

# KENDALI ARUS *STARTING* MOTOR INDUKSI SATU FASA MENGGUNAKAN *MAGNETIC ENERGY RECOVERY SWITCH (MERS)*

Ken Hasto<sup>1</sup>, Muhammad Haddin<sup>2</sup>, Dedi Nugroho<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan MTE, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang  
Jl. Raya Kaligawe KM 4, Semarang

Email : [ken.hasto@yahoo.com](mailto:ken.hasto@yahoo.com), [haddin@unissula.ac.id](mailto:haddin@unissula.ac.id), [dedinugroho@unissula.ac.id](mailto:dedinugroho@unissula.ac.id)

## ABSTRACT

*Control of Electrical Energy at the induction motor starting can be done by adjusting the input Voltage so that the flow generated during the starting of the motor can be arranged magnitude.*

*The purpose of this study was to determine the characteristic Magnetic Energi Recovery Switch(MERS), as the regulator of the input voltage at the time of induction motor starting so that the current can be controlled and can regulated the electrical energy consumed by the motor .*

*The method does is to design the input voltage of the motor control by magnetic energy recovery switch MERS . Aplication MERS as a motor input voltage controller firstly be simulated with PSim Software, The simulated results, as a reference made prototype and tasted its feasibility, criteria feasible and not feasible Mers device can be determined, among others, large capacitance smaller than the capacitance resonance .maximum voltage capacitor is not more than twice the voltage source and has low harmonic impact*

*Results Mers applications as controlling the input voltage at the beginning of starting an induction motor capable of improving lowers the voltage to 108 volts .*

**Keywords :** *Device Mers, the energy regulator, power factor improvement*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang Permasalahan

Dewasa ini Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi masyarakat, dari kebutuhan penerangan untuk masyarakat langsung maupun untuk masyarakat industri. Pengoperasian perangkat lunak hingga penggerak perangkat kerasnya untuk kegiatan produksi dalam dunia Industri hampir semuanya menggunakan tenaga listrik, penggerak utama banyak menggunakan motor listrik dan salah satu

jenis motor yang banyak digunakan adalah motor induksi, karena motor induksi mempunyai konstruksi yang sederhana dan sangat mudah pengaturan kecepatannya namun permasalahan pengasutan (starting) motor induksi perlu menjadi perhatian, karena arus startingnya dapat mencapai 5 – 7 kali arus nominal ( $I_n$ ) walaupun dalam kurun waktu yang singkat. Bila terjadi kenaikan arus yang mendadak dapat mengganggu stabilitas putaran motor yang sedang

beroperasi atau memungkinkan terjadinya power trip.

Sistem pengendalian start motor induksi dapat digunakan antara lain dengan memasang kapasitor pada terminal masukan, kapasitor terpasang serie dengan kumparan bantu, kapasitor start direncanakan khususnya untuk waktu pemakaian yang singkat,. Bila saat start dan setelah putaran motor mencapai 75% dari kecepatan penuh, saklar sentrifugal otomatis akan terbuka untuk memutuskan kapasitor dari rangkaian, sehingga yang tinggal selanjutnya hanya kumparan utama dan arus startingnya terkendali.

Cara lain dari permasalahan ini adalah menggunakan teknologi elektronika daya *Triode for alternating current* (TRIAC) digunakan sebagai komponen utama dalam *soft starter*. Pengaturannya juga diatur dengan mikrokontroler untuk memudahkan melakukan pengasutan. Mikrokontroler yang digunakan dapat menggunakan Arduino. *Soft starter* yang dirancang mampu menurunkan arus pengasutan hingga 2 kali untuk pengasutan tanpa beban.

Pengendalian starting motor induksi satu fasa dengan cara yang lain lagi adalah Sakelar Pemulih Energi Magnetik (*Magnetic Energy Recovery Switch/MERS*) bekerja mengendalikan pengisian dan pengosongan muatan kapasitor dengan mengontrol pergeseran Kendali Arus *Starting Motor*.....

sudut penyalan Mosfet, rangkaian MERS tersebut dipasang antara motor induksi satu fasa dan sumber tegangan, cara pengendalian starting motor adalah dengan mengendalikan reaktans induktif yang dihasilkan oleh motor induksi dengan mengatur besarnya reaktans kapasitif yang dihasilkan oleh rangkaian MERS dengan cara mengatur pengisian dan pengosongan kapasitor pada rangkaian MERS.

### Tinjauan Pustaka

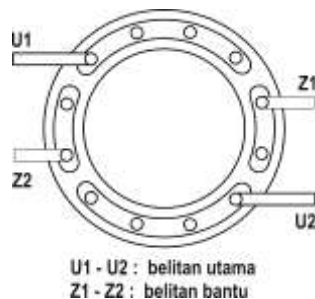
Motor induksi biasa disebut dengan motor tak serempak atau motor Asinkron, karena putaran medan stator selalu mendahului putaran medan rotor, kumparan motor induksi terdiri dari kumpara utama dan kumparan bantu yang berbeda  $90^0$  listrik dengan beda besaran resistansi dan reaktansi sehingga aliran arus tidak sefasa, beda arus antara kumparan utama dan kumparan bantu inilah yang akan menyebabkan terjadinya perbedaan fluks medan utama dan fluks medan bantu pada stator, sehingga menghasilkan medan putar yang menimbulkan kopel mula dan arus yang besar pada motor

Sistem untuk pengendalian arus mula yang besar pada saat starting motor induksi agar tidak mengganggu jaringan listrik terpasang, maka arus starting harus dapat dikendalikan antara lain salah

satunya dengan memasang kapasitor starting

### Motor Listrik Induksi 1 fasa

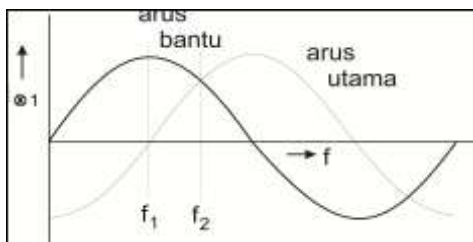
Motor listrik satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (belitan U1-U2) dan belitan fasa bantu (belitan Z1-Z2),



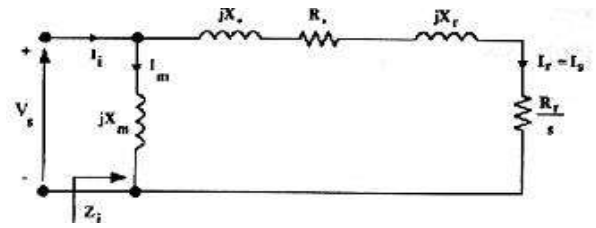
**Gambar 1.** Medan Magnet Utama dan

Medan magnet Bantu Motor Satu fasa

Belitan utama menggunakan penampang kawat tembaga lebih besar sehingga memiliki impedansi lebih kecil. Sedangkan belitan bantu dibuat dari tembaga berpenampang lebih kecil dan jumlah belitannya lebih banyak, sehingga impedansinya lebih besar dibanding impedansi belitan utama



**Gambar 2** Grafik gelombang arus medan bantu dan arus medan utama



**Gambar 3.** Rangkaian ekivalen motor induksi sederhana.

### Fenomena *transien arus starting*

Ketika motor induksi di jalankan maka akan timbul arus mula yang besar, hal ini dikarenakan frekuensi dan reaktans yang tinggi dalam kondisi start yaitu dengan slip seratus persen. Jadi dalam rangkaian rotor yang sangat reaktif, arus rotor tertinggal terhadap GGL rotor dengan sudut yang besar, ini berarti bahwa aliran arus maksimum terjadi dalam konduktor rotor pada suatu waktu setelah kerapatan fluksi maksimum stator melewati konduktor tersebut. sehingga kondisi ini menghasilkan arus mula yang besar dengan faktor daya yang rendah dan menghasilkan torsi mula yang rendah. Jika rotor melakukan percepatan, frekuensi rotor menjadi berkurang dikarenakan nilai slip yang berkurang, berarti nilai reaktansi rotornya berkurang, sehingga menyebabkan nilai torsi naik ke harga maksimum. Jika motor dipercepat lebih lanjut, torsi akan turun sesuai dengan harga yang diperlukan

untuk memutar beban dengan kecepatan konstan.

Saat motor starting, terjadi lonjakan arus yang besar, berkisar antara 5 – 7 kali dari arus nominal yang terjadi dalam waktu yang sangat singkat, dan mengakibatkan jatuh tegangan sesaat. Fenomena seperti ini akan menyebabkan efek seperti:

1. Torsi pada saat arusnya transien akan menyebabkan tekanan pada sistem mekanisnya.
2. Menghambat percepatan putaran motor menuju putaran nominal.
3. Kegagalan kerja pada peralatan lain seperti relai, kontaktor.
4. Mengganggu putaran motor lain yang sedang bekerja pada satu jaringan yang sama

### Pengertian tentang saklar pemulih energi magnetik (MERS)

Saklar pemulih energi magnetik berasal dari alih bahasa *Magnetic Energy Recovery Switch* disingkat MERS. Sesuai nama dan prinsip fungsinya saklar pemulih energi magnetik adalah menyerap secara dinamis dan memancarkan kembali energi magnetik untuk beban-beban induktif

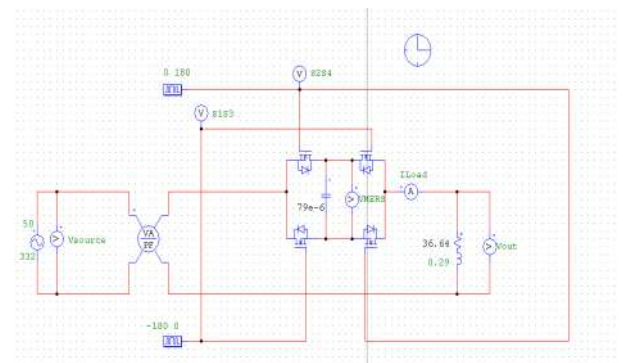
Dasar tata letak dan penempatan perangkat saklar pemulih energi magnetik seperti *full-bridge converter*, terdiri dari sebuah kapasitor dihubungkan ke empat Kendali Arus *Starting Motor*.....

pasang dioda-transistor. Proses pengisian dan pengosongan kapasitor dikendalikan oleh transistor sebagai saklar berpasangan, yang terdiri dari dua saklar letaknya berlawanan diagonal satu sama lainnya dengan satu pasang diaktifkan dan yang lain tidak diaktifkan dalam setiap periode listrik.

### Prinsip kerja saklar pemulih energi magnetik

Prinsip kerja saklar pemulih energi magnetik (MERS) bekerja berdasarkan pengisian dan pengosongan sebuah kapasitor dengan pengaturan aktif dan non aktif dari transistor sebagai saklar berpasangan, pasangan satu diaktifkan dan yang lain tidak diaktifkan dalam setiap periode listrik. Ketika *MOSFET on*, *drain* lebih positif dari *source* maka arus akan mengalir melewati transistor. Akan tetapi jika *MOSFET off* *drain* lebih negative dari *source* maka arus mengalir melalui diode.

### Rangkaian MERS



**Gambar 4.** Rangkaian MERS dengan Motor Induksi 1 fasa

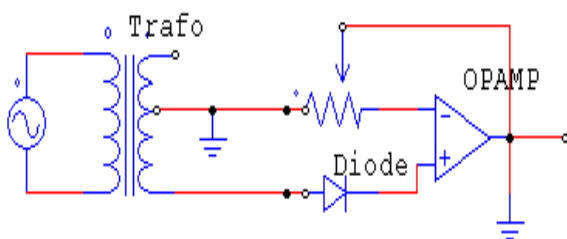
1. Saklar Pemulih Energi Magnetik (MERS) yang difungsikan untuk mengatur tegangan masukan pada motor induksi
2. Parameter Motor Induksi Pengukuran reaktansi dan resistansi dari motor Induksi untuk menentukan besarnya nilai C pada rangkaian MERS
3. Picuan MOSFET .Untuk mengisi dan mengosongkan kapasitor dalam untai MERS dilakukan dengan memberikan tundaan picuan MOSFET .

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

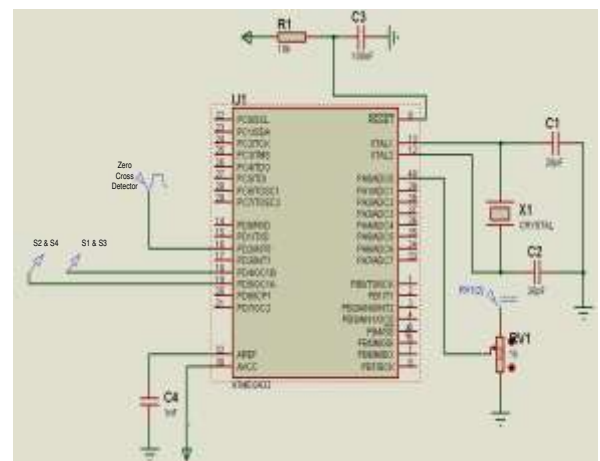
- a. Modul Zero Cross Detektor dan OPAMP Lf 356

Modul Zero cross detector yang didalamnya terdapat sebuah OPAMP yang dikonfigurasi sebagai rangkaian comparator (pembanding tegangan) berfungsi untuk mendeteksi titik perubahan siklus positif negatif atau sebaliknya pada tegangan AC. Skematik untai zero Cross Detektor dapat dilihat Gambar dibawah ini



**Gambar 5.** Zero Cross Detektor

- b. Perangkat Lunak Pengendali Picuan  
Modul Pengendali yang merupakan sebuah sistem minimum mikrokontroler AVR ATMEGA32 yang difungsikan sebagai pengatur waktu tunda picuan MOSFET melalui modul isolasi.. Keluaran dari modul zero cross detector dihubungkan dengan PIND.2 sebagai pind pembangkit interupsi Ekstenal 0. Sebagai pemacu MOSFET modul MERS, PIND.4 dan PIND.5 yang mempunyai keluaran logika yang saling berkebalikan. Untuk mengatur besar waktu tunda pemicuan, sebuah potensiometer dihubungkan dengan pin ADC0, pada perangkat lunak akan diatur nilai konversi ADC mempengaruhi nilai TCNT0 yang merupakan register Timer0.



**Gambar 6.** Skematik Modul Pengendali

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Simulasi terhadap Tegangan Keluaran

Perubahan terhadap besar tegangan efektif keluaran MERS karena diaplikasikan ke beban yang tetap mengakibatkan perubahan besar arus efektif yang mengalir ke beban. Pada rentang tundaan picuan dari  $0^\circ$  sampai dengan  $90^\circ$ , tegangan efektif keluaran untai MERS berangsur membesar dengan rentang 108.68 Volt sampai dengan 260,88 Volt. Keluaran dari MERS langsung dihubungkan dengan beban yaitu sebuah motor induksi 1 fasa, 1 HP dengan putaran nominalnya 1450 Rpm, frek. 50 Hz, hal tersebut dilakukan sebagai simulasi agar mengetahui kecepatan putar, besar tegangan keluaran MERS dan besarnya Power factor pada sudut picu yang dilakukan, serta bear putaran nominalnya dari motor induksi

**Tabel 1.** Hasil Simulasi Putaran Motor dengan Psim

Tunda Picu	V Out	I Out	PF	Rpm
0	65.9	0.411	0,18	435
10	75.6	0.83	0,24	502
20	97.7	1.48	0,38	654
30	123.7	2.12	0,52	823
40	145.6	2.70	0,65	997
50	172.8	3.21	0,77	1151

60	192.1	3.63	0,87	1285
70	206.37	3.93	0,94	1379
80	215.16	4.12	0,98	1439
90	218.01	4.18	0,99	1460
100	216.25	4.15	0,99	1446
110	212.3	4.07	0,98	1419
120	206.28	3.95	0,97	1379
130	198.49	3.79	0,95	1326
140	189.30	3.61	0,93	1265
150	179.19	3.42	0,91	1198
160	168.70	3.22	0,89	1125
170	166.79	3.18	0,87	1111
180	149.10	2.85	0,85	997

Dari tabel yang dihasilkan pada simulasi PSim terlihat bahwa pada putaran motor 1460 Rpm, terjadi pada picuan  $90^\circ$  pada tegangan input sekitar 218.01 Volt, arus sekitar 4.18 Amp, jadi sampai pada putaran nominal arus yang muncul hanya 4.18 Amper

Pada *name plate* motor Arus nominalnya adalah 4.3 Amper, starting motor induksi ini tidak akan mengganggu jaringan yang dipakai karena tidak terjadi lonjakan arus yang besar pada saat *starting*.

### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Dengan pengaturan tundaan picuan MOSFET pada MERS, dapat mengatur besar tegangan efektif keluaran rangkaian MERS. sehingga

Arus asutan starting motor induksi terkendali

2. Dengan pengaturan tundaan picuan MOSFET pada MERS, dapat mengatur faktor daya dan dapat memperbaiki nilai faktor daya (mendekati 1) dengan pemilihan kapasitor MERS yang tepat  $X_C = X_L$ .
3. Pemasangan MERS pada jaringan listrik tidak memberikan kompensasi pada reaktansi motor induksi, karena pemasangan MERS hanya memberikan energi kapasitif pada beban.
4. Pada tundaan picuan MOSFET rentang  $0^\circ$  sampai dengan  $90^\circ$ , kondisi arus beban tertinggal dengan tegangan sumber (*lagging*). Dan faktor daya berangsur optimal mendekati 1.
5. Pada tundaan picuan MOSFET  $>90^\circ$ , kondisi arus beban mendahului tegangan sumber (*leading*), faktor daya berangsur mengecil ke arah 0. tegangan efektif keluaran berangsur mengecil.

Putaran nominal terjadi pada picuan  $90^\circ$ , karena tegangan keluaran MERS sudah pada tegangan kerja dan arus yang muncul 4.18 Amp, tidak mengganggu jaringan kerja

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Fauzan “ Studi Perbaikan Faktor daya Beban Induktif Dengan Kompensator Reaktif Seri Menggunakan Saklar Pemulih Energi Magnetik “ 2012
- Isobe T, Takaku T, Munakata.H, Tsutsui, Tsuji-Ilo S, Shimada R, “Voltage Rating Reduction of Magnet Power Supplies Using a Magnetic Energy Recovery Switch”, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity* Vol. 16, Issue 2, pp. 1646-1649, 2006
- Isobe T, Wiik J. A, Wijaya F. D, Inoue K, Uzuki K, “Improved Performance of Induction Motor Using Magnetic Energy Recovery Switch”, Power Conversion Conference - Nagoya, 2007, pp. 919-924, 2007.
- Jun Narushima, Kouta Inoue, Taku Takaku, Takanori Isobe, Tadayuki Kitahara, Ryuichi Shimada Application of Magnetic Energy Recovery Switch for Power Factor Correction, IPEC-Niigata, Japan April 4-8, 2005.
- Margono “Aplikasi MERS untuk peredup lampu fluorescent.MERS digunakan untuk perbaikan faktor daya “
- Olav jakob Fonstelién dkk March 2009 “ A Solution for Low Voltage Ride Through of Induction Generators in
- Ken Hasto, Muhammad Haddin, Dedi Nugroho

Wind Farms using Magnetic Energy  
Recovery Switch, 2012

Takaku T, Homma G, Isobe T, Igarashi  
S, Uchida Y, Shimada  
R, "Improved wind power conversion  
system using magnetic energy  
recovery switch *MERS*" Conference  
Record of the 2005 Fourtieth IAS  
Annual Meeting, Vol. 3, pp. 2007-  
2012, 2005

Wiik J. A, Isobe T, Takaku T, Wijaya F.  
D, Usuki K, Arai N, Shimada  
R, "Feasible series compensation  
applications using Magnetic Energy  
Recovery, 2010

Zuriman Anthony. Bahan ajar Mesin  
Listrik AC. Pengenalan motor  
Induksi, 2012