

Perancangan Rangkaian Pengasutan Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Nano

Agus Saputra^{#1}, Syukriyadin^{*2}, Mahdi Syukri^{#3}

[#]Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111, Indonesia

¹agusputra010895@gmail.com

²syukri_2504@unsyiah.net

³mahdisyukri@yahoo.co.id

Abstrak— Motor induksi dewasa ini semakin banyak digunakan mulai dari aplikasi di rumah tangga ataupun di dunia industri. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki berbagai keunggulan, diantaranya dari segi harga yang ekonomis serta konstruksinya yang sederhana. Motor induksi memiliki arus awal (*Start*) yang besar sekitar 5 hingga 7 kali dari arus nominal beban penuh ketika dihidupkan secara langsung [1]. Untuk mengatasi permasalahan arus awal yang besar tersebut pada penelitian ini akan dibuat rangkaian pengasutan *soft starting* motor induksi 3 fasa. Rangkaian *soft starting* ini merupakan suatu metode pengasutan dengan cara mengatur nilai tegangan yang masuk pada motor induksi dengan memanfaatkan komponen elektronika daya yaitu *thyristor*, dengan peyalannya dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Nano. Hasil dari perancangan rangkaian *soft starting* ini sudah mampu menurunkan arus *start* dari metode DOL yaitu sebesar 1.45 A saat motor tanpa beban dan 2.64 A saat motor berbeban menjadi 0,77 A saat tanpa beban dan 1.75 saat berbeban.

Kata Kunci— Motor Induksi, Arus Start, Soft Starting, Thyristor, Arduino Nano.

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan motor induksi saat ini semakin banyak digunakan mulai dari aplikasi di rumah tangga maupun di dunia industri. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki beberapa keunggulan, diantaranya dari segi harga yang ekonomis serta konstruksinya yang sederhana. Dibalik keunggulannya motor induksi memiliki kekurangan yaitu pada arus awal (*Start*) yang besar sekitar 5 hingga 7 kali dari arus nominal beban penuh ketika dihidupkan secara langsung atau lebih dikenal dengan metode pengasutan *Direct On Line* (DOL) [1].

Arus awal (*Start*) yang besar dari motor induksi dapat mengakibatkan penurunan (*drop*) tegangan, hal ini tidak diharapkan terutama dengan motor berkapasitas besar yang terdapat di industri. Pada motor dengan daya diatas 30 kW arus awal yang besar tersebut dapat mengakibatkan penurunan tegangan pada saluran, sehingga dapat mengganggu sistem kerja dari peralatan lain dalam saluran yang sama. Dalam mengurangi arus awal yang besar dari motor induksi diperlukan suatu metode pengasutan seperti pengasutan *wye-delta*, auto trafo, *primary* resistor dan *Soft Starting* [1].

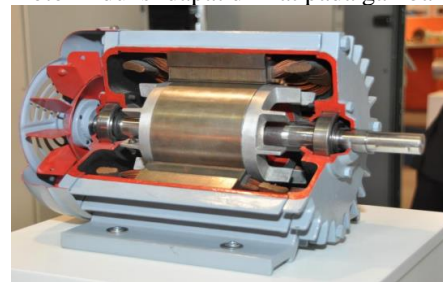
Soft starting merupakan suatu metode pengasutan dengan cara mengatur nilai tegangan yang masuk pada motor induksi. Pengaturan tegangan dilakukan dengan memanfaatkan komponen elektronika daya yaitu *thyristor* yang pengontrolannya dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Nano [2].

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu perancangan soft start untuk pengasutan motor induksi 1 fasa, hasilnya mampu menurunkan arus pengasutan hingga 2 kali arus nominal saat tanpa beban dan 3 kali untuk pengasutan dengan beban generator sinkron. Torsi pengasutan yang dihasilkan oleh *soft start* sebesar 0,023 Nm untuk pengasutan tak berbeban dan 0,43 Nm untuk pengasutan dengan beban generator sinkron [3].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi merupakan mesin listrik yang dapat merubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan memanfaatkan listrik arus bolak-balik (AC) sebagai sumbernya. Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara (*air gap*) [4]. Bentuk secara umum dari motor induksi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Bentuk umum motor induksi [5]

Tipe dari motor induksi berdasarkan pada jenis rotor dibagi menjadi dua macam yaitu *Wound rotor* (tipe motor yang memiliki rotor terbuat dari lilitan) dan *Squirrel-cage* rotor yaitu konstruksi rotor disusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian pada setiap bagian disatukan oleh cincin yang membuat batangan logam terhubung singkat

dengan batangan logam yang lain. Motor ini bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari stator ke rotor, dimana arus pada rotor yaitu merupakan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*Rotating Magnetizing Field*) yang dihasilkan oleh arus stator [4].

Motor induksi juga disebut motor tak serempak (*a synchronous*) dikarenakan putaran rotor tidak sama dengan putaran medan fluks magnet pada stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip [1].

Prinsip kerja motor induksi 3 fasa apabila sumber tegangan 3 fasa dialirkan pada kumparan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan tertentu. Besarnya kecepatan tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 1 berikut:

$$n_s = \frac{120f}{p} \tag{1}$$

Dimana :

- n_s = Kecepatan sinkron (rpm)
- f = Frekuensi sumber (Hz)
- P = Jumlah kutub

Medan putar pada stator akan memotong batang konduktor pada rotor sehingga pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (GGL Induksi). Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka akan mengalir arus (I). Kawat penghantar (kumparan rotor) yang dialiri arus yang berada dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Tegangan induksi akan timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dan kecepatan putar rotor (n_r) [3].

Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (S) dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \tag{2}$$

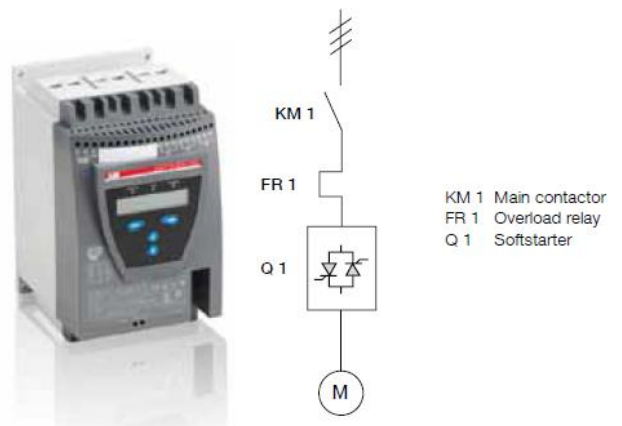
Dimana:

- S = Slip
- n_s = Kecepatan medan putar stator
- n_r = Kecepatan putar rotor

B. Soft Starting

Soft starting merupakan salah satu metode pengasutan pada motor induksi 3 fasa, dengan memanfaatkan komponen elektronika daya *thyristor* yang dipasang secara anti parallel untuk mengatur besarnya tegangan yang masuk pada motor. Prinsip kerja metode ini pertama-tama motor diberikan tegangan yang rendah sehingga arus dan torsi pun juga rendah. Pada level ini motor hanya sekedar berputar perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya tegangan akan dinaikan secara bertahap sampai pada tegangan nominal dan motor juga akan berputar dengan kecepatan nominalnya [3].

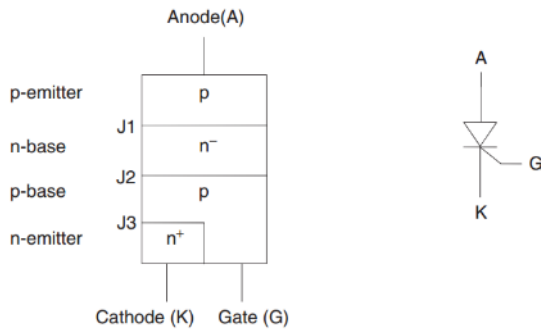
Metode ini menjadi solusi tingginya nilai arus saat pengasutan motor induksi dan merupakan metode dengan nilai arus pengasutan yang rendah [6]. Berikut dapat dilihat bentuk fisik *soft starting* dan *single line* diagram rangkaian *Soft Starting* motor induksi 3 fasa pada gambar 2.



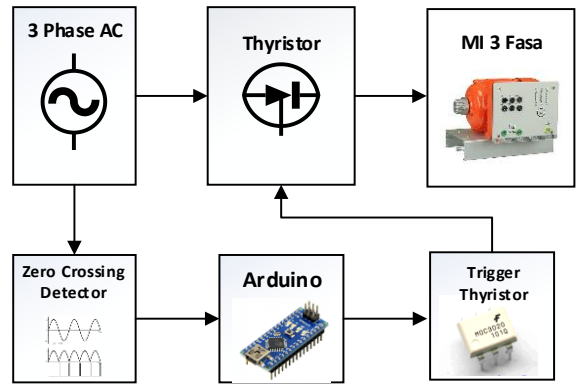
Gambar 2 Bentuk fisik dan *single line* diagram rangkaian *Soft Starting* [7]

C. Thyristor

Thyristor merupakan komponen elektronika daya yang terdiri dari empat lapisan semikonduktor pnpn (yaitu sambungan 3 p-n). Komponen ini memiliki tiga kaki terminal, yaitu anoda (A), katoda (K) dan 1 terminal sebagai pengendali yang disebut *Gate* (G). *Thyristor* biasanya difungsikan sebagai *switch* atau pengendali pada rangkaian elektronika daya yang menggunakan tegangan dan arus menengah sampai tinggi. Kemampuan dalam mengalirkan arus yang tinggi tersebut hanya membutuhkan mili *Ampere* sinyal picu untuk pengoperasian. Beberapa aplikasi *thyristor* di rangkaian elektronika yaitu pada rangkaian lampu *dimmer*, rangkaian logika, rangkaian *osilator*, rangkaian *chopper*, rangkaian pengendali kecepatan motor, rangkaian *Inverter*, rangkaian *timer* dan masih banyak penggunaan pada rangkaian lainnya [8]. Struktur serta simbol *thyristor* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Struktur dan simbol thyristor [10]



Gambar 5 Blok diagram rangkaian *soft starting*

D. *Arduino Nano*

Arduino Nano adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis *chip* ATmega328P dengan bentuk yang sangat mungil. Secara fungsi tidak ada bedanya dengan *Arduino Uno*. Perbedaan utama terletak pada ketiadaan *jack power* DC dan penggunaan konektor Mini-B USB. Disebut sebagai papan pengembangan karena *board* ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembangan, anda akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika anda memulai merakit ATmega328 dari awal di *breadboard* [9]. Berikut dapat dilihat bentuk *Arduino Nano* pada gambar 4.



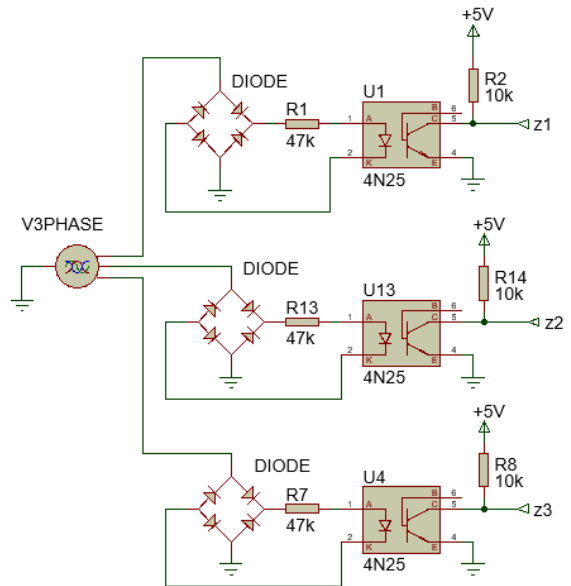
Gambar 4 Modul *Arduino Nano* [9]

III. METODE PENELITIAN

Perancangan keseluruhan sistem *soft starting* dibagi menjadi 4 bagian, yaitu perancangan rangkaian daya, perancangan rangkaian *zero crossing detector*, perancangan pembangkit sinyal penyalan *thyristor*, serta perancangan *software* pada *Arduino Nano*. Adapun blok diagram rangkaian keseluruhan *soft starting* dapat dilihat pada gambar 5.

A. Rangkaian *Zero Crossing Detector*

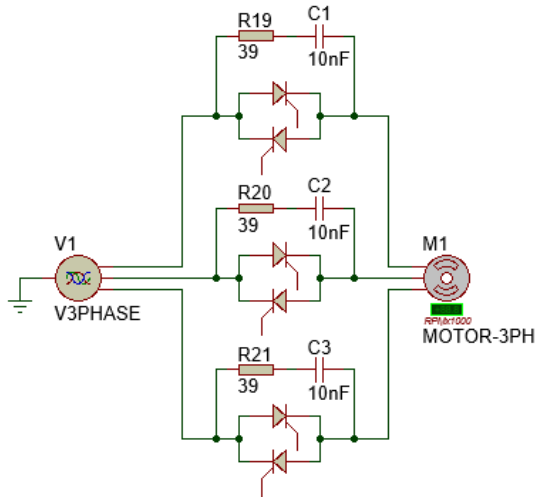
Rangkaian *zero crossing detector* (ZCD) merupakan rangkaian pendeteksi titik nol yang berfungsi sebagai acuan dari pemberian sinyal pada *gate thyristor*. pada penelitian ini sumber yang digunakan adalah tegangan 3 fasa sehingga dirancang 3 unit rangkaian yaitu untuk mendeteksi titik nol di tiap fasa. Berikut dapat dilihat rangkaian ZCD pada gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian *zero crossing detector*

B. Perancangan Rangkaian Daya

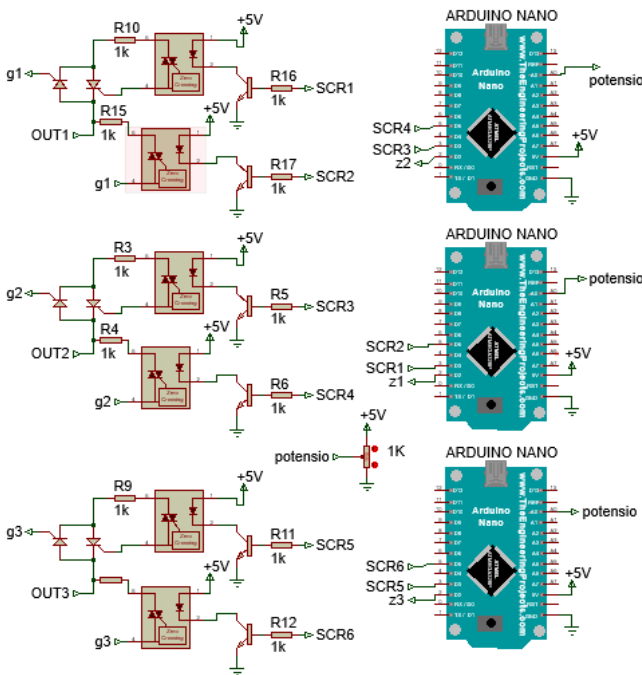
Rangkaian daya dirancang untuk menjalankan motor induksi 3 fasa dalam keadaan terhubung dengan thyristor. Pada saat proses pengasutan sudah mencapai tegangan minimum maka koneksi dari sumber ke thyristor diputuskan dan tegangan akan masuk ke motor melalui kontaktor. Rangkaian daya *soft starting* dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Rangkaian daya motor induksi 3 fasa

C. Perancangan Rangkaian Trigger Thyristor

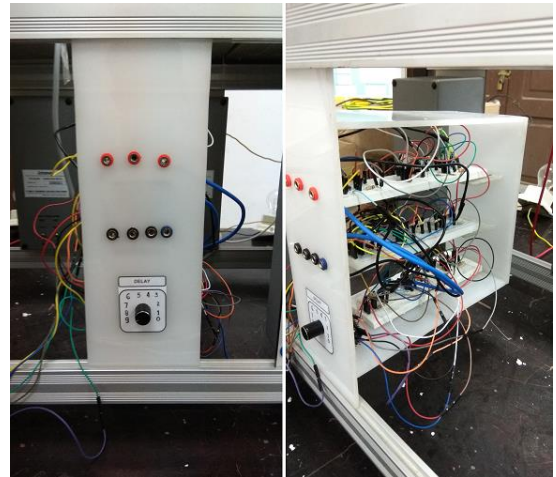
Dalam perancangan ini, Arduino Nano digunakan sebagai sumber dan pengontrol sinyal yang berfungsi sebagai *trigger* pada *thyristor*. Sebanyak 3 buah Arduino Nano digunakan pada penelitian ini dengan masing-masing arduino sebagai pengontrol sinyal *trigger* di tiap fasa. Besarnya sudut penyalan pada *thyristor* diatur menggunakan potensiometer. Bentuk rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Rangkaian sinyal *trigger* pada *thyristor*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

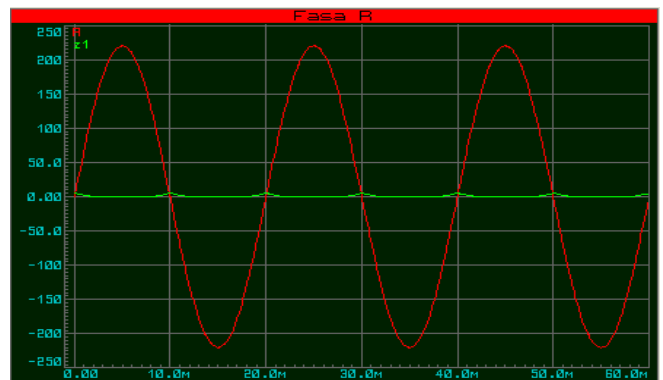
Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengujian atas perancangan rangkaian *soft starting* yang telah dibuat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat sudah berjalan dengan baik seperti yang direncanakan ataupun belum. Kesesuaian sistem dengan perencanaan dapat dilihat dari hasil-hasil yang dicapai pada pengujian sistem. Pengujian juga bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari sistem yang telah dibuat. Bentuk fisik rangkaian *soft starting* yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 9.



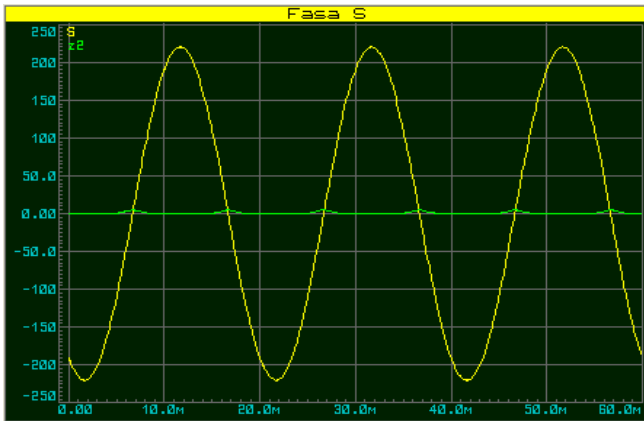
Gambar 9 Bentuk fisik *soft starting*

A. Pengujian Zero Crossing Detector

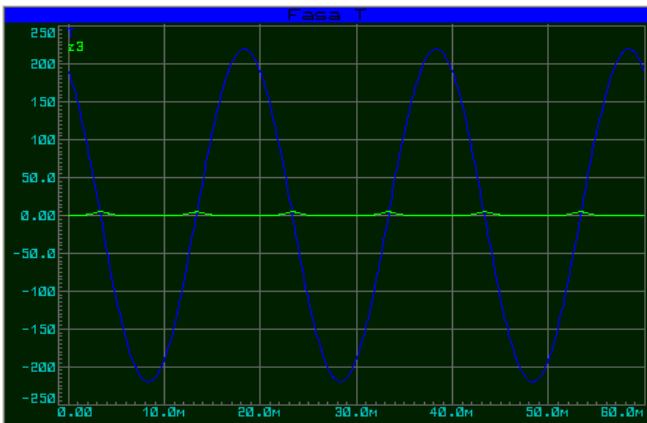
Sinyal keluaran yang dihasilkan dari rangkaian *zero crossing detector* (ZCD) merupakan pulsa periodik yang aktif setiap 10 ms. Tujuan pengujian rangkaian ini adalah untuk mengetahui/melihat sinyal gelombang keluaran dari rangkaian *zero crossing detector* yang akan digunakan sebagai *input* pada mikrokontroler sebagai referensi/acuan untuk memulai proses awal pemberian arus *gate* pada *thyristor*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Proteus 8.6. Berikut hasil pengujian rangkaian ZCD dapat dilihat pada gambar 10.



(a) Fasa R



(b) Fasa S

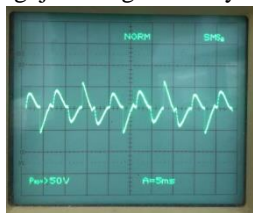


(c) Fasa T

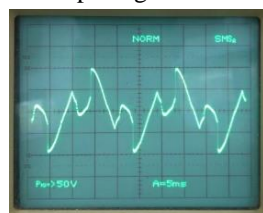
Gambar 10 Hasil pengujian rangkaian ZCD

B. Pengujian Pada Motor Induksi 3 fasa

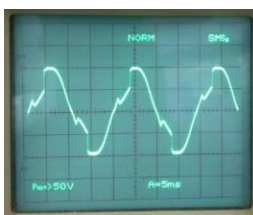
Pengujian terakhir pada rangkaian *soft starting* ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian pada motor induksi 3 fasa. Pada pengujian ini akan dilihat bentuk gelombang, nilai tegangan dan nilai arus yang diperoleh dari pengontrolan tegangan pada rangkaian *soft starting*. Hasil pengujian rangkaian daya dapat dilihat pada gambar 11.



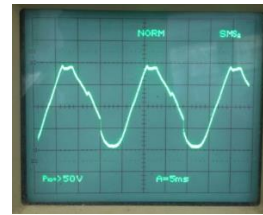
(a) Delay = 8 ms



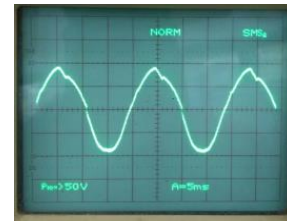
(b) Delay = 6 ms



(c) Delay = 4 ms



(d) Delay = 2 ms



(d) Delay = 0 ms

Gambar 11 Bentuk gelombang tegangan *output* rangkaian daya *soft starting*

Dari gambar 11a-11d dapat dilihat bahwa gelombang tegangan *output* yang dihasilkan dari rangkaian daya pada penelitian ini sudah seperti yang diharapkan, yaitu terlihat dari bentuk gelombang yang dapat dikontrol saat variasi delay waktu penyalan *thyristor* dilakukan. Pengujian yang dilakukan dengan motor induksi ini bentuk gelombangnya tidak sepenuhnya sinusoidal. Meskipun demikian hal tersebut tidak begitu berpengaruh dari tujuan penelitian, yaitu rangkaian ini masih dapat mengontrol tegangan input 3 fasa. Selain melihat bentuk gelombang, pada pengujian ini juga dilakukan pengukuran tegangan dan arus dari *output* rangkaian daya *soft starting*. Hasil pengujian yang dilakukan pada motor induksi saat motor dalam kondisi tanpa beban dan berbeban dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

TABEL I
PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS PADA MOTOR TANPA BEBAN

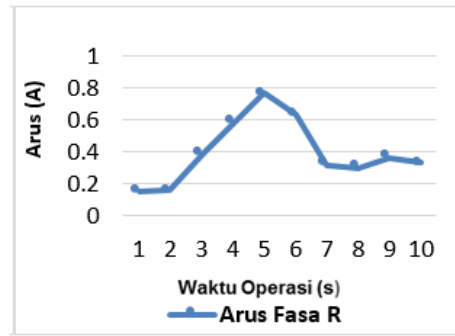
No	Waktu Operasi (s)	Delay (ms)	Tegangan (V)			Arus Fasa R (A)
			RS	ST	TR	
1	1	8	29	32,3	29,6	0,15
2	2	8	29	32,2	29,6	0,16
3	3	6	172	175	174	0,38
4	4	6	172	175	174	0,58
5	5	4	327	328,5	325,5	0,77
6	6	4	327	328,5	325,5	0,63
7	7	2	372	364	368,9	0,32
8	8	2	372	364	368,9	0,30
9	9	0	342	358	356	0,36
10	10	0	342	358	356	0,33
11	11	-	395	397,3	386,5	0,21

TABEL II
PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS PADA MOTOR BERBEBAN

No	Waktu Operasi (s)	Delay (ms)	Tegangan (V)			Arus Fasa R (A)
			RS	ST	TR	
1	1	8	24	28	24,9	0,17
2	2	8	24	28	24,9	0,30
3	3	6	143	139	138,2	0,48
4	4	6	143	139	138,2	1,08
5	5	4	306,1	306,1	304,4	1,34
6	6	4	306,1	306,1	304,4	1,75
7	7	2	370,5	370,5	368,3	0,51
8	8	2	370,5	370,5	368,3	0,34
9	9	0	346	356	367,3	0,41
10	10	0	346	356	367,3	0,36
11	11	-	395	397,3	386,5	0,27

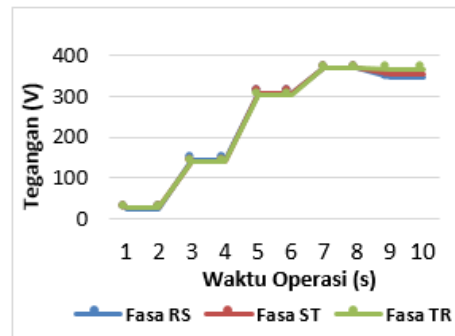
Data hasil pengujian yang telah diperoleh dari pengukuran arus serta tegangan yang terdapat pada tabel 1 dan 2 dapat dilihat nilai tegangan dan arus pada saat motor tanpa beban dan berbeban. Delay penyalaan *thyristor* diberikan dari 8 kemudian diturunkan menjadi delay 6, delay 4, delay 2 dan delay 0 dalam rentang waktu penurunan tiap delay adalah 2 detik sehingga untuk proses keseluruhan pengujian rangkaian daya *soft starting* yaitu selama 10 detik. Setelah 10 detik waktu pengoperasian menggunakan rangkaian *soft starting* pada waktu operasi 11 detik motor sudah terhubung langsung dengan sumber tegangan 3 fasa, sehingga motor saat tersebut sudah bekerja dengan arus nominalnya. Lonjakan arus tertinggi pada pengujian rangkaian *soft starting* ini adalah 0,77 A saat motor tanpa beban dan 1,74 A saat motor berbeban, kemudian saat dibandingkan dengan pengoperasian dengan metode DOL, maka diperoleh arus sebesar 1.45 A saat motor tanpa beban dan 2,64 A saat motor berbeban. Dari perbandingan tersebut dapat disimpulkan bahwa rangkaian *soft starting* ini sudah mampu untuk menurunkan arus pengasutan motor induksi 3 fasa.

Dari data hasil pengukuran pada tabel 1 dan 2 maka untuk mempermudah perbandingan antara pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat grafik pada gambar 12 saat motor tanpa beban dan pada gambar 13 saat motor berbeban.

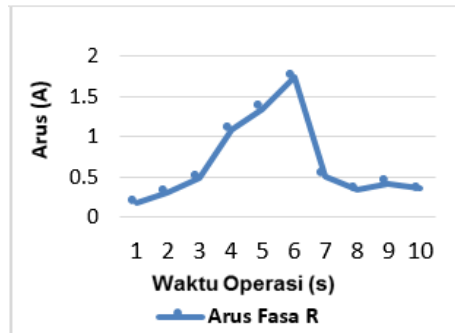


(b) Arus

Gambar 12 Grafik tegangan dan arus pada motor tanpa beban



(a) Tegangan



(b) Arus

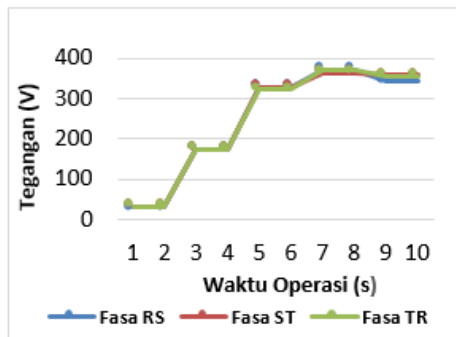
Gambar 13 Grafik tegangan dan arus pada motor berbeban

Setelah melakukan pengujian rangkaian daya ini dapat dilihat bahwa rangkaian *soft starting* yang telah dibuat ini sudah mampu mengontrol tegangan yang masuk pada motor induksi 3 fasa secara bertahap sehingga arus *start* yang dihasilkan menjadi kecil.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian dari rangkaian *soft starting* yang telah dibuat ini sudah berhasil untuk mengontrol tegangan sumber 3 fasa, dengan pengujian yang telah dilakukan pada motor induksi 3 fasa.

Tujuan rangkaian *soft starting* untuk memperkecil arus pengasutan pada motor induksi 3 fasa sudah berhasil



(a) Tegangan

dilakukan, yaitu diperoleh lonjakan arus tertinggi saat *starting* pada motor tanpa beban sebesar 0.77 A, adapun saat motor berbeban sebesar 1.75 A, dengan membandingkan saat motor dioperasikan secara langsung (DOL) maka nilai arusnya adalah 1.45 A saat tanpa beban dan 2.64 A saat berbeban.

REFERENSI

- [1] F. Rozi., "Pengujian Karakteristik Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar menggunakan Metode Soft Starting," Skripsi, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia, 2014.
- [2] A. Sugiharto, "Soft Starting dan Dynamic Braking Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AT89S51," Skripsi, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia, 2014.
- [3] A. Primatama., "Perancangan Soft Starter Motor Induksi Satu Fasa dengan Metode Closed Loop Menggunakan Mikrokontroler Arduino," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, Vol 1, No. 2, pp. 1–3, 2013.
- [4] Y.R. Fauzi, "Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler ATmega328," Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2017.
- [5] M.M. Abboud, "Simulation of 3ph induction motor in Matlab with Direct and Soft starting methods," Linnaeus University, Växjö, Swedia, 2015.
- [6] R. Ardiansyah, "Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi Tiga Phase Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328," *Jurnal Dielektrika*, Vol. 2, No. 2, pp. 91- 96, Agustus 2015
- [7] *Softstarter Handbook ISFC132060M0201*, ABB, 2010.
- [8] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia, 1995.
- [9] (2017)The Ecadio website .[Online]. Available: <http://ecadio.com/mengenal-dan-belajar-arduino-nano>.
- [10] M.H. Rashid, *Power Electronics Circuits, Devices, And Applications*, Third Edition, Pearson Education International, 2004.