

SOFT STARTER UNTUK POMPA SUBMERSIBLE SATU FASA DENGAN CONTROLLER PID TK4S-T4SN

Adhi kusmantoro¹ Theodora.Indriati W² Sigit Ristanto³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

¹Email : adhitekNIK@gmail.com

Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas MIPATI, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

²Email : Twindriati891@gmail.com

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas MIPATI, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

³Email : sigit.ristanto@gmail.com

Abstrak

Motor induksi adalah mesin listrik yang banyak digunakan untuk menggerakkan beban, khususnya pompa air submersible yang digunakan pada industri maupun rumah tinggal. Akan tetapi motor pompa submersible mempunyai kelemahan yang sampai sekarang terus dilakukan penelitian tentang arus awal (starting) yang besarnya dapat mencapai 7 kali arus nominal, yang dapat mengakibatkan penurunan tegangan sistem dan mengganggu kerja peralatan lain dalam satu jaringan listrik. Oleh karena itu diperlukan pengasutan pada motor pompa submersible yang bertujuan untuk mengurangi arus starting awal yang tinggi. Selain itu pengembangan pemanfaatan energi matahari di Indonesia terus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang soft starter untuk motor satu fasa menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan TK4S-T4SN. Luaran penelitian ini adalah dihasilkan soft starter pengendali pompa air yang mempunyai penghematan pemakaian energi listrik (saving energy) sampai dengan 30%, dengan memanfaatkan energi matahari.

Kata Kunci : Pompa Submersible, Soft Starter, Starting Motor

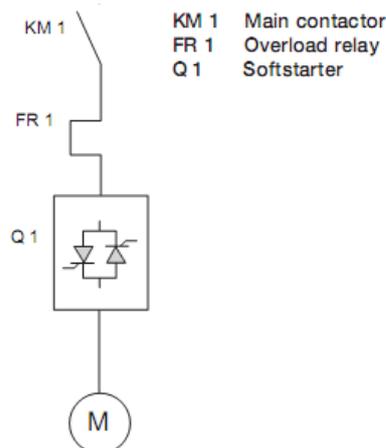
1. PENDAHULUAN

Elektronika daya terus mengalami perkembangan untuk kebutuhan pengendalian peralatan di industri, tetapi juga berkembang untuk pengendalian pompa air khususnya pompa submersible tiga fasa. Untuk *soft starter* pompa submersible satu fasa pada saat sekarang belum begitu dikenal oleh masyarakat, bahkan beberapa perusahaan elektrik tidak memproduksi *soft starter* satu fasa. Beberapa metode starting konvensional yang banyak digunakan untuk pompa submersible adalah DOL (*Direct On Line*) dan star-delta yang ternyata dalam pelaksanaannya masih menghasilkan arus awal yang besar, khususnya pada starting DOL. Pada metode star-delta masih menghasilkan hentakan yang besar pada saat perpindah dari posisi star ke delta. Metode star-delta ini ternyata dapat menimbulkan kerusakan pada pompa submersible, apalagi jika sering dilakukan start stop. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode pengasutan pada pompa submersible, dengan tujuan untuk mengurangi arus pengasutan awal yang tinggi. Jika arus awal yang tinggi terjadi pada motor pompa air dalam rumah tinggal, maka dapat menyebabkan kerusakan peralatan listrik lainnya dan efisiensi energi listrik menjadi rendah. Kondisi tersebut berdampak terhadap penggunaan sumber daya listrik dan menjadi suatu kebutuhan penting untuk segera dilakukan penelitian sebagai bagian mendasar pada proses starting motor pompa *submersible* dalam hal pembuktian kasus untuk menentukan efisiensi penggunaan sumber daya listrik.

Soft starter dipakai dalam proses start dan stop secara halus. *Soft starter* bekerja melalui proses kenaikan tegangan secara perlahan waktu start dan penurunan tegangan juga secara perlahan waktu stop. Dengan menggunakan *soft starter*, tegangan awal motor yang diberikan sangat rendah pada saat start, sehingga arus dan torsi pada saat start juga rendah. Secara perlahan, tegangan akan naik dan motor dapat mengakselerasi pompa air menuju kecepatan nominal (Koes Indrakoesoema, 2011). Dengan mengendalikan tegangan AC, *soft starter* menawarkan banyak keuntungan jika dibandingkan dengan starter konvensional, yaitu :

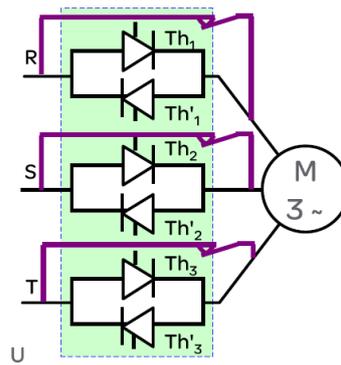
- a. Akselerasi halus, yang dapat mengurangi tekanan pada bagian mekanis sehingga menyebabkan torsi awal yang tinggi dan menambah usia serta kehandalan pada gear box, bantalan motor, poros. Akselerasi yang halus juga mengurangi pemakaian sumber daya listrik karena mengurangi tegangan awal. Hal ini menyebabkan arus awal yang juga rendah sehingga dapat digunakan pada pompa dan konveyor. *Soft starter* memberikan kinerja awal yang optimal dengan memberikan cukup torsi untuk menggerakkan beban dan memberikan kerugian yang minimum baik secara mekanik dan kelistrikan.
- b. Penghematan energi listrik dalam penggunaan beban. Penghematan energi dicapai dengan mengatur atau mengurangi tegangan awal yang masuk kebutuhan torsi beban dapat dicapai. Dengan cara ini kerugian tembaga pada inti dan stator dapat berkurang.

Soft starter memungkinkan untuk men-start mesin dengan perubahan kecepatan dan menghentikan mesin dengan kerugian yang minimum pada bagian mekanik dan energi listrik peralatan. Hal ini dapat dilakukan dengan penyesuaian yang tepat dari tegangan terminal motor induksi. Namun untuk menyesuaikan tegangan yang diberikan sesuai dengan kecepatan dan torsi merupakan hal yang tidak sederhana. Untuk mengatur tegangan, sudut pemicu dari thyristor harus dihitung dalam setiap kondisi operasi. Sudut pemicu thyristor adalah fungsi yang tidak linear dari kecepatan dan torsi motor, sangat sulit untuk menemukan nilai yang tepat dari setiap kecepatan dan torsi motor. Beberapa metode pengendalian loop tertutup tegangan AC telah dikembangkan dan diterapkan dengan menggunakan sensor kecepatan (Adel Gastli, 2005). *Electronics soft starter* untuk motor induksi menurut (B.Sheeba Rani, 2015) mampu menurunkan arus awal dan menghasilkan akselerasi yang halus pada beban. Blok diagram *soft starter* motor induksi diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



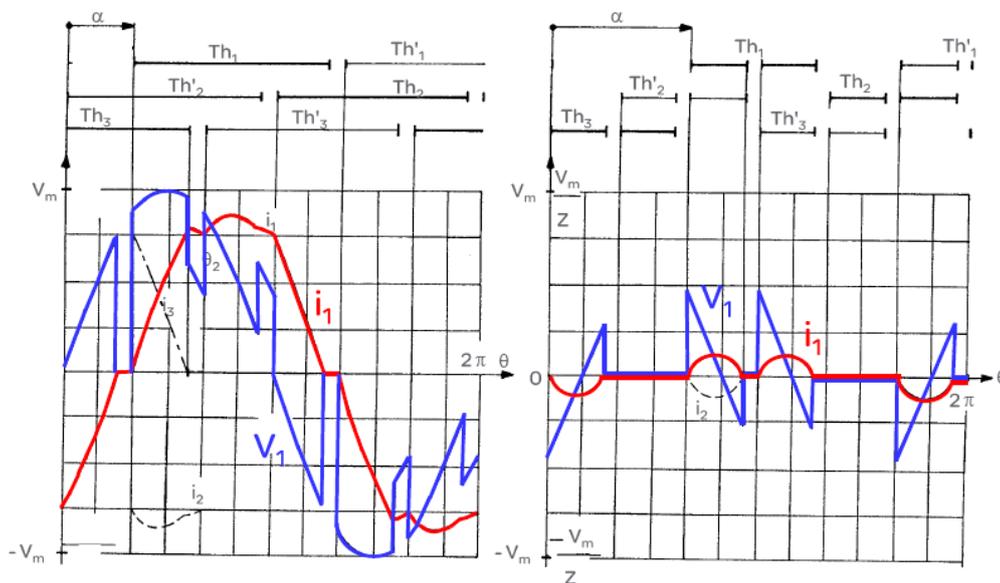
Gambar 1. Blok diagram *soft starter*

Dalam penelitian ini B.Sheeba Rani menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pembangkit sudut pemicu pada IGBT soft starter satu fasa. Pengujian menggunakan motor satu fasa menghasilkan kecepatan dengan akurasi 10% dan penurunan arus awal sekitar 20%, sehingga penggunaan soft starter ini dapat menambah lama pemakaian motor. *Soft starter* dengan thyristor efektif mengendalikan motor induksi dengan perubahan beban dan meningkatkan efisiensi. Karakteristik motor induksi seringkali membawa kesulitan dalam pengendaliannya. Kadangkala *soft start* yang diterapkan pada motor induksi membuat kinerja dinamis yang buruk. Di antara metode pengendalian motor induksi yang berbeda, metode pengaturan tegangan thyristor VVCF (*variable voltage constant frequency*) mampu mengurangi kerugian daya dan telah banyak digunakan *soft starter* motor induksi dan efektif bekerja dengan perubahan beban.



Gambar 2. Rangkaian thyristor anti-paralel

Fungsi utama *soft starter* adalah untuk membatasi arus awal yang akan melindungi kumparan dari distorsi panas khususnya untuk motor induksi dengan rotor sangkar tupai. Peningkatan efisiensi ini dilakukan dengan perubahan beban (Li Kai 2014). Rangkaian *soft starter* konvensional secara sederhana menggunakan komponen enam thyristor anti-paralel. Pengaturan tegangan stator dilakukan dengan mengatur sudut pemicu thyristor (Oktavianus Dwi Artyanto, 2014).



Gambar 3. Bentuk gelombang keluaran thyristor dengan $\alpha = \pi/3$ dan $\alpha = 2\pi/3$

Daya yang diberikan ke bagian rotor dari motor induksi, melewati celah udara melalui proses induksi medan magnet ke kumparan rotor. Daya pada rotor ini akan menghasilkan torsi mekanik, tetapi torsi ini tidak sama dengan torsi pada poros rotor karena adanya rugi gesekan dan angin.

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \dots\dots\dots(1.1)$$

$$\cos\varphi = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \dots\dots\dots(1.2)$$

Besarnya torsi asut adalah $T_s = k.E_2.I_2.Cos \varphi_2$, dengan memasukkan persamaan (1.1) dan (1.2) diperoleh persamaan torsi asut.

$$T_s = k.E_2 \cdot \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \times \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{k.E_2^2.R_2}{R_2^2 + X_2^2} \dots\dots\dots(1.3)$$

Sedangkan besarnya torsi maksimum saat motor berputar adalah

$$T_{max} = \frac{k.S.E_2.R_2}{R_2^2 + S^2.X_2^2} = \frac{k.E_2^2}{2.X_2} \dots\dots\dots(1.4)$$

$$\frac{T_s}{T_{max}} = \frac{k.R_2.E_2^2}{R_2^2 + X_2^2} \times \frac{2.X_2}{k.E_2} = \frac{2.R_2.X_2}{R_2^2 + X_2^2}$$

$$\frac{T_s}{T_{max}} = \frac{2 \cdot \frac{R_2}{X_2}}{1 + \left\{ \frac{R_2}{X_2} \right\}^2} = \frac{2.sm}{1 + sm^2} \dots\dots\dots(1.5)$$

Untuk motor induksi satu fasa persamaan torsi dapat dinyatakan dengan persamaan di bawah ini

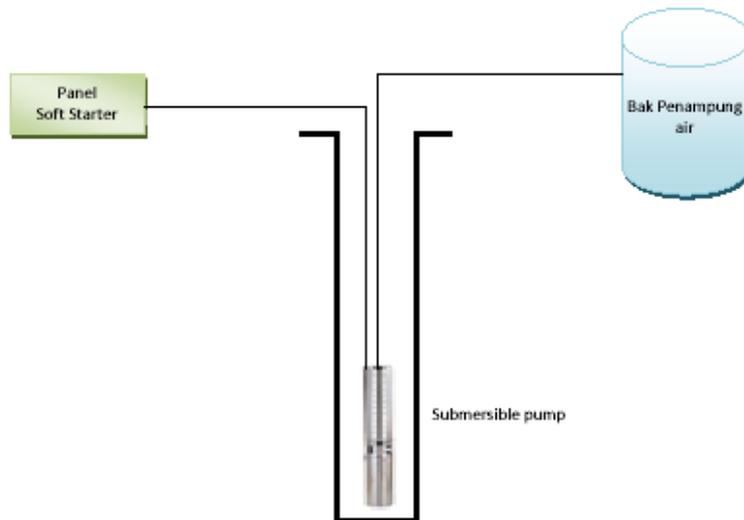
$$T_g = \frac{1}{2\pi N_s} \cdot \frac{I_2^2.R_2}{S} \dots\dots\dots(1.6)$$

2. METODOLOGI

2.1 Observasi Data

Dalam melakukan perancangan *soft starter* untuk motor pompa submersible dibutuhkan data sebagai berikut :

- a. Daya pompa satu fasa 1,5 KW.
- b. Merk pompa Grundfos SP 8A-10.
- c. Kapasitas pompa 8 m³/jam.
- d. Sistem starting DOL.
- e. Lokasi pompa di perumahan Karonsih Semarang.



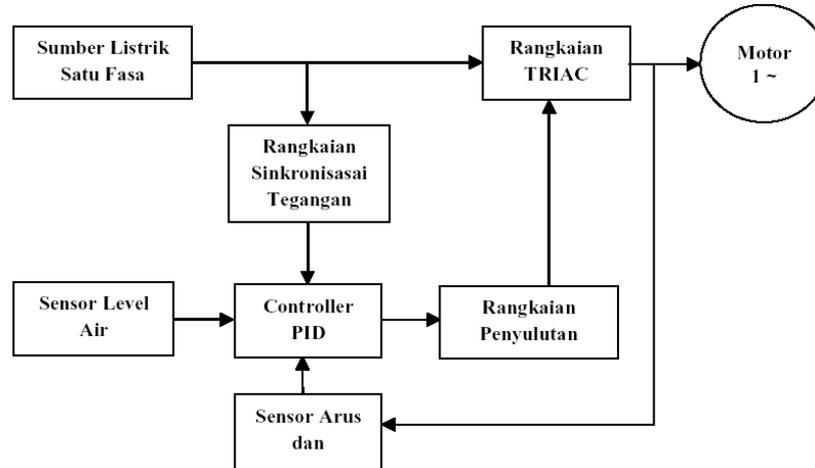
Gambar 2.1 Instalasi pompa submersible

2.2 Perancangan Rangkaian *Soft Starter*

Dalam melakukan perancangan *soft starter* dibutuhkan komponen utama untuk mendukung rangkaian *soft starter* yaitu :

- a. Kontaktor tiga fasa tipe TeSys D.
- b. Thermal overload relay.
- c. MCB tiga fasa 16 A.
- d. MCCB tiga fasa 32 A.

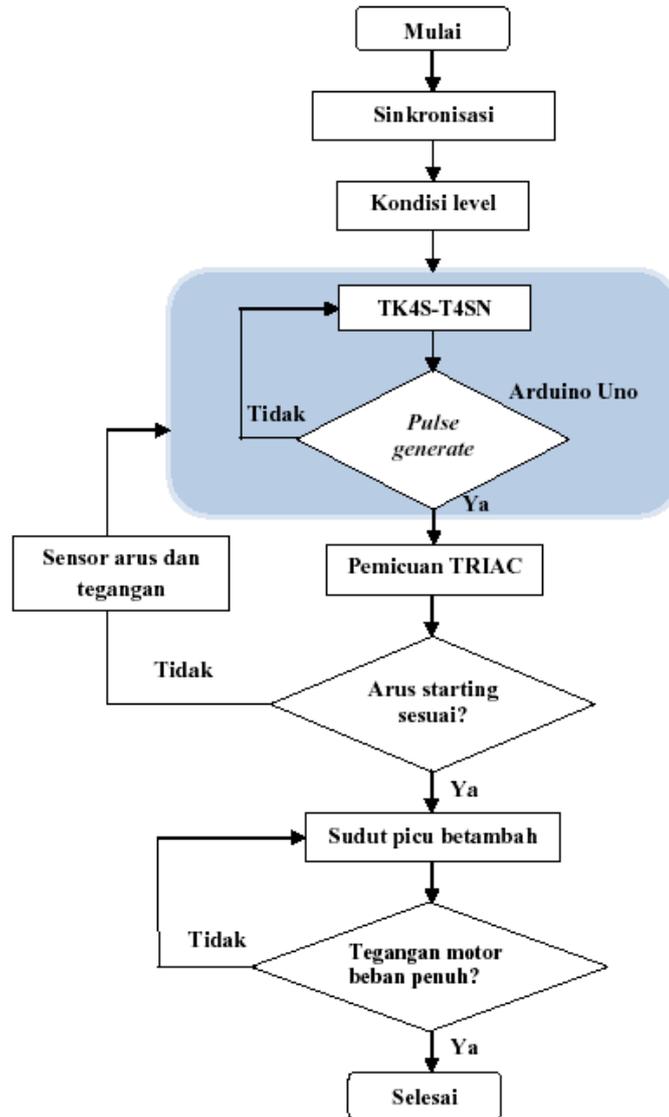
Rangkaian sinkronisasi berfungsi untuk menyesuaikan sudut pemicu yang dibangkitkan oleh controller, agar gelombang sinusoida yang diatur sesuai dengan nilai set pointnya. Sensor level tegangan berfungsi untuk memberikan informasi ke controller, waktu start dan waktu stop. Sensor arus dan tegangan berfungsi untuk memberikan informasi dalam menentukan kenaikan dan penurunan tegangan motor serta arus awal motor. Rangkaian penyulutan merupakan rangkaian driver ke TRIAC.



Gambar 2.2 Blok diagram *soft starter* satu fasa

Tahapan dalam perancangan dan implementasi *soft starter* dilakukan secara berurutan, yaitu

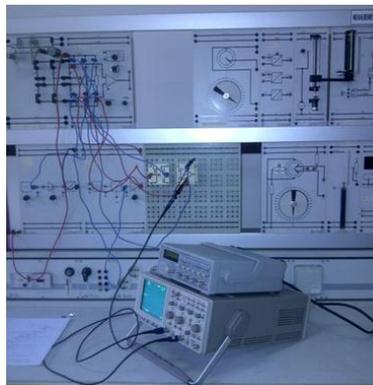
- 1) Rangkaian sinkronisasi tegangan
Rangkaian ini dengan komponen op-amp LM 311 digunakan untuk menentukan waktu tunda dengan tepat saat titik nol (*zerocrossing*) dari tegangan jala-jala listrik.
- 2) Sensor level air
Berfungsi untuk memberikan informasi ke pengendali mengenai ketersediaan air dalam bak penampung air, sehingga dapat diketahui saat starting motor dan saat stoping motor.
- 3) Controller PID
Digunakan untuk membangkitkan sudut picu dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan *controller* PID TK4S-T4SN.
- 4) Rangkaian penyulutan
Rangkaian ini merupakan rangkaian driver gerbang digital yang dilengkapi dengan optocoupler MOC3021, untuk memperkuat sinyal agar dapat memberikan sudut pemicu ke TRIAC.
- 5) Rangkaian sensor arus dan tegangan
Dalam rancangan penelitian ini digunakan sensor arus WCS1800 dan sensor tegangan dengan trafo, yang berfungsi sebagai umpan balik dengan cara membaca nilai arus dan tegangan yang mengalir ke motor dan digunakan.
- 6) Rangkaian TRIAC
Rangkaian utama *soft starter* menggunakan komponen TRIAC BCR20AM.



Gambar 2.3 Langkah kerja *soft starter* motor pompa.

Indikator capaian diperoleh dari observasi, pengamatan dan pengukuran secara langsung dalam setiap penelitian yang dilakukan setiap tahunnya, indikator yang diperoleh adalah sebagai data arus starting dan beban penuh motor optimal (dalam Ampere) yang dilakukan beberapa kali. Dalam hal ini dihasilkan alat *soft starter* motor pompa satu fasa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3.1 Pengujian rangkaian *soft starter* di laboratorium

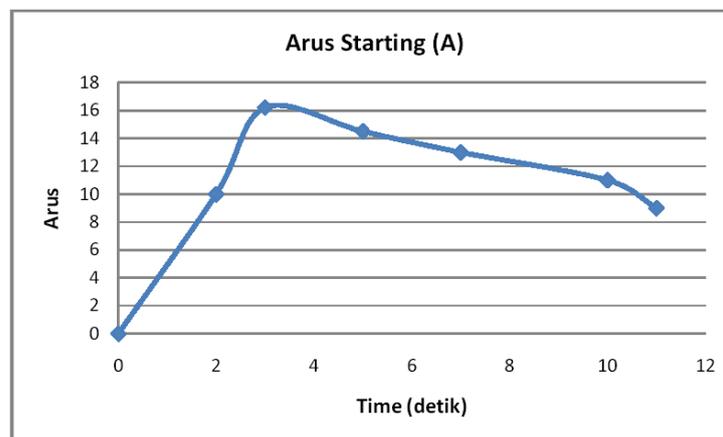
Tabel 3.1 Arus awal tanpa *soft starter*.

Waktu (detik)	Arus Starting (A)
0	0
2	10
3	16,2
5	14,5
7	13
10	11
11	9

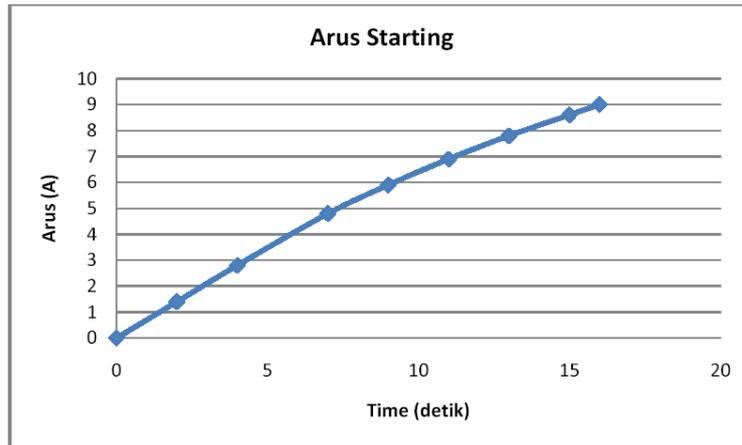
Tabel 3.2 Arus awal dengan *soft starter*.

Waktu (detik)	Arus Starting (A)
0	0
2	1,4
4	2,8
7	4,8
9	5,9
11	6,9
13	7,8
15	8,6
16	9

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa untuk interval waktu tertentu motor pompa submersible saat dioperasikan tanpa *soft starter* arus mulai mencapai nilai maksimum dalam interval yang sangat singkat dan karena itu terlihat bahwa arus awal yang tinggi. Ketika motor pompa submersible dioperasikan dengan *soft starter* terlihat bahwa ada peningkatan secara bertahap dalam kenaikan arus awal dan motor membutuhkan waktu yang lebih besar untuk mencapai nilai *steady state*-nya sehingga meminimalkan denyutan torsi motor. Hal ini dapat menghindari keausan mekanis dari motor dan memperpanjang umur motor serta meningkatkan efisiensi pompa submersible.

**Gambar 3.1 Grafik arus terhadap waktu (tanpa *soft starter*)**

Dari kurva tersebut terlihat penggunaan *soft starter* dengan TRIAC memberikan arus awal yang lebih rendah, arus awal dapat berkurang antara 30 % sampai dengan 50 % terhadap arus nominal.



Gambar 3.2 Grafik arus terhadap waktu (dengan soft starter)

Tabel 3.3 Perubahan Arus Terhadap Tegangan Tanpa Soft Starter

Tegangan Motor (V)	Arus Starting (A) Tanpa Soft Starter
185	10
195	16,2
205	14,5
210	13
215	11
220	9

Tabel 3.4 Perubahan Arus Terhadap Tegangan Dengan Soft Starter

Tegangan Motor (V)	Arus Starting (A) Dengan Soft Starter
185	2,8
195	4,2
205	6,9
210	7,8
215	8,4
220	9

4. KESIMPULAN

- a. Metode DOL memberikan arus awal yang besar, sedangkan metode *soft starter* memberikan akselerasi putaran motor yang lebih halus. *Soft starter* motor mampu membuat kenaikan arus yang tetap saat starting motor.
- b. Dengan pengaturan sudut pemicu thyristor pada *soft starter* yang dibandingkan dengan metode DOL, terlihat bahwa pengaturan sudut pemicu dapat memperbaiki *power factor*, THD, dan arus starting motor pompa submersible. Selain itu pengaturan sudut picu thyristor dapat menghasilkan torsi dan kecepatan motor sesuai beban yang digunakan.
- c. Grafik respon motor pompa menghasilkan arus starting dalam waktu 16 detik dengan *overshoot* di bawah 1%, respon torsi motor dalam waktu 0 – 0.2 detik berubah antara positif dan negatif dan disebabkan nilai awal starting dengan sudut pemicu yang kecil.
- d. Efisiensi pemakaian energi listrik pada motor pompa submersible dapat dicapai dengan pengaturan kecepatan motor melalui pengendalian *soft starter*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Bakti Priahutama, 2010, Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan Atmega 8535, Jurnal Transmisi ISSN 1411-0814, pp. 160-167.
- Adel Gastli and M.M. Ahmed, 2005, "ANN-based soft starting of voltagecontrolled fed IM drive system", IEEE Trans. Energy Convers., Vol. 20, No. 3, pp. 497-503.
- B.Sheeba Rani, 2015, Electronic Soft Starter for Induction Motor, International Journal of Advances in Engineering, ISSN: 2394-9260.
- Bos Mathew Jos. K.S.Hareesh, 2013, "Thyristorised Starter for Induction Machine Drive", Transactions on Engineering and Sciences ISSN: 2347-1964.
- Fu Chao, 2013, "Design and Simulation of Three-phase AC Motor Soft-start", *Intelligent System Design and Engineering Applications (ISDEA)*, pp: 554-557.
- Koes Indrakoesoema, 2011, "Pengaruh Pada Arus Motor Pompa Pendingin Primer RSG-Gas", Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Yogyakarta.
- Muhammad Suyanto, 2014, Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Pembangkit Listrik Terbarukan, Jurnal Teknik Volume 27 No.3, Oktober.
- Mohamed Faizal.Subburaj, 2016, "An Innovative Extinction Angle Control Technique for Soft Starting the Three Phase Squirrel Cage Induction Motor", J Electr Eng Technol.
- Oktavianus Dwi Artyanto, 2014, VSD dan Soft Starter, Schneider electric.
- Rocky Alfan. Fadjar Maulana K. Heri Haryanto., 2015, Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal, Jurnal Setrum Volume 4 No. 2 ISSN : 2301-4652.
- Shweta .V. Muttagi Dr. M. S. Aspalli, 2015, "Reduction in Torque Pulsations during Starting", *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development/ Vol. 3, Issue 02*.
- Subandi. Slamet Hani, 2015, Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell, Jurnal Teknologi Technoscintia ISSN: 1979-8415 Vol. 7 No. 2 Februari.
- Sneha M Mukare, 2013, "IGBT based Induction Motor Soft Starter, *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) ISSN: 2278-2834*.
- Tuton Chandra Mallick. Sharith Dhar. Jubaer Khan, 2015, "Artificial Neural Network based Soft-Starter for Induction Motor", Proceedings of International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT).