



Rancang Bangun *Soft Starting* Motor Induksi Tiga Fasa dengan Metode Detektor Pengendalian Sudut Fasa Berbasis Mikrokontroler

Syahrizal¹, Hendri Novia Syamsir^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Caltex Riau, Jl. Umbansari No.1 Pekanbaru 28265, Indonesia

*Corresponding Author: hendri@pcr.ac.id

Abstrak

Motor induksi merupakan jenis motor yang paling umum di gunakan di industri maupun di rumah tangga dengan beberapa keunggulan di antaranya konstruksi yang sederhana dan mudahnya perawatan. Namun, motor induksi juga memiliki kelemahan, salah satunya adalah penggunaan arus start yang besar dalam waktu singkat yang dapat menyebabkan drop tegangan pada jaringan listrik. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembuatan softstarter guna menekan lonjakan arus start. Metode yang digunakan adalah pengendalian sudut penyalan triac menggunakan rangkaian trigger yang dikendalikan oleh arduino dengan optocoupler sebagai detektor fasanya. Dengan mengatur sudut penyalan triac tersebut maka tegangan selama proses starting motor dapat diatur. Selain itu softstarter ini dapat mengatur lamanya waktu starting motor dari mulai tegangan 0 volt hingga tegangan nominal. Pengujian alat dilakukan terhadap motor induksi 3 phasa dengan spesifikasi daya 1HP dan arus nominal 2 A dengan waktu start bervariasi antara 3 detik, 7 detik dan 10 detik. Dari hasil pengujian didapat kenaikan tegangan input motor yang linear terhadap waktu yang diseting. Saat proses kenaikan tegangan, pada fasa T terdapat sedikit perbedaan nilai terhadap 2 phasa lainnya, namun di akhir proses starting tegangan ketiga phasanya kembali mendekati nilai yang sama. Sedangkan untuk arus start-nya cenderung mengikuti kenaikan tegangan yang linier namun fluktuatif dengan nilai arus starting lebih rendah dari pada metode start DOL terjadi penurunan arus start sekitar 57%.

Kata kunci: *soft start, triac, trigger, arduino, sudut fasa, motor induksi*

Abstract

Induction motors are the most common type of motor used in industry and in households with several advantages including simple construction and easy maintenance. However, induction motors also have weaknesses, one of issue is use large starting currents in a short time which can cause voltage drops in the power grid. This research focuses on the design and manufacture of a soft starter in order to suppress the start current surge. The method used by control the firing angle of the triac using a trigger circuit that is controlled by an arduino with optocoupler as the phase detector. By adjusting the ignition angle of the triac, the voltage during the motor starting process can be adjusted. In addition, this softstarter can adjust the length of time the motor starts from 0 volts to the nominal voltage. The instrument testing was carried out on a 3-phase induction motor with a power specification of 1HP and a nominal current of 2 A with a start time varying between 3 seconds, 7 seconds and 10 seconds. From the test results obtained a linear increase in the motor input voltage with respect to the time set. During the process of increasing the voltage,

in the T phase there is a slight difference in value to the other 2 phases, but at the end of the starting process the voltages of the three phases return to the same value. Meanwhile, the starting current tends to follow a voltage increase by linear but fluctuating with starting current lowest than DOL starter method, there was a 57% decrease in starting current.

Keywords: *soft start, triac, trigger, arduino, phase angle, induction motor*

1. Pendahuluan

Di era modern seperti saat ini, motor induksi tiga fasa banyak diaplikasikan sebagai penggerak baik di rumah tangga maupun di industri. Dengan berbagai keunggulan seperti konstruksinya yang sederhana (motor rotor sangkar), perawatan yang mudah, ketahanan yang baik, efisiensi yang tinggi, serta biaya perawatan yang relatif murah [1,3]. Namun dibalik berbagai kelebihan di atas, terdapat salah satu kelemahan motor induksi tiga fasa yang memerlukan perhatian khusus yaitu permasalahan lonjakan arus saat pengasutan yang besarnya hingga 5 sampai 7 kali arus nominal ketika dihidupkan menggunakan metode pengasutan DOL (*Direct On Line*) [2,3].

Walaupun lonjakan arus start terjadi dalam kurun waktu yang cukup singkat, namun lonjakan arus yang tinggi dapat menyebabkan guncangan-guncangan atau perubahan nilai tegangan secara tiba-tiba dalam waktu yang singkat pada jaringan listrik [1]. Guncangan-guncangan tersebut sangat mengganggu kestabilan jaringan listrik secara keseluruhan, atau dapat pula menyebabkan komponen proteksi *trip* [7]. Untuk mengurangi lonjakan arus start yang tinggi ini, maka dikembangkan berbagai metode pengasutan pada motor tiga fasa seperti: *star-delta*, pengasutan tahanan primer, *auto transformer*, dan *Soft starter* [4,6,7].

Pada penelitian kali ini penulis akan mengangkat topik mengenai perancangan dan pembuatan sistem *soft starter* pada motor tiga fasa. *Soft starter* merupakan metode pengasutan yang bekerja dengan mengurangi tegangan awal dan menaikkan tegangan secara bertahap dalam kurun waktu tertentu, sehingga diharapkan jika tegangan awal diturunkan maka, arus motor juga akan turun.

Rancangan alat *soft starter* ini nantinya menggunakan komponen elektronika daya yaitu TRIAC atau *Transistor for Alternating Current*. Tegangan pada saat start diatur menggunakan arduino yang menghasilkan sinyal pulsa untuk mengaktifkan TRIAC tergantung sudut tunda yang diatur melalui mikrokontroler [8,9].

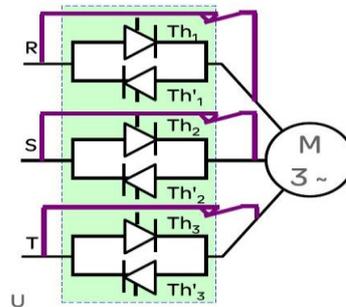
2. Perancangan

Metode yang digunakan adalah pengendalian sudut penyalaan triac menggunakan rangkaian trigger yang dikendalikan oleh arduino uno dengan *optocoupler* sebagai detektor fasa. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan Metode pengasutan menggunakan sistim DOL dengan metode *soft star* detector pengendalian sudut fasa untuk mendapatkan arus star yang lebih rendah.

2.1 *Soft Start*

Motor induksi merupakan jenis motor yang paling umum digunakan di industri, baik karena efisiensi, maupun kemudahan dalam perawatannya. Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian yaitu: stator atau bagian yang diam (statis) dan rotor sebagai bagian yang berputar. Bekerjanya motor induksi bergantung pada medan magnetik putar yang ditimbulkan dalam celah udara motor oleh adanya arus stator. Kumparan stator tiga fasa dililitkan dengan jarak antar lilitan fasanya 120 derajat listrik. Jika lilitan diberi tegangan tiga fasa, maka akan muncul fluksi pada masing-masing fasanya. Ketiga fluksi tersebut bergabung membentuk fluksi yang bergerak mengelilingi permukaan stator pada kecepatan konstan. Fluksi ini disebut medan magnetik berputar. Dengan adanya medan putar ini akan menyebabkan rotor berputar dengan arah yang sama dengan fluks putar.

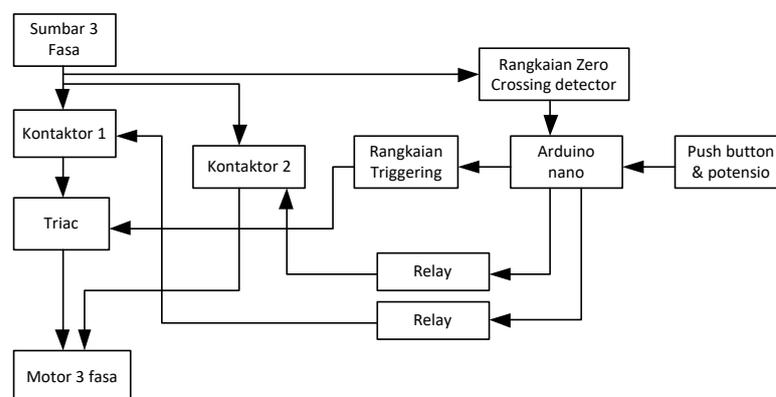
Soft starter merupakan metode pengasutan dengan cara mengurangi tegangan awal start pada motor induksi, dan kemudian menaikkan tegangan secara bertahap sampai tegangan penuh dalam selang waktu tertentu. pemasangan rangkaian *soft starting* yang dipasang seri dengan sumber tegangan terhadap motor [3,5]. *Soft starting* terdiri dari komponen elektronika daya berupa dua atau tiga *Thyristor* yang dipasang anti-paralel pada setiap fasa sebagaimana diperlihatkan Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian daya thyristor

Rangkaian ini terdiri dari tiga terminal dengan 4-layer semikonduktor berstruktur p-n-p-n dengan tiga p-n *junction*. Terminal kontrol triac biasanya diberi lambang G (*gate*). Sedangkan dua terminal lainnya yaitu MT1 dan MT2, yang dapat mengendalikan tegangan yang lebih tinggi (sering kali dari antara kedua polaritas) dan dapat mengalirkan arus yang besar. Triac biasanya digunakan sebagai pengendali dua arah atau bi-directional. Sebagai kontrol untuk pengendalian gat dari triac ini digunakan Arduino nano. Mikrokontroler ini merupakan *single board open-source* yang di dalamnya tersusun dari rangkaian: osilator *crystal* 16MHZ, regulator tegangan, USB port, ICSP *header*, tombol reset dan catu daya. Arduino Uno juga memiliki UART via USB-to-TTL IC yang dapat berkomunikasi melalui port USB, hal ini akan mempermudah penggunaan karena tidak diperlukan lagi FTDI breakout untuk pemrograman. Arduino nano terdiri dari 14 pin input/output digital dan terdapat 6 pin yang bisa digunakan sebagai output PWM, serta 8 pin input analog [5,9,10]. Untuk mengisolasi antara Arduino dengan *gate triac* dan sekaligus sebagai *driver* digunakan (*optocoupler*). Driver ini yang menjadi pemisah antara rangkaian penghasil sinyal *trigeeer* yang memiliki level tegangan rendah dan arus yang relatif kecil, dengan bagian rangkaian elektronika daya yang memiliki tegangan serta arus yang lebih tinggi.

2.2 Diagram Blok



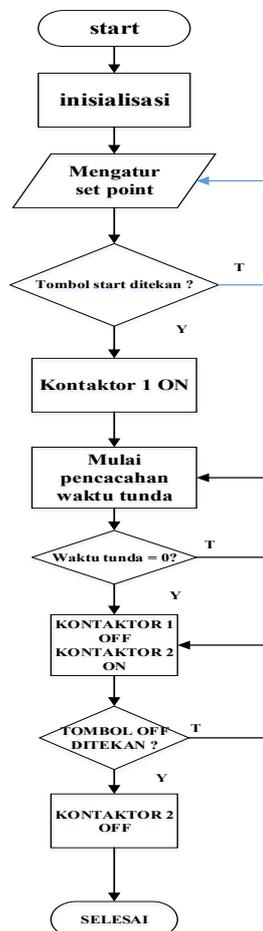
Gambar 2. Diagram blok sistem

Langkah pertama agar sistem ini berjalan dengan baik adalah mendeteksi saat sudut fasa berada di posisi 0 derajat, dengan kata lain kondisi saat gelombang sinusoida sumber bernilai 0V. Kondisi ini akan di deteksi dengan rangkaian *zero cross detector* (ZCD).

Output dari rangkaian ZCD adalah berupa gelombang kotak dengan pulsa *high* berada saat tegangan jala-jala pada kondisi 0V. Referensi ini akan digunakan sebagai input arduino untuk menghasilkan sinyal *trigger*. Dengan sudut penyalan yang telah diatur untuk menaikkan tegangan secara perlahan. Sinyal *trigger* yang terbentuk nantinya akan menyalakan triac. Melalui IC MOC3021 yang mengisolasi rangkaian tegangan rendah dengan rangkaian tegangan tinggi, sehingga jika sinyal *trigger* bernilai *high* maka, led pada MOC3021 akan ON sehingga opto-triac akan menghantar arus dan triac akan on, bila sinyal low maka triac akan off. Selang waktu yang terjadi antara sudut 0 tegangan dengan sinyal penyalan triac ini disebut sudut alpha, dengan semakin besarnya sudut alpha maka semakin kecil tegangan output yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil sudut alpha, maka tegangan output triac akan semakin mendekati tegangan sumber.

Selama proses start, kontaktor 1 akan aktif, setelah waktu *start* tercapai ditandai dengan tegangan yang masuk ke motor sama dengan tegangan sumber. Maka kontaktor 2 akan hidup menggantikan kontaktor 1.

2.3 Flow Chart



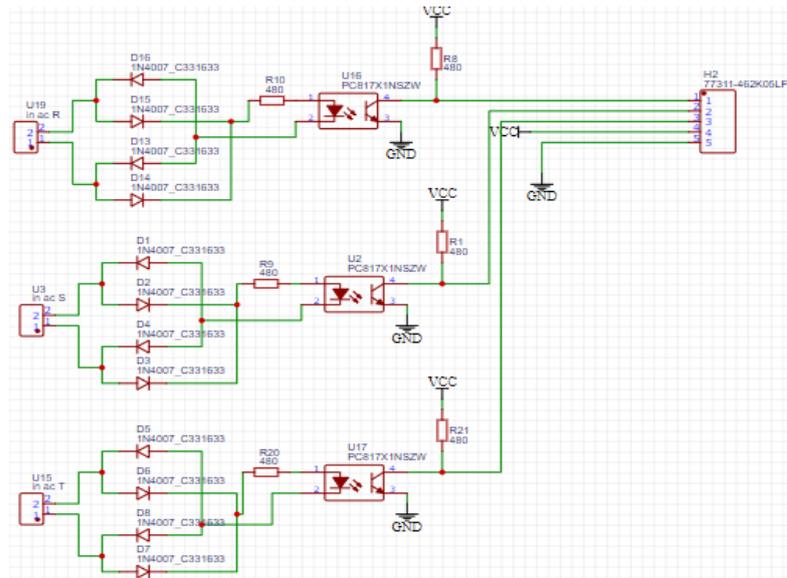
Gambar 3. Flow Chart

Gambar 3 merupakan flow chart dari control yang dibuat dengan mengaktifkan MCB, maka mikrokontroller akan melakukan deklarasi variabel dalam program. Selanjutnya, user memasukkan nilai setpoint berupa berapa lamanya waktu starting dari motor tersebut. setelah mikrokontroller menerima input tersebut maka, selanjutnya mikro kontroller akan mengaktifkan kontaktor 1 sebagai kontaktor start. Setelah itu barulah proses pencacahan waktu tunda dari sudut gelombang AC dimulai. Setelah cacahan mencapai waktu set point maka tegangan yang masuk

kemotor telah mencapai tegangan nominal. Langkah selanjutnya, mikrokontroler akan menonaktifkan kontaktor 1 dan mengaktifkan kontaktor 2 sehingga motor akan berada pada kondisi running.

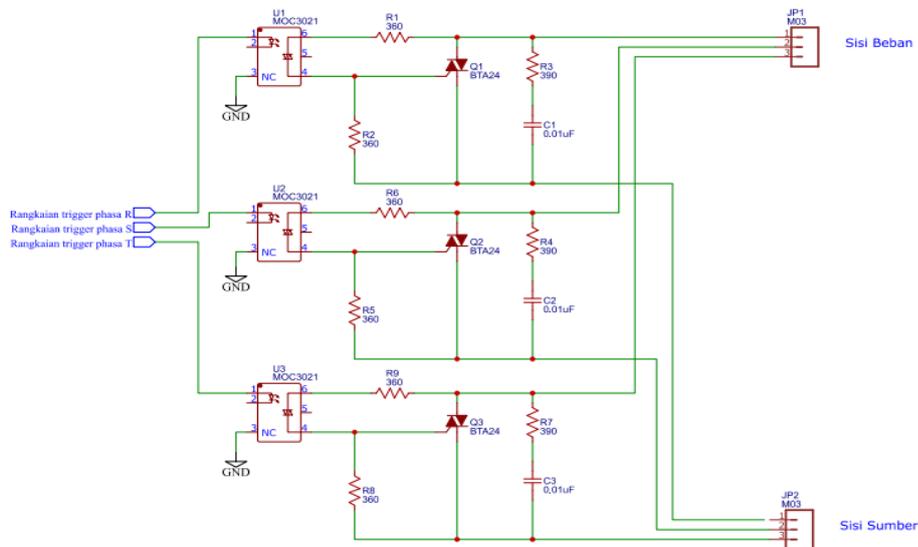
2.4 Skema dan Rangkaian

Pada perancangan *softstart* motor tiga fasa, digunakan komponen elektronika *optocoupler* sebagai detektor persimpangan titik nol pada gelombang sinusoidal. Gambar 4 memperlihatkan skema dari rangkaian yang digunakan.



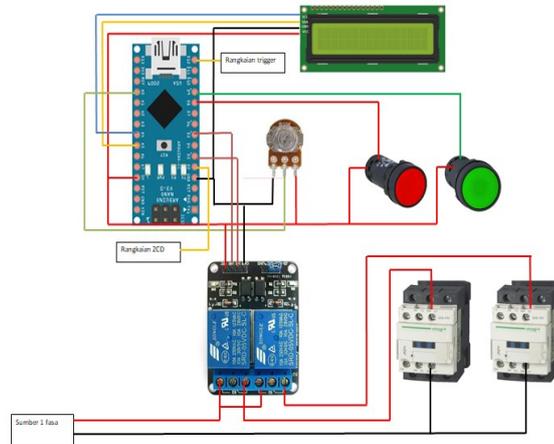
Gambar 4. Skema zero crossing detector

Skema ini merupakan rangkaian *Zero Crossing Detector* yang terdiri dari komponen dioda 1n4007 yang terhubung dengan konfigurasi jembatan sehingga merubah gelombang sinus AC 220V fasa-netral ke bentuk gelombang DC sebelum masuk ke *optocoupler*. Untuk membatasi arus yang melewati LED yang terdapat pada *optocoupler* digunakan sebuah resistor pembatas arus.



Gambar 5. Skema daya

Gambar 5 merupakan skema elektronika daya yang digunakan *ic optocoupler moc 3021* bertujuan untuk pengisolasi rangkaian sehingga triger rangkaian dari mikrokontroler terpisah dari rangkaian daya yang memiliki tegangan AC 220V untuk setiap fasanya.



Gambar 6. Rangkaian kontrol

Gambar 6 merupakan rangkaian kontrol yang digunakan untuk mengontrol rangkaian daya dengan pengendalian mikrokontroler untuk sudut penyalan masing masing fasa dan tampilan seting waktu yang digunakan.

3. Pengujian dan Pembahasan

3.1 Pengujian sudut penyalan

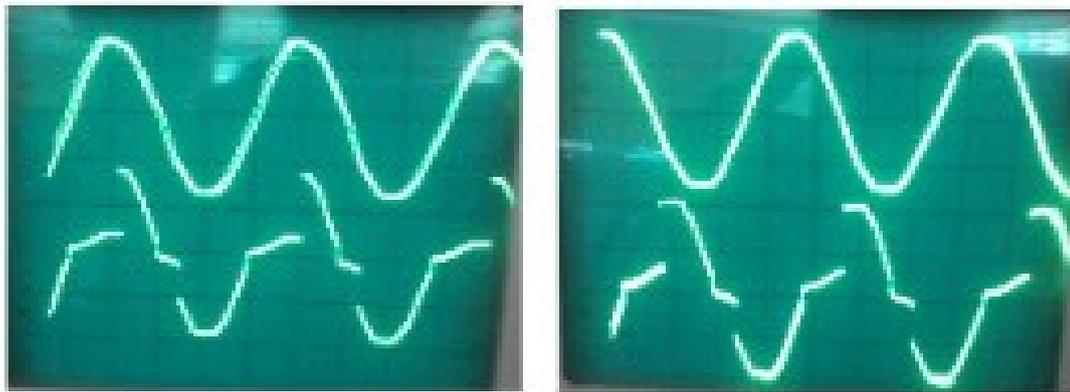
Untuk mendapatkan hasil kontrol yang lebih baik sebelum alat ini di gunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk *driver triac* yang akan mengendalikan sudut penyalan. Perubahan sudut penyalan memungkinkan tegangan keluaran dari traic dapat dikontrol sesuai kondisi yang diinginkan. Gambar 7 memperlihatkan sinyal sudut penyalan 15%, 25%, 50% dan 75%. Kondisi ini digunakan saat proses *starting* berlangsung. Untuk kondisi 100% merupakan kondisi motor dalam keadaan *running* proses ini mengalihkan fungsi triac ke kontaktor sehingga motor terhubung langsung dengan sumber.



Triger 15%



Triger 25%



Triger 50%

Triger 75%

Gambar 7. Pengujian sudut penyalan

3.2 Pengujian secara DOL (direct On Line)

Pegujian secara DOL atau *Direct On Line* dilakukan dengan menghubungkan motor secara langsung dengan jala-jala PLN. Pengujian dilakukan menggunakan multimeter FLUKE untuk mengukur arus start dan perubahan arus saat dilakukan start sampai kondisi berjalan normal.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Arus Starting DOL

Pada gambar 8 di atas menunjukkan arus *starting* jika motor diasut menggunakan metode DOL dengan arus maksimum terbaca 3.6A. Dimana jika arus nominal motor yang tertera pada name plate adalah sebesar 1,7 maka besarnya arus *starting* diketahui mencapai 2 kali arus nominal pada kondisi tanpa beban.

3.3 Hasil pengukuran tegangan fasa ke netral di tiap fasa RST pada saat motor diasut menggunakan soft start

Pengambilan data ini bertujuan untuk melihat hasil tegangan yang terbaca selama waktu *starting* dengan lama bervariasi antara 3 detik, 7 detik, dan 10 detik. Untuk hasil pengukuran sebagaimana dipaparkan pada tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Data pengukuran tegangan fasa-netral pada durasi 3 detik

Waktu (detik)	R-N (volt)	S-N (volt)	T-N (volt)
0,5	0	0	0
1	195	169	147
1,5	202	211	148
2	209	213	195
2,5	227	227	226
3	235	235	233

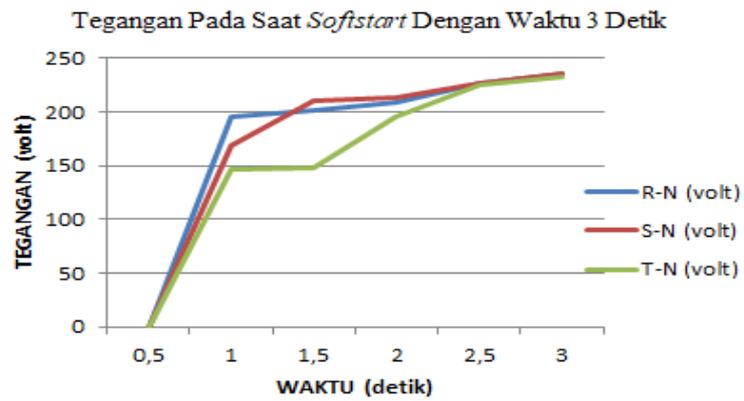
Tabel 2. Data pengukuran tegangan fasa-netral pada durasi 7 detik

Waktu (detik)	R-N (volt)	S-N (volt)	T-N (volt)
1	10	7,1	21
2	47	39	29
3	105	106	69
4	117	120	77,3
5	193	195	157
6	213	216	188
7	230	210	205

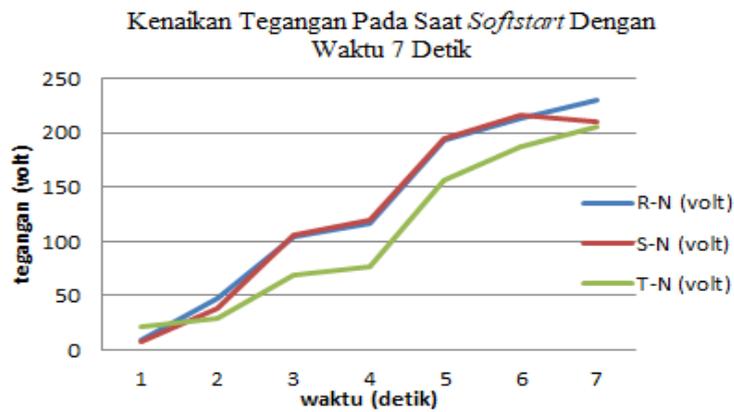
Tabel 3. Data pengukuran tegangan fasa-netral pada durasi 10 detik

Waktu (detik)	R-N (volt)	S-N (volt)	T-N (volt)
1	0	0	0
2	30	31	25,9
3	37,7	43,8	29,3
4	97,4	92,5	60,6
5	143	155	109
6	158	163	122
7	199	201	170
8	212	215	189
9	224	226	209
10	231	231	226

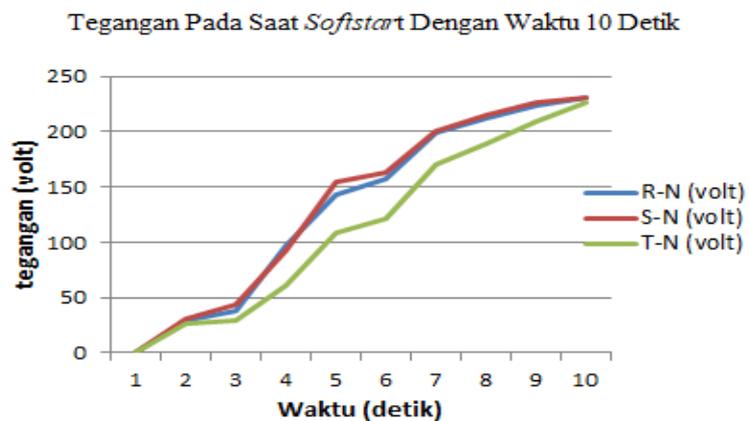
Berdasarkan grafik yang didapat terlihat terjadinya perubahan nilai tegangan yang dikendalikan oleh mikrokontroler dalam memberikan pengontrolan sudut penyalan terhadap triac pada saat *starting* berlangsung dimana kenaikan tegangan dalam rentang 0 sampai 1,5 detik terjadi perubahan yang sangat signifikan kondisi ini menjadikan arus star menjadi lebih rendah dibanding start dengan metode DOL.



Gambar 9. Grafik nilai tegangan dalam 3 detik



Gambar 10. Grafik nilai tegangan dalam 7 detik



Gambar 11. Grafik nilai tegangan dalam 10 detik

Pada gambar 11. terlihat kenaikan tegangan secara perlahan dari waktu nol detik hingga waktu *setpoint* tercapai jika dibandingkan dengan waktu set poin lebih singkat yaitu 3 detik proses ini

memperlihatkan kondisi motor saat di start lebih simultan. Dilihat dari grafik yang ada terdapat sedikit perbedaan tegangan yang diterima untuk masing-masing fasa hal ini diakibatkan tegangan fasa sumber yang dikendalikan juga terjadi perbedaan sesuai tegangan di jala-jala.

3.4 Hasil 4. Hasil pengukuran Arus di tiap fasa RST pada saat motor diasut dengan metode soft start

Pengambilan data arus bertujuan untuk melihat hasil kenaikan arus yang terbaca selama waktu *starting* dengan lama bervariasi antara 3 detik, 7 detik, dan 10 detik pengukuran ini menggunakan multimeter FLUKE 177. Hasil data pengukuran sebagaimana dipaparkan pada Table 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Data pengukuran arus *line* dengan durasi 3 detik

Waktu (detik)	R (A)	S (A)	T(A)
0,5	0	0	0
1	3,1	1,6	2,4
1,5	1,02	1,03	1,03
2	1,44	2,2	1,23
2,5	2,2	1,5	1,5
3	3	2,2	1,5

Tabel 5. Data pengukuran arus *line* dengan durasi 7 detik

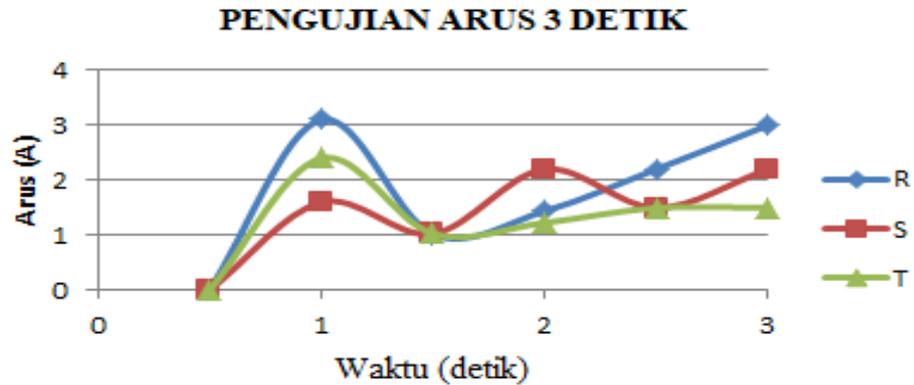
Waktu(detik)	R (A)	S (A)	T(A)
1	0	0	0
2	1,79	2,48	2,3
3	1,81	1,66	2,56
4	1,09	1,28	1,58
5	1,06	1,8	2,21
6	1,58	2,11	2,47
7	1,9	2,6	3,5

Tabel 6. Tabel data pengukuran arus dengan durasi 10 detik

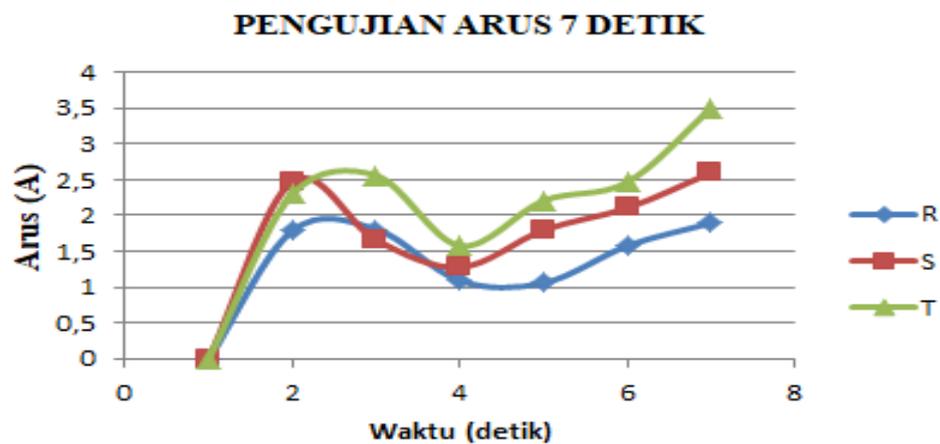
Waktu (detik)	R (A)	S (A)	T(A)
1	1,09	2,8	2,3
2	0,8	2,1	2,1
3	0,7	1	0,9
4	1,3	1,6	1,3
5	1,7	2,5	1,7
6	2,2	1,9	1,3
7	2,5	1,8	1,8
8	3,6	3,4	2,8
9	2,4	1,9	2,4
10	3,3	2,4	2,5

Berdasarkan gambar 12, 13 dan 14 garfik yang ada dapat dilihat terjadinya fluktuasi penurunan arus start berdasarkan waktu *setpoint* yang digunakan. Waktu start sangat mempengaruhi terhadap

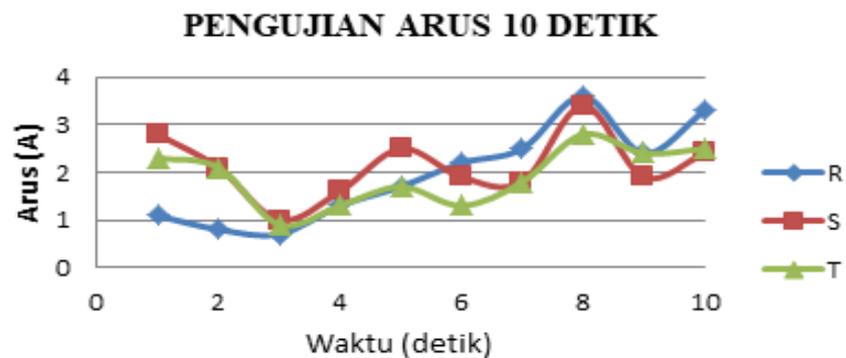
perubahan arus ketika proses *starting* dilakukan. Pemberian *trigger* sudut penyalaan dilakukan secara bertahap mulai dari 15 % sampai dengan 75% dan ketika motor sudah pada kondisi *running* proses berlanjut dengan pengaktifan kontaktor sehingga motor bekerja dalam kondisi normal.



Gambar 12. Grafik kenaikan nilai arus dalam 3 detik



Gambar 13. Grafik kenaikan nilai arus 7 detik



Gambar 14. Grafik kenaikan nilai arus dalam 10 detik

Kenaikan arus secara bertahap berbanding set poin dapat dilihat pada masing-masing grafik set poin mulai dari 3 detik sampai 10 detik. Terjadinya fluktuasi arus akibat pengasutan motor yang kurang stabil, Seperti yang terukur pada detik ke-8 pada pengujian dengan set poin 10 detik dan pada detik ke-1 pada pengujian dengan set poin 3 detik. Jika dibandingkan kondisi start menggunakan metode DOL *starting* menggunakan metode ini dapat menekan arus start selama masa *starting* berlangsung.

4. Kesimpulan

- 1) Pengujian kinerja *soft start* motor 3 fasa dengan metode *detector* sudut penyalan mengacu pada pengukuran tegangan menunjukkan hasil tegangan meningkat secara perlahan terhadap waktu *setting*, arus mengalami penurunan selama *soft start* berlangsung.
- 2) Penggunaan metode *soft starter* terbukti berhasil menurunkan nilai arus start, berbanding dengan metode *direct on-line (DOL)*. Arus start dengan DOL sebesar sebesar 3,65A kondisi tanpa beban sementara arus *start* dengan metode *soft starter* yang naik secara perlahan mulai dari 1,9 sampai dengan 3,3A.
- 3) Kenaikan arus start cenderung mengikuti kenaikan tegangan, secara fluktuatif sampai nilai tegangan nominal.
- 4) Pada metode *soft start* dapat menekan lonjakan arus start dengan mengendalikan sudut penyalan triac mulai 15% sampai 75% sehingga daya pada motor secara bertahap meningkat sampai kondisi daya nominal tercapai

5. Daftar Pustaka

- [1] Soeprpto, Wijono Ardhito Primatama, "Perancangan Soft Starter Motor Induksi Satu Fasa dengan Metode Closed Loop Menggunakan Mikrokontroler Arduino," vol. 1, no. 2, 2013.
- [2] Syed A Nasar Ion Boldea, *The Induction Machine Handbook: Electric Power Engineering Series*. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [3] Pamungkas F. Deny, "Konverter AC-AC fase Metode Kontrol Sudut Fase Menggunakan Triac dan IC TCA 785 Sebagai Pengatur Tegangan pada SoftStarting Motor Induksi Tiga Fasa", *TRANSIENT*, vol.6, Maret,2017.
- [4] Stephen J Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*. McGraw Hill, New York, 2005.
- [5] Syukriyadin, Mahdi Syukri Agus Saputra, "Perancangan Rangkaian Pengasutan Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Nano," *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, no. 4, pp. 45-51, 2017
- [6] Trivedi Bhavin, "Soft Start of Induction Motor Using TRIAC Switching", *IJEDR*, vol.5, pp.1635-1639, India, 2017.
- [7] Deras A. Said, "Current limiting soft starter for three phase induction motor drive system using PWM AC chopper", *IET*, vol.10, pp.1298-1306, Mesir, Juni, 2017
- [8] Basuki Sugiharto, Agung, *Soft Starting dan Dynamic Braking Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AT89S51, Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005*

- [9] Agus Sutriyono, Rancang Bangun Pengendali Motor 1 Fasa Dengan Metode Zero Crossing Detector Berbasis Arduino, Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2017
- [10] Dwi Riyadi, Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.