

## Pengembangan Soft Starting Dengan Kontrol PID Pada Motor Induksi Berbasis Mikrokontroler

Daniel Kambuno, Muhammad Nurdin, Syahrir, Zainal Abidin<sup>1)</sup>

**Abstrak:** Arus start yang cukup besar pada mesin motor induksi dan berulang-ulang dalam waktu singkat akan menimbulkan panas yang cukup tinggi pada gulungan kawat motor. Hal ini tidak menjadi masalah jika motor terus hidup / berputar sehingga ada cukup pendinginan yang didorong dari kipas motor. Tapi jika start-stop dalam interval singkat tentu panas yang timbul karena arus start tadi belum sempat turun dan kemudian motor stop, kemudian start lagi, sehingga panasnya akan terakumulasi. Jika terus dibiarkan maka lama kelamaan motor induksi akan rusak dan boros listrik. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat suatu kontrol menggunakan soft starting dan mikrokontroler. Metode penelitian yang akan dilakukan yaitu sistem yang dibangun terdiri dari mikrokontroler sebagai processing digital, zero crossing sebagai deteksi tegangan nol sinyal listrik, dan driver untuk mengendalikan pemucuan triac yang mengatur arus pompa. Output berupa alat, telah diuji coba dengan beban berupa lampu pijar 100W dan juga pengujian langsung pada motor induksi 120W. Hasil pengujian putaran Pompa, terlihat mulai berputar dengan pelan, dan makin lama makin cepat sampai diperoleh putaran maksimum. Dengan pengujian mesin pompa air 120 Watt di peroleh arus start tanpa soft starting 1,2 - 2 Ampere dan dengan soft starting di peroleh Arus start 0.8-1 Ampere. Kemudian Hasil Pengujian nilai Kp, Ki, Kd di peroleh nilai dari 0.09-0.12 A.

**Kata Kunci :** Mikrokontroler, Motor, *Soft Starting*, *Zero Crossing*

### PENDAHULUAN

Motor induksi mempunyai karakteristik dengan start awal yang memerlukan arus listrik yang cukup besar, lebih besar dari arus nominalnya. Besarannya antara 3 – 6 kali arus nominal, tergantung dari karakteristik motornya. Contohnya, mesin pompa air 250 Watt (biasanya jenis jet pump atau semi jet pump) akan mempunyai arus nominal sebesar  $250W / 220V = 1.14A$  (Agar memudahkan unsur faktor daya tidak kita masukan). Maka saat start, motor induksi akan memerlukan arus listrik antara 3.42A – 6.84A selama kurang lebih antara 0.2 – 0.4 detik.

Arus awal yang cukup besar dan berulang-ulang dalam waktu singkat tadi akan menimbulkan panas yang cukup

tinggi pada gulungan kawat motor tadi. Hal ini tidak menjadi masalah jika motor terus hidup / berputar sehingga ada cukup pendinginan yang didorong dari kipas motor. Tapi jika start-stop dalam interval singkat tentu panas yang timbul karena arus start tadi belum sempat turun dan kemudian motor stop, kemudian start lagi, sehingga panasnya akan terakumulasi. Jika panasnya berlebih maka thermal protector akan bekerja dan untuk beberapa waktu motor tidak bisa start. Memang kejadian seperti ini tidak sampai merusak motor listrik, tapi dengan panas yang diatas rata-rata tentu akan mempengaruhi isolasi dari kawat gulungannya.

Sehingga diperlukan suatu metode pengasutan dengan pengurangan tegangan pada motor induksi yang bertujuan untuk mengurangi arus pengasutan awal dan

pengasutan dilakukan dengan cepat. Metode pengasutan yang digunakan yaitu, metode soft starting digital dengan penambahan kontrol Proportional Integrator dan Defferensial (PID) digital, diharapkan tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor AC secara bertahap, sehingga tidak memerlukan arus pengasutan yang besar kemudian kontrol PID berfungsi untuk mempercepat waktu soft starting bekerja sehingga arus starting lebih cepat turun. Banyak penelitian tentang kontrol arus pengasutan pada motor induksi yang telah dilakukan sebelumnya, misalnya pada penelitian (B. sheba, Veera T) metode *soft starting* masih menggunakan rangkaian analog electronic, dan pada penelitian (Qichao dkk) menggunakan metode soft starter timer secara analog. Dari hasil penelitian tersebut hasil pengasutan arus star pada motor induksi masih besar dan kontrol soft starting masih dilakukan dalam rangkain *electronic* analog. Oleh karena itu pada makalah ini menawarkan pengontrolan secara digital pada arus awal menggunakan *soft starter* berbasis mikrokontroller.

### Soft Starting

Motor induksi saat dihubungkan dengan tegangan sumber secara langsung akan menarik arus 500% sampai 700% dari arus

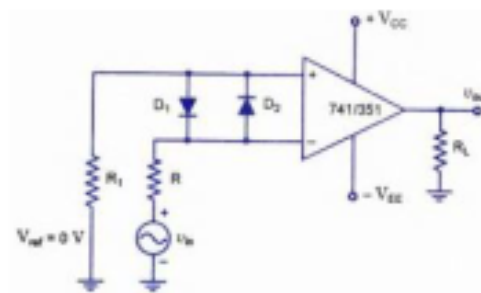
beban penuh dan menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besardapat mengakibatkan pengurangan ( drop ) tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor berdaya besar maka arus pengasutan juga akan semakin besar, apabila arus yang besar tersebut mengalir dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan motor dan saluran penghantar menjadi panas dan merusakkan isolasi.

Softstarter adalah perlengkapan yang digunakan untuk mengasut (starter) motor induksi secara elektronik. Softstarter digunakan untuk start dan stop secara halus. Softstarter bekerja dengan menaikkan tegangan tahap demi tahap waktu start dan penurunan tegangan tahap demi tahap waktu stop. Dengan menggunakan *softstarter*, tegangan motor akan rendah saat start, begitu pula arus start dan torsi start juga rendah.

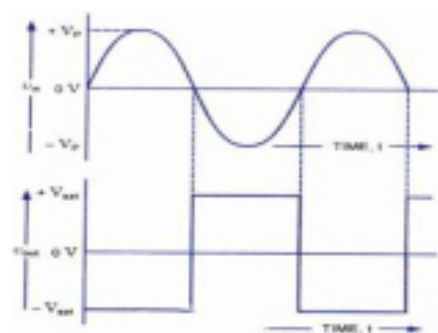
### Zero Crossing

Rangkaian zero crossing detektor berfungsi untuk mendeteksi titik persilangan nol suatu sinyal AC baik sinus maupun sinyal AC yang lain. Output dari rangkaian zero crossing detektor adalah suatu pulsa yang menginterpretasikan titik persilangan dengan nol sinyal input atau dengan kata lain output rangkaian zero crossing detektor akan

mengalami perubahan nilai pada saat sinyal input bersilangan dengan titik nol. Rangkaian Zero Crossing Detektor ini pada dasarnya merupakan aplikasi dari suatu komparator. Dalam artikel Rangkaian Zero Crossing Detektor dengan Op Amp ini komparator di bangun menggunakan sebuah Op Amp. Proses pendeteksian pada komparator ini adalah mngamati persilangan titik 0Volt sinyal input dengan membuat nilai referensi pada komparator 0 Volt. Output dari Rangkaian Zero Crossing Detektor dengan Op Amp ini berbentuk gelombang kotak yang menginterpretasikan hasil teteksi titik persilangan 0 volt sinyal input. Rangkaian zero crossing detektor sering diaplikasikan pada peralatan yang digunakan untuk mengendalikan beban pada jaringan listrik AC dan menggunakan eksekutor berupa TRIAC atau SCR. Titik persilangan dengan nol tegangan sumber untuk beban yang dikendalikan dengan komponen saklar berupa TRIAC atau SCR diperlukan untuk menentukan waktu mulai pemberian triger atau snyal kontrol pada SCR atau TRIAC tersebut. Pemberian sinyal input pada SCR atau TRIAC yang tepat pada titik persilangan nol akan meningkatkan efektifitas adan efisensi daya output dari pengendalian beban listrik AC. Penjelasan rangkaian dan sinyal output dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2



Gambar 1 Rangkaian Zero Detektor



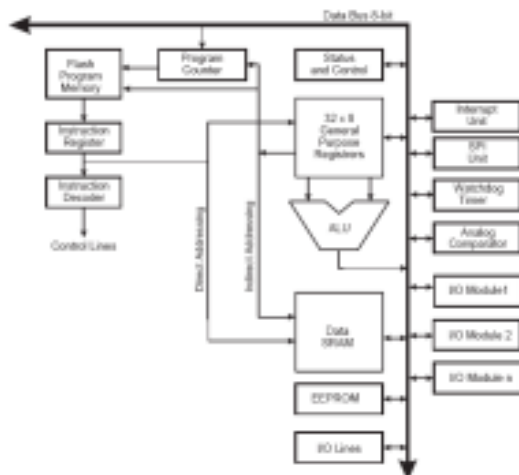
Gambar 2. Output Zero Crossing

### Mikrokontroler

Mikrokontroler mempunyai tiga bagian utama yaitu Central Processing Unit (CPU), memori (RAM dan ROM) dan peripheral input dan output (I/O). Mikrokontroler adalah suatu mikrokomputer yang dibangun pada suatu chip. Port I/O dan sistem memori dibangun di dalam mikrokontroler., sehingga memungkinkan komponen ini untuk dihubungkan dengan peripheral lainnya. Beberapa bagian dalam mikrokontroler ialah: timer, parallel port, counter, serial port, kontrol interupt, ROM dan RAM. Mikrokontroler merupakan suatu



komponen elektronik yang termasuk ke dalam komponen general multi purpose yang dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi. Mikrokontroler AVR memiliki model arsitektur Harvard dimana *memory* dan *bus* untuk program dan data dipisahkan. Dalam arsitektur AVR, seluruh 32 register umum yang ada terhubung langsung ke ALU prosesor. Hal inilah yang membuat AVR begitu cepat dalam mengeksekusi instruksi. Dalam satu siklus *clock*, terdapat dua buah register independen yang dapat diakses oleh satu instruksi. Arsitektur AVR ATmega ditunjukkan dalam Gambar 3 (Agrawal)



Gambar 3. Arsitektur Mikrokontroler

### Kontrol PID

Kontrol PID merupakan sistem kontrol loop tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel dengan sistem kontrol lainnya sehingga dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol lain seperti *Fuzzy*

*control*, *Adaptif control* dan *Robust control*. Gambar 4 adalah diagram sistem kontrol umpan balik (katsuiko ogata,2013).



Gambar 4. Diagram Blok Sistem kontrol umpan Balik

Fungsi alih  $H(s)$  pada sistem kontrol PID merupakan besaran yang nilainya tergantung pada nilai konstanta dari sistem P, I dan D. Persamaan (1) adalah persamaan matematis PID

$$H(s) = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s^3 + K_D s^2 + K_P s + K_I} \quad (1)$$

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D(*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungandiantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran system terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah perancangan dan pembuatan Hardware soft starter di mikrokontroler dan pembuatan rangkaian zero crossing. Selanjutnya membuat program untuk *soft starter* di mikrokontroler,

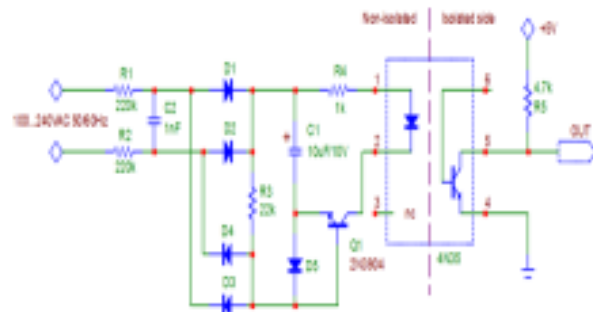
output mikrokontroler yang diinginkan mengeluarkan keluaran Pulse width Modulation (PWM) dengan periode 20 ms sesuai dengan frekuensi jala-jala pln. Titik 0 volt dari pln di deteksi oleh rangkaian zero crossing detector. Rangkaian zero crossing sebagai input trigger ke mikrokontroler yang menghasilkan sinyal Pulse Width Modulation (PWM) kemudian sinyal PWM masuk ke rangkaian driver yang berfungsi untuk mengkonversi DC ke AC. Dengan mengatur lebar PWM maka duty cycle akan naik sebanding dengan naiknya tegangan AC dari 0 % sampai 100 %, secara perlahan motor induksi akan berputar. Gambar 5 menunjukkan diagram blok sistem secara keseluruhan



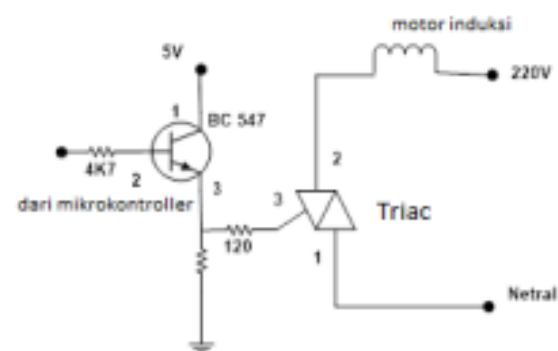
Gambar 5. Blok Diagram Sistem

Rangkaian zero crossing diberikan pada Gambar 6. Komponen isolasi adalah 4N35 ditambah dengan komponen pendukung lainnya. Rangkaian driver diberikan pada Gambar 7. Komponen saklar menggunakan Triac dengan kapasitas arus yang cukup yaitu 40 A. Keluaran processor dilewatkan dulu pada transistor yang bersifat penguat 1 tingkat yang kemudian digunakan untuk

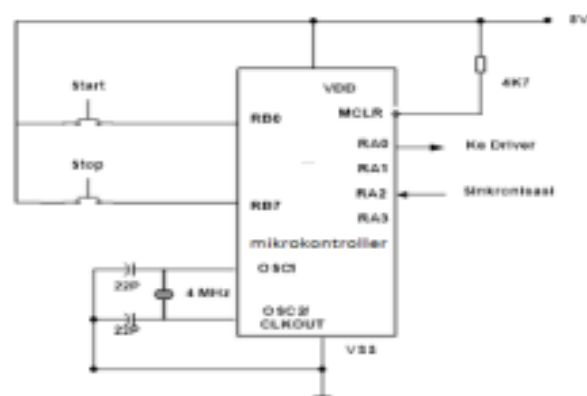
memicu triac. Rangkaian sistem kontrol diberikan pada Gambar 8. Komponen utama adalah Mikrokontroler dibantu dengan komponen pendukungnya.



Gambar 6. Rangkaian Zero Crossing



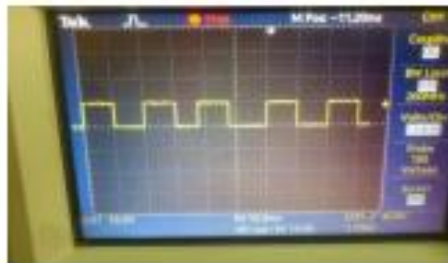
Gambar 7. Rangkaian Driver



Gambar 8. Rangkaian Mikrokontroler

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

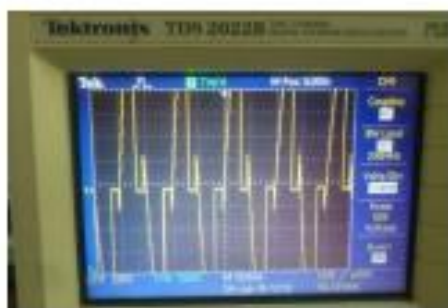
Pada hasil percobaan di peroleh hasil pengukuran pengujian PWM dan Output dari sinyal seperti yang ditunjukkan pada gambar 9, gambar 10, dan gambar 11



Gambar 9. Pengujian PWM di Mikrokontroller



Gambar 10. Bentuk Sinyal Dengan Sudut Picu yang kecil

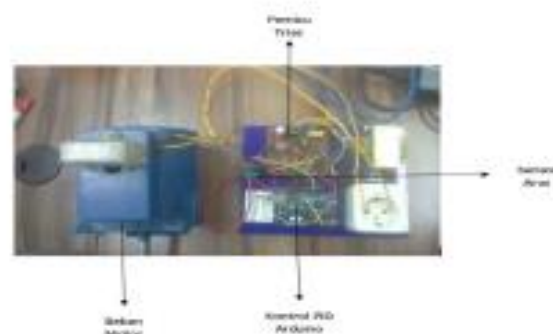


Gambar 11. Bentuk Sinyal Dengan Sudut Pice yang besar

Pada gambar 9 memperlihatkan bentuk sinyal kontrol PWM dari keluaran

mikrokontroller, sinyalnya adalah bentuk kotak murni. Pada gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran untuk pemician tingkat kecil atau rendah, terlihat adanya cacat pada setiap transisi pemician. Hal ini disebabkan adanya sifat induksi dari motor pompa air. Pada gambar 11 menunjukkan hasil pengukuran untuk pemician tingkat besar/tinggi, bentuk sinyal distribusi daya makin besar dan mendekati maksimum. distribusi daya tidak sepenuhnya terjadi, dan terlihat juga adanya cacat pada setiap transisi pemician seperti pada point 1 dan point 2 di atas, yang disebabkan adanya sifat induksi dari Motor

Kemudian pada dilakukan pengujian ke alat motor pompa 120 watt seperti yang di tunjukkan gambar 4 dan table 1 hasil pengukuran arus awal. Kemudian pada dilakukan pengujian ke alat motor pompa 120 watt seperti yang di tunjukkan gambar 12 dan table 1 hasil pengukuran arus awal.



Gambar 12. Pengujian Soft starter PID ke motor pompa



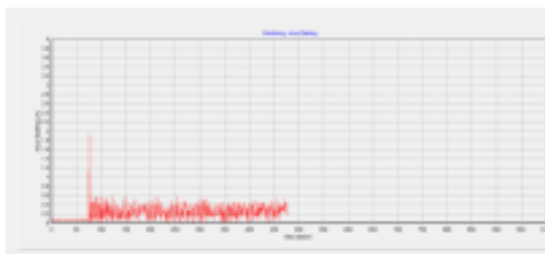
Tabel 1. Perbandingan Arus Start dengan soft starter PID dan tanpa soft starter

Time	Arus Starting (A) tanpa soft starter Kontrol PID	Arus Starting (A) dengan Kontrol PID
1	0.066	0.09
2	0.41	0.07
3	0.277	0.04
4	0.198	0.17
5	0.119	0.09
6	0.092	0.01
7	0.04	0.12

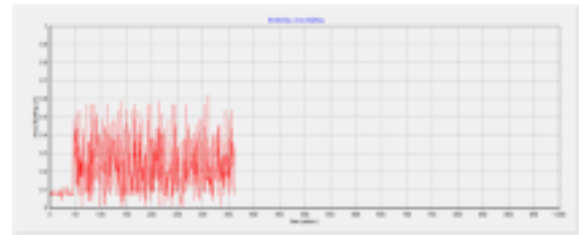
Pada tabel 1 memperlihatkan kondisi Arus awal pada motor pompa tanpa menggunakan soft starting tanpa kontrol PID di peroleh Arus sebesar 0.06-0.4 A pada waktu 0.2-0.4 detik sedangkan menggunakan soft starter arus dengan kontrol PID yang di peroleh sebesar 0.09- 0.1 A pada waktu 0.2-0.4 detik.

**Pengujian soft stater Kontrol PID Pada beban Motor induksi 120 W**

Pada percobaan ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pengujian konstanta Proportional ( $K_p$ ), Konstnta Integral ( $K_i$ ) dan Konstanta Deferential ( $K_d$ ). Perbedaan arus starting dengan mengubah nilai  $K_p, K_i, K_d$  dapat dilihat pada gambar 12,13 dan 14



Gambar 12. Arus Starting  $K_p=0, K_i=0, K_d=0$



Gambar 13. Arus Starting  $K_p=1, K_i=1, K_d=1$



Gambar 14. Arus Starting  $K_p=2, K_i=4, K_d=1$

**KESIMPULAN**

Dari percobaan diatas dengan cara mengubah nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  dengan beban motor diperoleh sebagai berikut:

1. Pada pengujian dengan  $K_p=0, K_i=0$  dan  $K_d=0$  didapatkan arus awal yang cukup tinggi sebesar 1.9 Ampere dan steady state sebesar 0.6 Ampere.
2. Pada pengujian nilai  $K_p, K_d$ , dan  $K_i$  di beri nilai maka terlihat arus starting dapat di turunkan dengan cepat sesuai dengan nilai set point

**DAFTAR PUSTAKA**

B.Sheeba Rani S.Jayanthi and C.Yuvaraj.,2015., *Electronic Soft Starter for Induction Motor. , international*

- Journal of advances in engineering.*,  
Vol 1, No-3, Hal 135-140
- Veera T., Vijit k., Anatawat k., 2014., soft starting control scheme three phase induction motor fed by PWM AC Chooper., Conferences ICEMS., hal 92-95.
- Qichao Chen, Jianze wang, Yanchao ji, Shuang Liang., 2014., *Soft starting strategy of idirectional LLC resonant DC-DC transformer based on phase shift control.*, IEEE conerences industrial and Aplication., Hal 318-322.
- Agrawal, K C, *Industrial Power Engineering and Applications Handbook*, Butterworth-Heinemann, Great Britain, 2001
- Wardhana L., *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006
- Zuhail., 1988, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Katsuhiko Ogata., 2013., *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1.*, Penerbit Erlangga., Jakarta., Indonesia
- <http://www.instalasilistrikrumah.com/apa-dampaknya-bila-mesin-pompa-air-sering-start-stop-dalam-interval-yang-singkat><http://www.generatorjoe.net/html/startingload.html>