sistem tenaganya dan kembali ke sistem 3-fasa saat fasa yang hilang dihidupkan lagi. Metode ini mengacu ke hasil penelitian Anthony (2003 dan 2008) yang masih sederhana sehingga motor hanya mampu beroperasi pada sistem 1-fasa dengan beban sepertiga (33%) dari rating 3-fasanya sehingga tidak dapat diterapkan pada beban motor yang sesungguhnya antara 75% sampai dengan 100%. Metode ini juga punya kelemahan dimana saat fasa yang terganggu/hilang kembali ada pada sistem 3-fasanya, maka motor langsung mati beroperasi (berhenti). Jadi, motor ini tidak dapat kembali beroperasi pada sistem 3-fasa secara otomatis.

Metode yang diusulkan dalam invensi ini adalah suatu metode baru yang dapat mengoperasikan motor induksi 3-fasa hubungan bintang (Y) secara normal pada sistem 3-fasa. Bila terjadi gangguan dengan hilangnya salah satu atau dua fasa sistem tenaganya, maka motor secara otomatis akan berpindah untuk beroperasi dengan aman pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan beban yang disarankan sekitar 75% sampai dengan 85% dari rating 3-fasanya. Bila fasa yang hilang kembali secara tiba-tiba (kondisi normal), maka motor secara otomatis juga akan berpindah beroperasi pada sistem 3-fasa. Metode yang digunakan untuk pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-fasa lebih sederhana dan lebih murah dengan cara memasang kapasitor secara seri dengan 2 (dua) kumparan motor yang kemudian diparalelkan dengan kumparan yang lain. Metode ini hanya membutuhkan 12,5 $\mu$ F per 1HP daya motor untuk kapasitor jalan dan 16 $\mu$ F per 1HP daya motor untuk kapasitor start.

### Ringkasan Invensi

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah memberikan rancangan sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa berfungsi ganda yang dapat mengoperasikan secara manual dan otomatis motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 3-fasa dan sistem tenaga 1-fasa. Sistem ini juga berfungsi sebagai pengaman pada motor yang akan menjaga motor ini tetap terus beroperasi dengan baik walaupun salah satu atau dua buah sistem tenaganya hilang dari sumber tanaganya. Motor hanya di setting mati/berhenti beroperasi bila motor mengalami kelebihan beban, agar motor tidak berumur pendek. Metode yang dibuat ini dikhususkan untuk diterapkan pada motor induksi 3-fasa dengan standar hubungan bintang (Y) dengan beban antara 75% hingga 85%.

Secara konsep invensi ini mengkemas penggabungan 2 sistem pengoperasian yaitu sistem 3-fasa dan sistem 1-fasa menjadi satu rangkaian kendali sistem pengoperasian. Untuk sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dilakukan dengan cara meletakkan kapasitor AC (kapasitor yang menggunakan sumber listrik arus bolak balik) secara seri dengan 2 (dua) kumparan motor yang juga dipasang secara seri yaitu kumparan 'R' dan 'S' (atau kumparan 'U' dan 'V'). Kumparan yang memakai kapasitor ini kemudian diparalel dengan kumparan 'T' (atau kumparan 'W') sehingga motor ini bekerja seperti halnya motor induksi 1-fasa yang meletakkan kapasitor pada kumparan dengan impedansi yang lebih besar. Dengan cara seperti ini, kapasitor yang dipasang menghasilkan daya reaktif 4 (empat) kali lipat dengan torsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan meletakkan kapasitor pada kumparan dengan impedansi yang lebih rendah. Oleh karena itu metode ini hanya membutuhkan nilai kapasitansi kapasitor start (kapasitor saat asut) dan kapasitor jalan (kapasitor saat jalan) yang lebih rendah sehingga membutuhkan biaya yang lebih murah untuk mengoperasikan motor.

Untuk menggabungkan rangkaian kendali sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa dan sistem 1-fasa, maka

rangkaian kendali dilengkapi 3 buah rele tambahan sederhana yang berfungsi sebagai sistem pengaman dan mendeteksi sistem tenaga yang ada sehingga sistem yang dibuat dapat bekerja secara otomatis.

5

### **Uraian Singkat Gambar**

Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti invensi ini, selanjutnya akan diuraikan perwujudan invensi melalui gambar-gambar terlampir.

10

Gambar 1, adalah bentuk sambungan kapasitor start dan kapasitor jalan beserta kumparan motor pada terminal motor induksi 3-fasa untuk mengoperasikan motor ini pada sistem tenaga listrik 1-fasa.

15

Gambar 2, adalah rangkaian kendali yang digunakan untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa. Rangkaian kendali ini merupakan rangkaian kendali semi otomatis.

20

Gambar 3, adalah rangkaian sistem kendali yang berfungsi ganda yang dapat mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 3-fasa dan 1-fasa.

25

Gambar 4, adalah rangkaian hubungan anak kontak kontaktor dari gambar 3 pada terminal U, V, W, X, Y, dan Z motor induksi 3-fasa

Gambar 5, adalah bentuk hubungan rangkaian kapasitor pada terminal motor induksi 3-fasa.

### **Uraian Lengkap Invensi**

30

Sebagaimana telah dikemukakan pada latar belakang invensi bahwa telah banyak dilakukan penelitian untuk mengembangkan sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan rangkaian kapasitor, transformator dan rangkaian elektronika pada motor. Beberapa metode itu selalu meletakkan kapasitor pada sisi kumparan dengan impedansi yang lebih rendah sehingga masih membutuhkan nilai

35

kapasitansi kapasitor yang besar untuk mengoperasikan motor. Beberapa metode yang lain menggunakan peralatan tambahan seperti transformator dan rangkaian elektronika sehingga memberikan biaya yang lebih mahal. Beberapa penerapan metode hanya digunakan untuk start saja dengan kapasitor start yang besar sehingga tidak bisa diterapkan untuk motor saat jalan.

Sementara itu ada penelitian dalam jurnal ilmiah yang telah mengklam membuat rangkaian kendali yang dapat mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem 3-fasa dan 1-fasa, tetapi metode ini hanya bekerja dengan beban sepertiga (33%) dari rating 3-fasanya sehingga tidak dapat diterapkan pada beban motor yang sesungguhnya antara 75% sampai dengan 100%. Metode ini juga punya kelemahan dimana saat fasa yang terganggu/hilang kembali ada pada sistem 3-fasanya, maka motor langsung mati beroperasi (berhenti).

Invensi ini merupakan penggabungan 2 sistem pengoperasian yaitu sistem 3-fasa dan sistem 1-fasa dengan sistem kendali yang dapat bekerja secara manual dan otomatis yang dapat dijelaskan melalui gambar-gambar berikut ini.

### **1. Mengoperasikan motor pada sistem 1-fasa**

Mengacu pada Gambar 1, adalah merupakan bentuk hubungan kapasitor start (No. 11) dan kapasitor jalan (No.10) pada terminal motor induksi 3-fasa saat beroperasi pada sistem tenaga listrik 1-fasa. Bentuk rangkaian pada gambar 1 ini sengaja menyambungkan terminal 'U2' (No.4) dengan 'V2' (No.5) untuk mengikuti arah putaran medan magnet pada kumparan motor sehingga torsi yang dihasilkan oleh kedua 'kumparan U' (No.7) dan 'kumparan V' (No.8) pada gambar 1 dapat saling menambahkan dan memperbesar torsi yang dihasilkan motor. Jika pemasangan ini terbalik (misalnya 'U2' (No.4) dengan 'V1' (No.2) dihubungkan) maka motor tidak dapat bekerja dengan baik. Ujung-ujung kapasitor pada gambar 1 sengaja dipasang pada terminal 'V1' (No.2) dan 'W1' (No.3) agar kapasitor ini dapat memberikan daya reaktif pada 'kumparan U' (No. 7) dan 'kumparan V' (No. 8),

sehingga tegangan pada kapasitor menjadi 2 (dua) kali lipat dari tegangan sumber. Dengan kondisi ini maka kapasitor menghasilkan daya reaktif 4 (empat) kali lipat dengan torsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan memasang  
5 kapasitor secara seri dengan 'kumparan W' (No. 9). Untuk membalik arah putaran motor saat beroperasi pada sistem 1-fasa, maka ujung-ujung kapasitor pada gambar 1 harus dipasang pada terminal 'V2' (No.2) dan 'W2' (No.6), dan kemudian menyambungkan terminal 'U1' (No. 1) dengan terminal  
10 'W1' (No.3) dan sumber tegangan (No. 13) disambungkan pada terminal 'W1' (No. 3) dan 'W2' (No. 6).

Invensi ini memiliki perbedaan yang sangat mencolok dibandingkan dengan metode-metode yang pernah berkembang sebelumnya. Yaitu pada 'pemasangan kapasitor' pada kumparan  
15 motor. Pada metode sebelumnya biasanya memasang kapasitor secara seri dengan salah satu kumparan motor atau memasang kapasitor secara paralel dengan salah satu kumparan motor atau dengan menggabungkan keduanya. Tetapi metode yang dikemukakan pada invensi ini adalah memasang kapasitor  
20 secara seri dengan dua kumparan motor yaitu 'kumparan U' (No.7) yang telah diserikan pula dengan 'kumparan V' (No.8). Rangkaian kumparan dan kapasitor ini kemudian diparalelkan dengan 'kumparan W' (No. 9).

Gambar 2 pada invensi ini memperlihatkan rangkaian  
25 kendali semi otomatis yang terhubung dengan sistem 1-fasa yang terdiri dari fasa R (No. 14) dan Netral (No. 15), yang dapat digunakan untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa. Rangkaian kendali ini menggunakan 2 (dua) buah 'kontaktor' (No.19 dan No.20), 1  
30 (satu) buah 'time delay relay' (No.21), 1 (satu) buah 'thermal overload relay' (No.21) untuk pengaman beban lebih, dan 1 (satu) buah 'saklar push button on-off' (No.27 dan No. 26). Saklar NC (No.12) pada gambar 1 invensi ini merupakan anak kontak NC dari kontaktor ke 2 (No.20) yang  
35 digunakan pada gambar 2. Untuk menghemat biaya dapat juga digunakan sistem kendali manual dengan cara hanya menggunakan 1 (satu) kontaktor, 1 (satu) buah 'overload relay' dan 1 (satu) buah 'saklar on-off biasa'. Jadi,

saklar push button (No.26 dan No. 27) pada gambar 2 invensi ini diganti dengan saklar on-off biasa untuk sistem kendali motor secara manual.

Untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan gambar 2, maka MCB (No. 25) yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian kendali harus aktifkan dahuhu (dihidupkan) sehingga lampu indikator L1 (No. 16) hidup yang menandakan sistem tenaga aktif (ready). Selanjutnya 'saklar NO' push button (No. 26) ditekan sehingga 'kontak K1' (No. 19), 'anak kontak kontak K1' (No. 22), dan 'time delay relay' (No. 21) aktif. Aktifnya 'kontak K1' ditandai dengan hidupnya 'lampu indikator kondisi start L2' (No. 17). Setelah beberapa detik kemudian (sesuai dengan setingan waktu yaitu 1,5 s/d 2 detik), maka 'anak kontak NO time delay relay' (No. 23) aktif sehingga 'kontak K2' (No. 20) juga aktif dan lampu indikator L3 (No. 18) sebagai penanda 'kondisi motor jalan' juga aktif dan 'anak kontak NC time delay relay' (No. 24) juga aktif untuk mematikan lampu indikator start (No. 17). Pada kondisi ini motor sudah jalan (beroperasi) dengan baik yang ditandai dengan terbukanya saklar anak kontak kontak 2 (No. 12) dari gambar 1.

Motor induksi 3-fasa yang digunakan untuk invensi ini adalah motor induksi 3-fasa dengan standar hubungan bintang (Y). Cara menentukan nilai kapasitansi kapasitor yang memadai untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa ini pada sistem tenaga listrik 1-fasa adalah sebagai berikut.

$$C_{st} = \frac{(0,1757) \cdot (I_L)}{(f) \cdot (V_{LN})} \text{ (Farad)} \quad (1)$$

$$C_r = k \frac{I_L}{(12,5664)(f) \cdot (V_{LN})} \text{ (Farad)} \quad (2)$$

$$C_s = C_{st} - C_r \text{ (Farad)} \quad (3)$$

yang mana:

- $I_L$  = arus nominal motor induksi 3-fasa (A)
- $f$  = frekuensi sumber (Hz)
- $V_{LN}$  = sumber tegangan 1-fasa (V)
- $k$  = 0,7679 untuk motor yang beroperasi dari beban rendah hingga 70% dari beban nominal 3-fasanya

- $k = 1$  untuk motor yang beroperasi dari beban 70% hingga 85% dari beban nominal 3-fasanya  
 $C_{st}$  = Total kapasitansi kapasitor start untuk standar motor hubungan bintang ( $C_{st_y} = C_{r_y} + C_{s_y}$ )  
 5  $C_r$  = Kapasitansi kapasitor jalan untuk standar motor hubungan bintang  
 $C_s$  = Kapasitansi kapasitor start untuk standar motor hubungan bintang

10

## 2. Sistem kendali gabungan antara sistem 3-fasa dan sistem 1-fasa

Bentuk rangkaian kendali gabungan yang digunakan untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa yang dilengkapi dengan sistem pendeteksi sumber tenaga 3-fasanya diperlihatkan pada gambar 3. Selanjutnya, gambar 4 memperlihatkan bentuk hubungan anak kontak kontaktor pada terminal motor induksi 3-fasa (terminal U, V, W, X, Y, Z). Bentuk hubungan rangkaian kapasitor pada terminal motor induksi 3-fasa kemudian diperlihatkan pada gambar 5. Nilai kapasitor yang
 15  
 20

yang digunakan mengacu kepada persamaan (1), (2) dan (3).  
 Gambar 3 merupakan rangkaian kendali motor induksi 3-fasa yang berfungsi ganda yang merupakan gabungan sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 3-fasa dan pada sistem tenaga listrik 1-fasa yang dilengkapi dengan rele pendeteksi sistem tenaga yang aktif. Dari gambar 3 ini dapat dijelaskan bahwa saat motor induksi 3-fasa akan dioperasikan secara normal pada sistem 3-fasa, maka kontaktor M1 (No. 35) akan diaktifkan dengan menekan tombol start (No. 27) sehingga motor beroperasi dengan sistem DOL (*Direct Online Starter*) pada sistem 3-fasa. Bila kemudian saklar S1 diaktifkan (No. 43), maka sistem pengaman sudah mulai aktif untuk siap mengoperasikan motor pada sistem 1-fasa bila salah satu atau dua fasa dari sistem 3-fasa hilang dari sistem tenaga. Bila tiba-tiba sistem 3-fasa kembali aktif (R, S, T kembali aktif), maka motor kembali akan beroperasi secara normal pada sistem 3-fasa. Setelah kontaktor M1 (No. 35) aktif (motor beroperasi pada sistem 3-fasa), maka kontaktor K1 dan K2 tidak akan aktif, kecuali bila salah satu fasa atau 2 fasa sistem tenaga hilang dari sumbernya, maka otomatis K1 dan
 25  
 30  
 35  
 40

K2 aktif dan M1 tidak akan aktif. Gambar lingkaran A (No. 44) pada gambar 3 merupakan titik yang harus disambungkan dengan gambar lingkaran A (No. 44) pada gambar 4.

Bila motor akan dioperasikan (dihidupkan), tetapi  
5 ternyata sistem yang aktif hanya 1-fasa atau 2-fasa, maka saat tombol start ditekan, secara otomatis hanya K1 dan K2 yang aktif (pada gambar 3) dan motor akan beroperasi pada sistem 1-fasa. Alat yang berfungsi untuk mendeteksi sistem fasa yang aktif ini dari gambar 3 adalah kontaktor K4  
10 (No.39) untuk fasa R (No. 44), kontaktor K5 (No. 37) untuk fasa S (No. 33) dan kontaktor K6 (No. 38) untuk fasa T (No. 34). Motor akan tetap bekerja dengan aman pada sistem 1-fasa atau sistem 3-fasa karena 'rele arus lebih' disetting sesuai dengan arus nominal motor (arus motor yang telah  
15 ditetapkan). Bila arus yang melewati 'rele arus lebih' melampaui setting yang telah ditetapkan, maka anak kontak NC dari rele (No. 28 dan 29) akan membuka sehingga motor akan berhenti beroperasi. Anak kontak NC dari 'OL1' (No. 28) adalah anak kontak rele pengaman arus lebih untuk  
20 sistem 3-fasa (saat motor bekerja pada sistem 3-fasa), sedangkan anak kontak NC dari 'OL2' (No. 29) adalah anak kontak rele pengaman arus lebih untuk sistem 1-fasa (saat motor bekerja pada sistem 1-fasa).

Gambar 4 merupakan bentuk hubungan terminal-terminal  
25 'U1' (No. 1), 'V1' (No. 2), 'W1' (No. 3), 'U2' (No. 4), 'V2' (No. 5) dan 'W2' (No. 6) motor induksi 3-fasa pada anak-anak kontak dari kontaktor K1 dan M1 yang dihubungkan dengan sumber tenaga listrik 3-fasa yang terdiri dari fasa R (No. 14), fasa S (No. 33) dan fasa T (No. 34). Gambar  
30 lingkaran A (No. 44) pada gambar 4 merupakan titik yang harus disambungkan dengan gambar lingkaran A (No. 44) pada gambar 3. Gambar 5 memperlihatkan hubungan kapasitor start (Cs), kapasitor jalan (Cr), terminal 'V1' (No. 2) dan terminal 'W1' (No. 3) pada motor terhadap anak-anak kontak  
35 yang lain dari kontaktor K1 dan K2. 'CB2' yang terhubung dengan Netral (No. 15) sistem tenaga listrik 1-fasa pada gambar 5 adalah pengaman gangguan hubungan singkat pada motor saat beroperasi pada sistem 1-fasa.