

PENGATURAN KECEPATAN PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN INVERTER

Eri Suherman¹, Kevin Harumanto²

¹Dosen Teknik Elektro Universitas Darma Persada

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada

Abstrak

Motor induksi tiga fasa adalah motor induksi yang memerlukan sumber tegangan tiga fasa untuk bekerja. Motor induksi tiga fasa merupakan motor yang banyak digunakan untuk keperluan industri karena konstruksi yang sederhana, murah dan mudah didapat namun dapat menghasilkan tenaga yang cukup besar. Pada kegiatan industri terkadang dibutuhkan motor listrik yang putaran rotornya dapat diatur. Memang telah tersedia motor DC yang kecepatan rotornya dapat diatur dengan mudah, tetapi motor DC jauh lebih mahal dari segi harga dan perawatan jika dibandingkan dengan motor induksi tiga fasa dengan hasil tenaga yang sama. Untuk dapat mengatur kecepatan motor induksi, diperlukan inverter atau biasa disebut juga variable frequency drive atau variable speed drive adalah suatu peralatan untuk mengatur frekuensi masukan dari suatu tegangan bolak-balik. Dengan adanya inverter, maka kecepatan motor induksi dapat diatur karena perubahan frekuensi berbanding lurus dengan kecepatan motor induksi.

Kata kunci :Motor induksi, rotor, inverter, frekuensi

1. PENDAHULUAN

Motor listrik adalah suatu mesin listrik yang menggunakan listrik sebagai tenaga untuk diubah menjadi energi mekanis atau gerak. Motor listrik telah banyak digunakan pada kegiatan sehari-hari seperti keperluan rumah tangga dan industri. Motor listrik yang paling banyak digunakan dalam industri adalah motor induksi tiga fasa.

Motor induksi merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan di Industri untuk keperluan penggerak berbagai proses yang ada di industri diantaranya adalah : Pompa, Kompresor, Fun, Blower, Konveyor, dan penggerak proses produksi lainnya. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki banyak keunggulan dibanding motor sinkron atau motor DC yaitu konstruksi sederhana, tahan lama, perawatan mudah dan efisiensinya tinggi. Dibalik keunggulannya terdapat juga kelemahan yaitu dalam hal pengaturan kecepatan dan torsi awal yang rendah. Untuk mengatasi permasalahan ini dapat digunakan Sistem kontrol dengan mengatur Tegangan input dan Frekuensinya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan dan torsi sesuai dengan kebutuhan proses produksi di Industri. Tutorial ini akan membahas sedikit topik tentang pengaturan kecepatan dan motor induksi dengan Inverter (Variable Frekuensi Drive)...

Parameter yang dibutuhkan dari motor induksi adalah pengaturan kecepatan dan torsi motor. Untuk itu dibutuhkan pengaturan yang fleksibel dengan cara mengubah

frekuensi inputannya dari 50 Hz (Standar PLN) menjadi frekuensi yang diinginkan agar motor dapat berputar pada kecepatan yang diinginkan.

Sumber Listrik dari PLN ataupun pembangkit sendiri mempunyai frekuensi yang konstan, dengan standar 50 Hz. Nah bagaimana cara merubah frekuensi 50 Hz menjadi lebih kecil atau lebih besar?. Salah satu langkah yang bisa ditempuh yaitu dengan mengubah sumber AC menjadi DC dahulu. Untuk itu dibutuhkan Rangkaian Rectifier (Penyearah) atau Converter (Penyearah Terkendali). Pada umumnya digunakan konverter (penyearah terkendali) untuk mendapatkan Sumber DC dari listrik AC. Setelah listrik AC diubah jadi sumber DC maka perlu dilakukan perataan bentuk gelombang DC yang masih mengandung ripple (riak) AC. Caranya dengan menambahkan DC Link atau semacam regulator. Hal ini berfungsi untuk meratakan bentuk gelombang DC agar berbentuk lurus dan stabil tidak terjadi naik turun (riak).

Setelah didapatkan listrik DC yang murni, langkah berikutnya adalah **mengubah Listrik DC menjadi listrik AC dengan rangkaian inverter**. Inverter sebenarnya berisi rangkaian flip flop yang melakukan pensaklaran secara bergantian terhadap listrik DC sehingga menghasilkan listrik AC. Bentuk gelombang yang dihasilkan dengan rangkaian inverter bisa gelombang kotak atau gelombang sinus. Untuk menghasilkan Listrik AC dari Output rangkaian inverter dengan gelombang sinus diperlukan rangkaian PWM (Pulse Width Modulator). Rangkaian ini yang akan mencacah listrik DC menjadi listrik AC dengan bentuk gelombang mendekati sinus.

Kenapa harus gelombang sinus? Listrik AC dengan gelombang non sinus sebenarnya bisa digunakan untuk sumber peralatan listrik seperti lampu, pemanas dan peralatan lainnya. Tetapi untuk motor listrik, gelombang AC non sinus akan mempengaruhi kualitas dayanya dan berefek pada panas yang ditimbulkan sehingga menyebabkan peralatan cepat panas dan rusak.

Dengan menggunakan inverter, maka akan banyak diperoleh keuntungan secara teknis bila dibandingkan dengan cara lain. Beberapa keuntungan tersebut antara lain: mempunyai jangkauan kecepatan yang lebih lebar, mempunyai beberapa pola untuk hubungan tegangan dan frekuensi, mempunyai fasilitas penunjukan meter, mempunyai lereng akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur secara independen, kompak, serta sistem lebih aman. Di pasaran terdapat banyak produk Inverter (VSD atau VFD) diantaranya adalah : Toshiba, Altivar, Hitachi, LG, Omron, Yaskawa, Siemen, Mitsubishi, Fuji, ABB dan lain lain.

2. SISTEM MOTOR LISTRIK DAN INVERTER

2.1 Motor Listrik

Motor Listrik adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerjanya berdasarkan hukum gaya Lorentz dan kaidah tangan kiri Fleming, yang menyatakan bahwa: Apabila sebatang konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan di dalam medan magnet maka konduktor tersebut akan mengalami gaya. Motor yang paling banyak digunakan dalam industri adalah jenis motor induksi.

Komponen dalam motor listrik sangatlah banyak, akan tetapi komponen-komponen tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu bagian komponen utama dan bagian komponen pelengkap. Komponen utama terdiri dari stator dan rotor, sedangkan

komponen pelengkap terdiri dari celah udara, terminal, bearing, badan motor, slip ring, kipas atau baling-baling, dan tutup motor atau *cover* motor.

2.1.1 Komponen Utama Motor Listrik

a. Stator

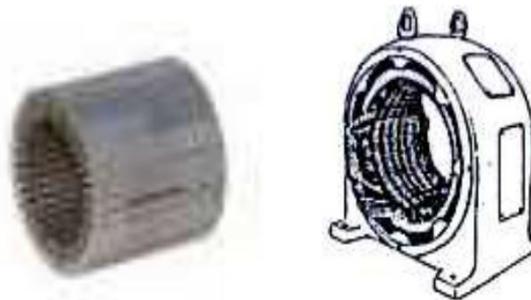
Stator adalah bagian yang tidak bergerak. Bagian stator terdiri dari saluran-saluran atau slot-slot yang terbuat dari pelat-pelat yang dipejalkan. Sebelum kawat dililitkan pada slot-slot tersebut menggunakan kertas normet, setelah itu dililitkanlah kawat-kawat tersebut atau penghantar yang merupakan gulungan statornya. Bentuk gulungan pada dasarnya cukup banyak, namun yang umum digunakan ada 3 macam, yaitu blok biasa, *block diamond*, dan *block smith*. Penempatan sistem gulungan-gulungan yang ada disesuaikan dengan slot yang ada dalam motor tersebut dan biasanya untuk slot dalam motor yang besar memakai sistem *block smith* dan untuk ruangan didalam motor yang kecil memakai *block diamond* atau blok biasa.

Didalam stator terdapat kumparan-kumparan yang dapat dihubungkan bintang/*star* dan atau segitiga/*delta*. Kumparan-kumparan ini dihubungkan dengan sumber daya 3 fasa, sehingga didapatkan sebuah medan magnet putar. Kecepatan medan magnet putar tergantung pada jumlah kutub stator dan frekuensi sumber dayanya. Kecepatan ini disebut kecepatan sinkron, yang ditentukan dengan rumus:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- n : Kecepatan medan putar stator (rpm)
- f : Frekuensi sumber daya (Hz)
- p : Jumlah kutub stator



Gambar 2.1 Kumparan Stator

a. Rotor

Rotor dari motor induksi ada dua macam, yaitu rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) dan rotor lilit (*wound rotor*). Rotor motor induksi tidak berputar pada kecepatan sinkron tetapi sedikit ketinggalan atau terjadi selisih jumlah putaran antara putaran stator dan putaran rotor. Ketinggalan atau selisih tersebut biasanya dinyatakan sebagai persentase kecepatan sinkron yang disebut slip, dan dirumuskan dengan :

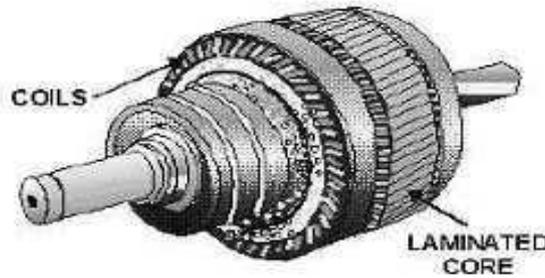
$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = Slip atau selisih putaran rotor dan stator pada motor induksi

Ns = Kecepatan medan putar stator (rpm)

Nr = Kecepatan medan putar rotor (rpm)



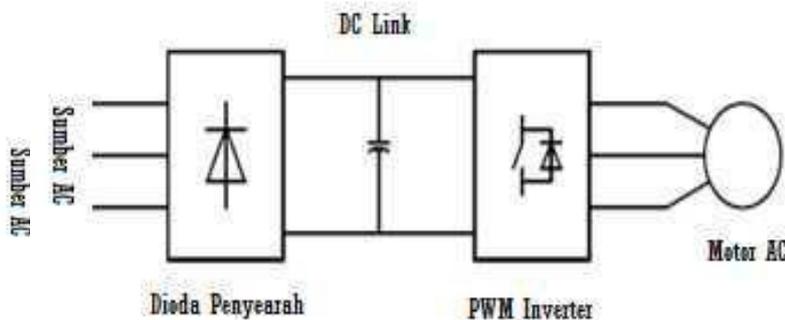
WOUND ROTOR

Gambar 2.2 Kumparan Rotor

2.1. Inverter

Inverter merupakan alat untuk mengatur kecepatan putaran motor dengan cara mengubah frekuensi listrik sesuai dengan kecepatan motor yang diinginkan. Secara sederhana prinsip dasar dari inverter (*Variable Speed Drive*) adalah mengubah input motor (Listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Variable speed drive atau *variable frequency drive* atau singkatnya disebut dengan inverter adalah solusi aplikasi yang membutuhkan kemampuan pengaturan motor lebih lanjut, misal: pengaturan putaran motor sesuai bebannya atau sesuai nilai yang kita inginkan. Penggunaan inverter bisa untuk aplikasi motor AC maupun DC. Istilah inverter sering digunakan untuk aplikasi AC.



Gambar 2.9 Bagian Utama Dari Inverter

Salah satu keuntungan jika menggunakan inverter adalah, putaran motor atau mesin dapat dikembalikan sesuai dengan kebutuhan dan keinginan kita, sehingga dapat

mencapai kapasitas produksi yang maksimal dan mempunyai jangkauan kecepatan yang lebih besar, mempunyai pola untuk hubungan tangan dan frekuensi, mempunyai fasilitas penunjukan meter, serta lebih aman dan meminimalisir konsumsi energi dan untuk mengurangi arus *starting*.

Mesin-mesin sentrifugal modern telah memanfaatkan *Variable Speed Drive*(VSD) sebagai alat pengatur kecepatan. Pengatur kecepatan atau VSD, baik itu *Frequency Inverter* maupun *DC-Converter*, dapat memberikan pengaturan percepatan dan perlambatan yang lembut pada mesin sentrifugal dan pada saat yang sama dapat memberikan torsi keluaran sampai 100%.

Aplikasi inverter *speed drive* banyak diperlukan dalam industri. Jika slip/pengereman maka saat ini banyak menggunakan semikonduktor. Tidak seperti *softstarter* yang mengelola level tegangan, inverter menggunakan frekuensi tegangan masuk untuk mengatur kecepatan motor. Seperti diketahui, pada kondisi ideal (tanpa slip).

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

n : Kecepatan putaran motor (rpm)

f : Frekuensi (Hz)

Jadi dengan memainkan perubahan frekuensi tegangan yang masuk pada motor, *speed* atau kecepatan akan berubah. Karena itu inverter disebut juga *Variable Speed Drive*. Untuk bagian inverter, rangkaian PWM di atas menggunakan komponen elektronika daya "*Insulated Gate Bipolar Transistor*" (IGBT), IGBT memiliki kemampuan pensaklaran yang sangat tinggi hingga ribuan kali per detik dimana dapat aktif kurang dari 400 nano detik dan mati dalam waktu 500 nano detik.

IGBT dibangun oleh sebuah *gate*, kolektor, dan emitor. Saat *gate* diberikan tegangan positif (biasanya + 15 VDC), arus akan mengalir melalui kolektor dan emitor. IGBT akan mati saat tegangan dihilangkan dari *gate*.

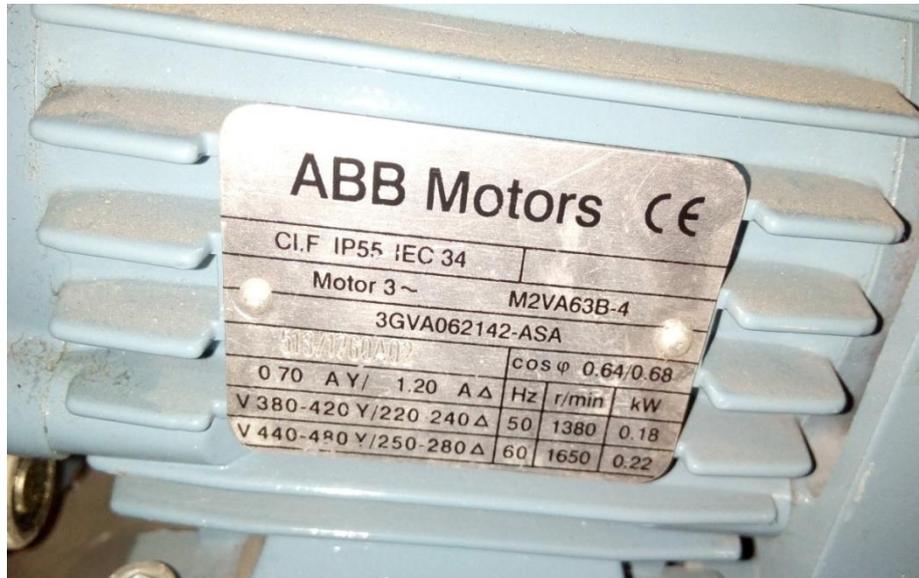
Selama kondisi mati. Tegangan *gate* IGBT akan ditahan pada nilai tegangan negatif kondisi mati, tegangan *gate* IGBT akan ditahankan pada nilai tegangan yang kecil sekitar -15 VDC untuk mencegah agar tidak hidup dengan sendirinya.

3. PROSES PENGATURAN INVERTER DALAM MENGATUR KECEPATAN PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA

3.1 Penentuan Spesifikasi dan Pengawatan Motor

Agar inverter dan motor induksi bisa berfungsi dengan baik, diperlukan pencocokan data pada *name plate* motor induksi dengan inverter. Gambar 3.1 menunjukkan spesifikasi motor induksi yang akan dihubungkan ke inverter. Pada gambar tersebut juga menunjukkan ada dua hubungan yang bisa digunakan pada motor induksi tersebut, yaitu hubungan *delta* dan hubungan *wye*. Pada pengujian ini, data yang akan dimasukkan ke dalam data pada inverter adalah data pada hubungan *delta* dengan frekuensi 50 Hz. Alasan digunakannya hubungan *delta*, karena tegangan sumber yang digunakan yaitu tegangan 1 fasa sebesar 220 volt.

Setelah menentukan data motor, yang dilakukan selanjutnya yaitu pengawatan dari sumber jala-jala dari PLN menuju input inverter dan dari output inverter menuju input motor induksi. Gambar 3.2 adalah bentuk fisik inverter yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor.



Gambar 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa yang Digunakan

3.1.1. Memasukkan Data Motor ke Parameter Inverter

Data yang sudah didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam data parameter pada inverter. Data tersebut dapat dimasukkan dengan menggunakan panel inverter. Tabel 3.2 adalah penjelasan dari masing-masing.

Tabel 3.2 Fungsi-Fungsi Tombol Panel Inverter

No	Simbol	Fungsi
1		Menjalankan atau menyalakan motor
2		Menghentikan atau mematikan motor
3		Menaikkan kecepatan putaran motor dengan kelipatan 10

4		Menurunkan kecepatan putaran motor dengan kelipatan 10
5		Menaikkan kecepatan putaran motor dengan kelipatan 1
6		Menurunkan kecepatan putaran motor dengan kelipatan 1
7		Masuk ke menu <i>Actual Signal Display Mode</i>
8		Masuk ke menu <i>Parameter Mode</i>
9		Masuk ke menu <i>Function Mode</i>
10		Masuk ke menu <i>Drive Selection Mode</i>
11		Menyimpan data yang telah dimasukkan dan memilih menu yang akan dipilih
12		Mengubah kondisi inverter menjadi <i>Local</i> atau <i>Remote</i>
13		Mereset kesalahan (<i>Fault</i>)
14		Masuk ke menu <i>Reference Setting</i>

15		Mengubah arah putaran motor menjadi searah jarum jam
16		Mengubah arah putaran motor menjadi berlawanan arah jarum jam

Untuk memasukkan data yang ada pada *name plate* motor ke dalam inverter dilakukan dengan masuk ke menu parameter yang berada di panel inverter. Data-data yang harus dimasukkan adalah sebagai berikut :

1. Parameter 99.05 : Tegangan motor (V)
2. Parameter 99.06 : Arus nominal motor (A)
2. Parameter 99.07 : Frekuensi nominal motor (Hz)
3. Parameter 99.08 : Kecepatan nominal motor (rpm)
4. Parameter 99.09 : Daya motor (kW)

Tabel 3.3 menunjukkan hasil nilai frekuensi output inverter, arus output inverter dan putaran rotor motor induksi yang terukur dalam empat kali pengujian.

Tabel 3.3 Nilai Frekuensi, Arus dan Kecepatan Putaran yang Terukur Pada Inverter

No	Frekuensi Output Inverter (Hz)	Arus Output Inverter (A)	Kecepatan Rotor Motor Induksi (rpm)
1	6,75	0,39	200
2	13,64	0,38	400
3	23,66	0,37	700,1
4	33,52	0,34	1000

3. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan mengenai proses pengaturan inverter dalam mengatur kecepatan putaran motor induksi 3 fasa diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan output dari inverter dapat berputar dengan baik, dimana input inverter tersebut terhubung dengan sumber tegangan 1 fasa.
2. Perubahan nilai frekuensi output inverter berbanding lurus dengan kecepatan motor induksi. Semakin besar nilai frekuensi output inverter yang dihasilkan maka kecepatan motor induksi akan semakin meningkat dan sebaliknya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.
3. Perubahan nilai frekuensi output inverter berbanding terbalik dengan nilai arus output inverter. Semakin besar nilai frekuensi output inverter yang dihasilkan maka nilai arus output inverter akan semakin kecil dan sebaliknya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

DAFTAR PUSTAKA

1. FATEC, **Inverter School Text, Inverter Practical Course**, Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, 2006, p.211.
2. F.D. Petruzella, **Elektronik Industri**, Andi, Yogyakarta, 2001, p.722.
3. Zuhail, **Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya**, Gramedia. Pustaka Utama, Jakarta, 2002, p.249.
4. E. Santoso, **Analisis Sistem Kerja dari Inverter**, Skripsi, 2008.