

# SISTEM PENGENDALIAN MOTOR SINKRON SATU FASA BERBASIS MIKROKONTROLER

**Deni Almanda<sup>1</sup>, Anodin Nur Alamsyah<sup>2</sup>**

<sup>1)2)</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)  
Email: deni.almanda@ftumj.ac.id; anodintea@gmail.com

## Abstrak

Dalam dunia industri tidak sedikit dibutuhkan suatu alat yang kerjanya konstan terutama dalam hal kecepatan putar untuk menggerakkan benda kerja supaya hasil yang didapatkan maksimal dan berkualitas. Motor sinkron adalah motor AC yang mempunyai sifat konstan dalam hal putarannya karena berbanding lurus dengan frekuensi tegangan inputnya. Permasalahan yang belum terselesaikan mengenai motor sinkron adalah dalam hal putaran awalnya yang masih harus dibantu dengan putaran motor lain yang disatukan sumbu sehingga setelah mencapai kecepatan tertentu baru kemudian bisa diberi tegangan pada motor sinkron tersebut. Hal ini terjadi apabila diberi tegangan dengan frekuensi yang sudah tinggi maka rotor pada motor sinkron tidak bisa mengikuti putaran medan pada stator yang pada akhirnya motor tidak bisa berputar. Untuk itu penulis mencoba untuk membuat suatu alat yang bisa digunakan untuk menggerakkan motor sinkron. Yaitu berupa driver yang dikontrol menggunakan IC mikrokontroler supaya menghasilkan tegangan dengan frekuensi yang bisa diatur mulai dari frekuensi rendah terus bertahap sampai mencapai frekuensi tinggi. Sehingga motor sinkron bisa berjalan tanpa harus menggunakan putaran motor lain. Selain itu alat ini bisa mengontrol kecepatan dengan mengatur frekuensi, sehingga bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan.

**Kata kunci: Motor Sinkron, Mikrokontroler, Inverter**

## PENDAHULUAN

Motor AC memiliki keunggulan dalam hal kesederhanaan dan murah biaya perawatan sehingga jenis motor ini banyak dipakai di lingkungan industri maupun rumah tangga. Pengendalian kecepatan putaran motor AC dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi.

Motor sinkron adalah motor AC yang memiliki kecepatan konstan, namun demikian kecepatannya dapat diatur karena berbanding lurus dengan frekuensi. Motor sinkron secara khusus sangat baik digunakan untuk kecepatan rendah. Kelebihan dari motor sinkron ini antara lain dapat dioperasikan pada faktor daya lagging maupun leading, tidak ada slip yang dapat mengakibatkan adanya rugi-rugi daya sehingga motor ini memiliki efisiensi tinggi. Sedangkan kelemahan dari motor sinkron adalah tidak mempunyai torka mula, sehingga untuk starting diperlukan cara-cara tertentu.

Bila metode starting telah dapat dikembangkan dikemudian hari, maka motor ini akan lebih unggul dibandingkan motor listrik yang lain.

## LANDASAN TEORI

### Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mesin sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan mesin induksi, sedangkan kumparan medan mesin sinkron dapat berbentuk kutub sepatu (salient) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan yang dialirkan ke rotor melalui cincin dan sikat. Bagian dasar dari sebuah motor sinkron:

#### 1. Rotor

Perbedaan utama antara motor sinkron dan motor induksi adalah bahwa rotor mesin

sinkron berjalan pada kecepatan putar yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan sebab medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC excited, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan pada medan magnet lainnya.

### 2. Stator

Menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang pasok. Motor ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$N_s = 120 f/P$$

Dimana :

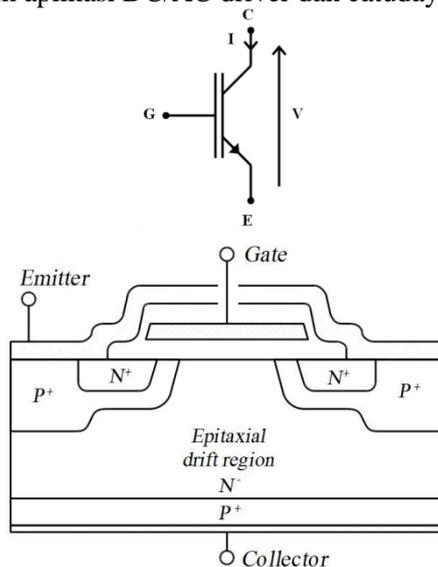
$f$  = Frekuensi dari pasokan frekuensi

$N_s$  = Kecepatan sinkron

$P$  = Jumlah kutub

### IGBT (Insulate Gate Bipolar Transistor)

Transistor dwikutub gerbang terisolasi (IGBT = insulated gate bipolar transistor) adalah piranti semikonduktor yang setara dengan gabungan antara sebuah BJT dan sebuah MOSFET. Jenis peranti baru yang berfungsi sebagai komponen saklar untuk aplikasi daya ini muncul sejak tahun 1980-an. IGBT menjadi peralatan yang sangat populer dalam power elektronik dan menyebar luas dalam aplikasi DC/AC driver dan catudaya.



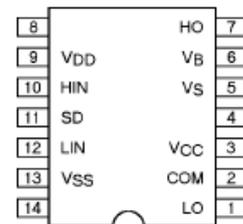
Gambar 1. Simbol dan Struktur IGBT

Sesuai dengan namanya, peranti baru ini merupakan peranti yang menggabungkan struktur dan sifat-sifat dari kedua jenis transistor tersebut di atas yaitu BJT dan MOSFET. Dengan kata lain, IGBT

mempunyai sifat kerja yang menggabungkan keunggulan sifat-sifat kedua jenis transistor tersebut. Saluran gerbang dari IGBT sebagai saluran kendali juga mempunyai struktur bahan penyekat (isolator) sebagaimana pada MOSFET. Masukan dari IGBT adalah terminal Gerbang dari MOSFET, sedang terminal Source dari MOSFET terhubung ke terminal Basis dari BJT. Dengan demikian, arus cerat keluar dan dari MOSFET akan menjadi arus basis dari BJT. Karena besarnya resistansi masukan dari MOSFET, maka terminal masukan IGBT hanya akan menarik arus yang kecil dari sumber. Disatu sisi arus cerat sebagai arus keluaran dari MOSFET akan cukup besar untuk membuat BJT mencapai keadaan jenuh. Dengan gabungan sifat kedua unsur tersebut, IGBT mempunyai perilaku yang cukup ideal sebagai sebuah saklar elektronik. Disatu pihak IGBT tidak terlalu membebani sumber, dipihak lain mampu menghasilkan arus yang besar bagi beban listrik yang dikendalikannya. Terminal masukan IGBT mempunyai nilai impedansi yang sangat tinggi, sehingga tidak membebani rangkaian pengendalinya yang umumnya terdiri dari rangkaian logika.

### Driver IR2110

Dalam penggunaannya sebagai driver mosfet atau IGBT banyak tipe rangkaian untuk mengontrol gate dari gate mosfet dan IGBT, ada 3 yaitu menggunakan optocoupler isolated, transformer isolate dan isolated driver. Untuk drive IGBT menggunakan jenis tipe yang khusus, salah satunya dengan menggunakan IC IR2110 seperti di tunjukan pada gambar 2.



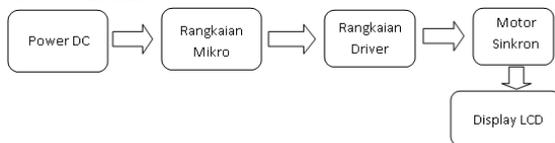
Gambar 2. Konfigurasi Pin IR2110

Dalam penggunaan half bridge yang digunakan dalam gelombang sinus inverter, desain 2 IGBT digunakan sebagai sisi tinggi dan 2 IGBT lainnya sebagai sisi rendah. IR2110 dapat beroperasi pada tegangan tinggi diatas 500V (tegangan offset). Pin keluaran

dapat memberikan arus puncak diatas 2A hal ini juga dapat digunakan sebagai driver IGBT dengan sirkuit floating.

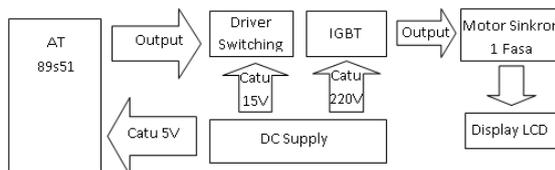
### PENDAHULUAN

Perancangan alat ini didasarkan pada diagram blok seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Keseluruhan

Sedangkan untuk diagram aliran system kerja keseluruhan ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini.



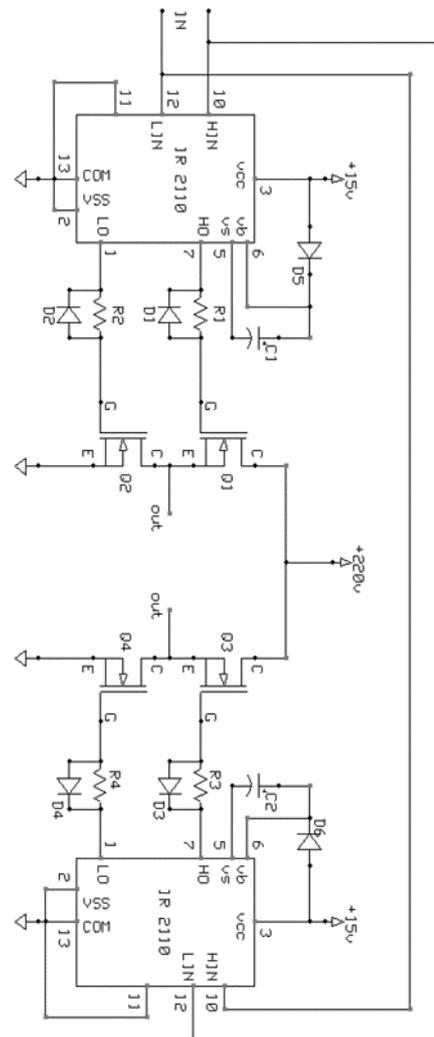
Gambar 4. Aliran Sistem Keseluruhan

Aliran system keseluruhan AT89S51 sebagai pengendali utama adalah DC Supply yang merupakan catu 5V dan 15V DC. Driver switching digunakan untuk meneruskan keluaran dari mikrokontroler yang merupakan gelombang kotak dengan frekuensi yang sudah diatur sebelumnya untuk menuju ke gate IGBT. IGBT digunakan sebagai saklar elektronik dan keluaran dari IGBT tersebut terhubung ke beban motor sinkron dengan kecepatan putaran sesuai dengan frekuensi yang diberikan, dari putaran tersebut diperoleh kecepatan dalam satuan rpm yang ditampilkan ke display LCD.

Mikrokontroler yang digunakan pada perancangan alat ini menggunakan dua buah IC, yaitu IC yang pertama digunakan untuk kontrol driver pembangkit pulsa/frekuensi, diharapkan frekuensi yang dihasilkan mendekati presisi, selain itu juga memudahkan dalam perhitungan sistem tundanya sehingga frekuensi keluaran sesuai dengan yang diharapkan. Sedangkan IC kedua sebagai IC utama karena digunakan untuk kontrol input output dari keypad dimana tombol start dan stop serta pemilihan frekuensi sesuai keinginan ada pada keypad ini dan juga mengontrol

display LCD termasuk mengontrol IC yang pertama yang berfungsi sebagai pembangkit pulsa/frekuensi.

### Perancangan Rangkaian Driver Motor



Gambar 5. Rangkaian Inverter atau Driver Motor

Pada rangkaian driver motor digunakan IC IR2110 sebagai driver gate pada IGBT yang selanjutnya IGBT melakukan switching sebagai inverter untuk mengeluarkan tegangan load output 220V AC. Cara kerjanya yaitu secara bergantian, ketika Q1 dan Q4 kerja, maka Q2 dan Q3 off, begitu sebaliknya secara terus menerus dalam kecepatan tinggi, sehingga pada output dihasilkan load 220V AC. Sedangkan input rangkaian driver motor ini berasal dari keluaran mikrokontroler melalui IC pembalik 7414 yang merupakan

pembentuk pulsa kotak, dengan mengambil dua buah output dari IC tersebut dengan melewati satu gerbang not dan dua gerbang not maka diperoleh dua buah keluaran yang saling berlawanan, yang digunakan untuk sinyal inputan pada rangkaian driver motor tepatnya kaki Hin dan Lin pada kaki IC IR2110.

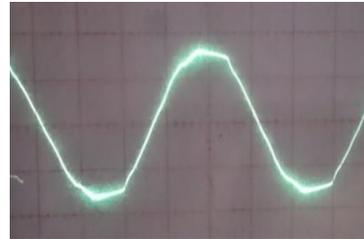
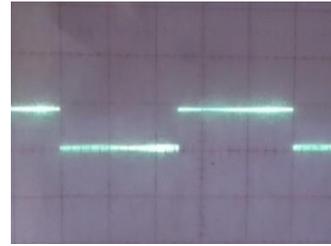
## PENGUJIAN DAN ANALISA

### Pengujian Alat

Pengujian pertama dilakukan terhadap subsistem dari alat yaitu pengukuran disetiap blok rangkaian. Hasil pengukuran frekuensi keluaran dari rangkaian pembangkit pulsa ditunjukkan pada gambar 6. Sedangkan untuk pengukuran keluaran dari driver motor/inverter bisa dilihat pada gambar 7.



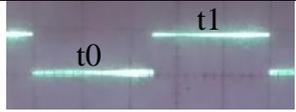
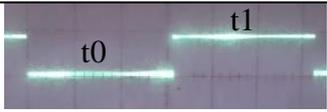
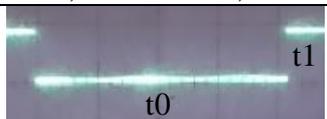
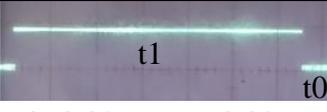
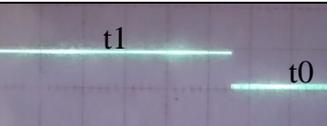
Gambar 6. Hasil Pengukuran Frekuensi 50 Hz dan Bentuk Sinyal PWM



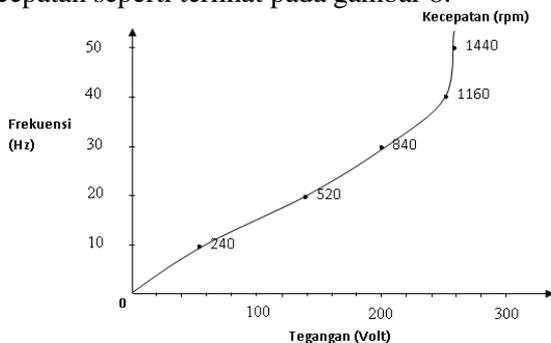
Gambar 7. Hasil Pengukuran Sinyal Frekuensi Input dan Keluaran Inverter

Hasil dari pengukuran dan pengujian dari setiap kecepatan pada frekuensi yang berbeda terlihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran

No.	Frekuensi Input (Hz)	Tegangan Output (volt)	Kecepatan Motor (rpm)	Gambar Sinyal Frekuensi pada oscilloscope
1.	50	258	1440	 t0=0,01s t1=0,01s
2.	40	252	1160	 t0=0,0125s t1=0,0125s
3.	30	201	840	 t0=0,016s t1=0,016s
No.	Frekuensi Input (Hz)	Tegangan Output (volt)	Kecepatan Motor (rpm)	Gambar Sinyal Frekuensi pada oscilloscope
			7	
4.	20	139	520	 t0=0,025s t1=0,025s
5.	10	55	240	 t0=0,05s t1=0,05s

Pengujian tegangan yang dihasilkan terhadap frekuensi yang diberikan menghasilkan grafik kecepatan seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Kecepatan yang Diperoleh

### Analisis

Hasil dari pengujian dan pengambilan data dari sistem pengendalian motor sinkron 1 fasa berbasis mikrokontroler didapatkan bahwa tegangan keluaran mulai mengalami titik jenuh diatas frekuensi 50 Hz. Sedangkan kecepatan putar motor akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya frekuensi. Hal ini terjadi karena kecepatan putar motor sinkron akan berbanding lurus dengan besar frekuensinya.

Jika dilihat menurut rumus persamaan kecepatan yang ada, hasil dari pengukuran dan pengujian kecepatan motor sinkron mengalami sedikit perbedaan. Hasil yang didapatkan lebih kecil dari yang seharusnya, yaitu bila frekuensi yang diberikan 50 Hz maka kecepatan yang seharusnya didapatkan dengan jumlah kutub pada motor sinkron adalah 4 buah, maka kecepatan seharusnya 1500 rpm. Akan tetapi setelah dilakukan pengukuran dan

pengujian hasilnya adalah 1440 rpm. Hal ini terjadi karena keakuratan dari sensor putar itu sendiri kurang maksimal, karena masih terdapat ruang cahaya yang mempengaruhi kinerja sensor dalam pembacaan signal.

Waktu yang dibutuhkan dari keadaan diam hingga mencapai kecepatan pada frekuensi 50 Hz adalah sekitar 4,5 detik. Respon kecepatan ini bisa terukur dari program yang telah dibuat dan sudah dicocokkan dengan hasil putaran motor yang sebenarnya. Waktu percepatan untuk mencapai kecepatan maksimal bisa diperpendek dengan mengatur delay pada program yang dibuat. Akan tetapi ini merupakan waktu terbaik karena telah diuji coba dengan mengurangi delay pada program untuk mendapatkan respon percepatan lebih pendek hasilnya motor tidak bergerak. Hal ini dimungkinkan rotor tidak bisa mengikuti percepatan frekuensi yang berubah terlalu cepat.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisis alat, maka dapat disimpulkan bahwa:

Pembuatan sistem pengendalian motor sinkron 1 fasa berbasis mikrokontroler telah berhasil dilakukan dengan mengendalikan kecepatan berdasarkan frekuensi yang diberikan melalui keypad, sehingga motor sinkron dapat berputar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan serta dapat menampilkan melalui display LCD besar frekuensi dan kecepatan motornya. 2. Berdasarkan grafik kecepatan pada pengukuran, perbedaan kenaikan kecepatan lebih besar pada pengaturan frekuensi rendah, termasuk juga kenaikan tegangan yang dihasilkan, sedangkan pada frekuensi diatas 50 Hz tegangan yang dihasilkan mulai jenuh akan tetapi kecepatan terus bertambah sesuai dengan bertambahnya frekuensi. Hal ini terjadi karena kecepatan sinkron akan sejalan atau sebanding dengan frekuensinya. Hal ini juga sekaligus merupakan kelemahan dari alat ini, karena tegangan keluaran yang dihasilkan akan tetap setelah frekuensi yang diberikan lebih dari 50 Hz. 3.

Apabila dilihat dari hasil pengambilan data pada pengukuran dan pengujian alat ini, maka pengendalian putaran motor sinkron berdasarkan frekuensi terbukti lebih efisien, karena bertambahnya kecepatan hanya dipengaruhi oleh frekuensi input yang diberikan, sedangkan tegangan akan konstan apabila sudah jenuh dan hal ini akan lebih menghemat daya. Disisi lain motor sinkron mempunyai torsi yang besar dimana motor sinkron

akan tetap mempertahankan kecepatannya bila terjadi penambahan beban. Hal ini akan sangat berguna untuk industri terutama bagian produksi yang membutuhkan putaran alat yang konstan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agfianto, E.P., 2002, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/53 (Teori dan Aplikasi)*, Gava Media, Yogyakarta.
- All rights reserved. Atmel/www.atmel.com/literature, Atmel Corporation 2008.
- Mochtar Wijaya, ST,2001, "*Dasar-dasar Mesin Listrik*", Djembatan, Jakarta.
- Nalwan, A.P., 2003, *Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Purwanto Gendroyono, 1999, "*Sistem Penggerak Motor Induksi dengan Beban Berubah Menggunakan Inverter PWM Berbasis Mikrokontroler*", Program Studi Teknik Elektro Jurusan Ilmu-ilmu Teknik, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rashid, H.M., 1999, *Power Electronics Circuits, Devices, and Applications*, Prentice Hall, New Delhi.
- Zuhal. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta. PT Gramedia Pustaka Utama. 1995.