

Analisis Efektifitas Penggunaan Metode *Soft Starter* saat *Start* awal pada pengoperasian Motor 220 kW

Andi Junaidi¹; Susan Damayanti²

¹Sekolah Tinggi Teknik PLN

²Universitas Jenderal Achmad Yani

¹andi.junaidi@sttpln.ac.id

²ssndamayanti@gmail.com

ABSTRACT

The Multipurpose Reactor G.A Siwabessy is a research reactor equipped with a Cooling System consisting of 2 systems, namely the primary cooling system and the secondary cooling system. This Project discusses the effectiveness of using the Soft starter method in the initial starting process of the electric motor in the secondary cooling system which aims to reduce the value of a high current surge when the motor starts working. The data type used is primary data obtained directly by the author through a measurement process with a measuring instrument. When using the Star-Delta method the surge current is 765 A while with the Soft starter method there is a decrease in the current surge value to 517 A, the conclusion of the result is a decrease in the current surge value of 0,677% using the Soft starter method.

Keywords: Motor, Secondary system, Soft starter, Star-Delta

ABSTRAK

Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy merupakan reaktor riset yang dilengkapi dengan Sistem Pendingin yang terdiri dari 2 sistem, yaitu sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder. Penelitian ini membahas mengenai efektifitas penggunaan metode Soft starter dalam proses starting awal motor listrik di sistem pendingin sekunder yang bertujuan untuk mengurangi nilai lonjakan arus yang tinggi saat awal motor mulai bekerja. Tipe data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh langsung oleh penulis melalui proses pengukuran dengan alat ukur. Saat menggunakan metode Star-Delta lonjakan arus berada di angka 765 A sedangkan dengan metode Soft starter terjadi penurunan nilai lonjakan arus menjadi 517 A, kesimpulan dari hasil tersebut adalah terjadi penurunan nilai lonjakan arus sebesar 0,67% dengan menggunakan metode Soft starter.

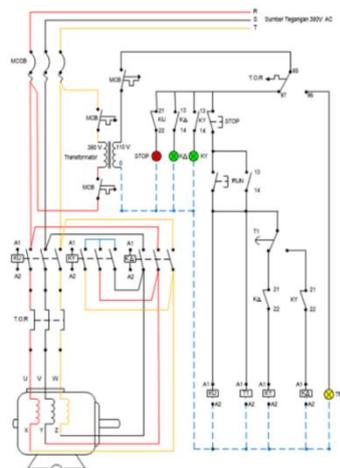
Kata kunci: Motor, Sistem sekunder, Soft starter, Star-Delta

1. PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan tugasnya Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy merupakan reaktor riset yang dilengkapi dengan Sistem Pendingin yang terdiri dari 2 sistem, yaitu sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder. Sistem Pendingin Primer berfungsi mengambil panas dari hasil reaksi fisi yang berlangsung di teras reaktor, sedangkan Sistem Pendingin Sekunder berfungsi mengambil panas dari sistem pendingin primer untuk selanjutnya panas tersebut dibuang ke udara luar melalui menara pendingin (*cooling tower*) [1]. Pada sistem pendingin sekunder terdapat 3 buah motor pompa yaitu PA-01 AP001, PA-02 AP001 dan PA-03 AP001, dua buah motor pompa untuk operai normal dan satu buah motor pompa sebagai cadangan. Motor induksi yang umum digunakan ada dua jenis yaitu motor induksi satu fasa dan tiga fasa. Dalam pengoperasian nya, sistem pendingin sekunder menggunakan tiga buah motor induksi jenis tiga fasa [4]. Dalam pengoperasiannya sebelumnya, saat motor masih dioperasikan dengan metode *Star-Delta* terdapat beberapa kendala yaitu besarnya arus *start* awal yang mengakibatkan masa kerja motor listrik berkurang karena lonjakan arus yang tinggi membuat motor menjadi cepat rusak. Namun saat ini dua buah motor sudah dioperasikan menggunakan metode *Soft starter*. Fungsi dari metode *Soft starter* ialah menurunkan nilai lonjakan arus saat *start* motor [2]. Dalam jurnal ini akan dibahas mengenai efektifitas penurunan arus menggunakan metode *start* awal *Soft Starter* dibandingkan dengan metode *Star-Delta*. Analisis dilakukan pada motor pompa PA – 02 AP001 dan PA – 03 AP001 di sistem pompa pendingin sekunder, menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* (PQA) merk HIOKI 3169 – 20 Clamp On Power HiTester dan perangkat lunak HIOKI 9625 Power Measurement Support Software [5].

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Metode *Star – Delta*



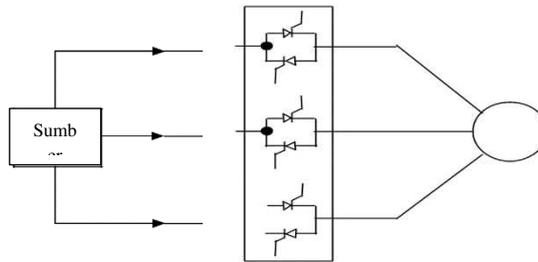
Gambar 1. Diagram Rangkaian Daya metode *Star-Delta* [3]

Metode *start* ini dapat mengurangi arus *start* dan torsi *start*. Umumnya peralatan ini terdiri dari 3 kontaktor yaitu relay beban lebih, dan timer untuk setting waktu dalam posisi *star*. Pada waktu *start*, yakni pada saat stator berada pada rangkaian bintang, arus motor hanya mengambil sepertiga dari arus motor seandainya motor di start dengan metode DOL. Namun karena torsi motor berbanding lurus dengan kuadratis dari tegangan maka dengan demikian torsi motor pada rangkaian bintang pun hanya sepertiga dari torsi pada rangkaian delta. Untuk mencapai kecepatan nominal,

diperlukan perpindahan ke posisi delta, dimana hal ini mengakibatkan transmisi dan arus yang tinggi. Untuk beberapa kasus arus puncak dapat lebih tinggi dari start DOL. Bila torsi beban lebih besar 50% dari torsi motor, metode *Star-Delta* tidak sanggup untuk menjalankan motor [3].

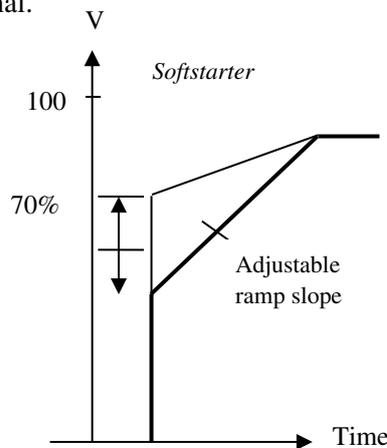
2.2. Metode Soft Starter

Soft Starter ialah metode yang digunakan untuk mengatur nominal arus *start* dari motor listrik. Prinsip kerjanya adalah dengan mengatur tegangan yang masuk ke motor. Pertama motor hanya diberikan tegangan yang rendah, sehingga arus dan torsi pun juga rendah. Pada level ini motor hanya sekedar bergerak perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya, tegangan akan dinaikkan secara bertahap sampai pada nominal tegangan nya dan motor akan berputar dengan kondisi RPM yang nominal. Komponen utama *Soft Starter* adalah *thyristor* dan rangkaian yang mengatur *trigger thyristor*. Seperti diketahui, output *thyristor* dapat diatur via pin gate nya. Rangkaian tersebut akan mengontrol level tegangan yang akan dikeluarkan oleh *thyristor*. Metode *Soft Starting* memiliki slip dan torsi paling rendah diantara metode yang lain pada keadaan tanpa beban maupun berbeban.



Gambar 2. Diagram Rangkaian Daya metode *Soft starter* [6]

Tegangan *start* dengan menggunakan metode *Soft starter* tidak tergantung pada arus yang ditarik oleh motor atau pada kecepatan motor, melainkan di program mengikuti kontur terhadap waktu (*Time Voltage Ramp, TVR*). Melalui TVR, pertama-tama motor hanya di berikan tegangan yang rendah sekitar 10% - 70% tegangan nominalnya sehingga arus dan torsi pun juga rendah. Pada level ini motor hanya sekedar bergerak perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya tegangan akan dinaikkan secara bertahap sampai ke nominal tegangannya dan motor akan berputar dengan kondisi RPM yang nominal.



Gambar 3. Grafik ramp tegangan terhadap waktu [1]

Nilai daya, tegangan dan arus pada motor 3 fasa memiliki hubungan yang ditunjukkan dengan rumus dibawah ini:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

Dimana:

P = Daya Motor (kW)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Cos φ = Faktor daya

Sehingga untuk mendapatkan nilai arus dapat menggunakan rumus:

$$I = \frac{P}{V} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Nilai arus yang tertera pada nameplate adalah nilai arus nominal yang dapat dicari menggunakan rumus diatas, untuk mendapatkan nilai arus rata-rata dari nilai arus per-fasa maka digunakan rumus berikut:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (3)$$

Maka, untuk mendapatkan persentase penurunan nilai arus setelah menggunakan metode *Soft Starter* digunakan rumus seperti berikut:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

S₁ = Nilai I_{rata-rata} saat menggunakan metode *Star-Delta*

S₂ = Nilai I_{rata-rata} saat menggunakan metode *Soft starter*

2.3. Alat ukur



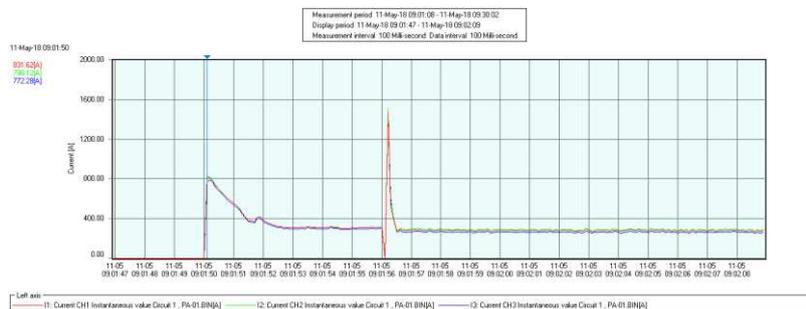
Gambar 4. HIOKI 3169 – 20 Clamp on power HiTester

Hioki 3169 – 20 Clamp on power HiTester merupakan alat ukur yang biasa digunakan dalam industri atau perusahaan besar, dapat mengukur hingga dua 3 – fasa, system 3 kawat. Alat ukur ini mampu melakukan pengukuran untuk menampilkan nilai arus, tegangan, daya, factor daya, dan frekuensi, daya aktif, daya reaktif, daya semu, nilai terpadu dan harmonisa. Nilai yang diukur tersebut dapat disimpan kedalam kartu memori yang terdapat dalam alat ini. Setelah dilakukan pengukuran hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan software bawaan produk tersebut, hasil yang ditampilkan berupa grafik. [5]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

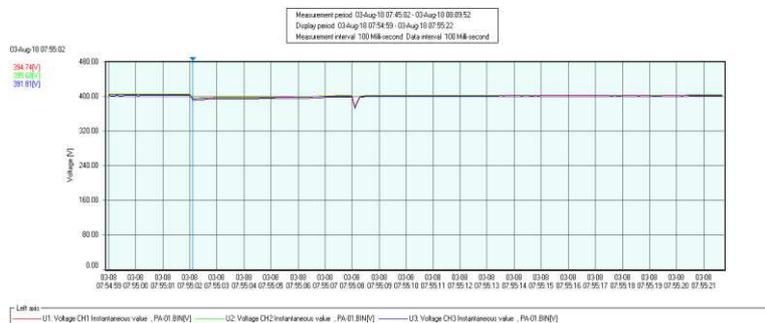
3.1. PA – 01 AP001

Pada saat motor melakukan *start* awal dengan menggunakan metode *Star-Delta* terjadi lonjakan nilai arus yang tinggi, hal ini disebabkan karena motor induksi saat dihubungkan secara langsung dengan sumber tegangan akan menaikkan arus 500% sampai 700% dari nilai arus beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan pengurangan nilai (*drop*) tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Hasil pengujian yang dilakukan pada motor pompa PA - 01 AP001 yang masih menggunakan metode *start* dengan hubungan *Star-Delta* menunjukkan lonjakan arus yang tinggi seperti terlihat pada Gambar 5 (a), (b), dan (c) dibawah ini.



Gambar 5. (a) Tampilan grafik hasil pengukuran arus motor pompa PA – 01 AP001 posisi *star*

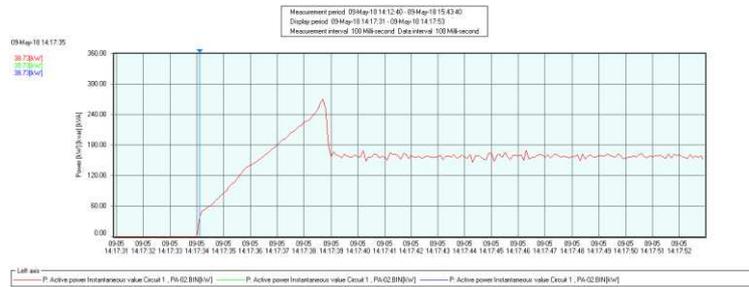
Pada gambar diatas terlihat saat posisi awal motor dihubung *star/weye* arus mengalami kenaikan dari 0 mencapai 831 A untuk fasa R, 798 A untuk fasa S dan 772 A untuk fasa T.



Gambar 5. (b) Tampilan grafik hasil pengukuran tegangan motor pompa PA – 01 AP001

Dari grafik dapat dilihat nilai tegangan saat awal penyalaan motor sebesar 402 V (nilai nominal), saat posisi *star* nilainya mengalami penurunan ke posisi 394 V untuk fasa R, 395 untuk fasa S dan 391 untuk fasa T, kemudian nilai tegangan kembali ke posisi nominal. Saat kondisi normal motor dihubung *delta* dan tegangan kembali turun ke posisi nilai 374 V untuk fasa R, 377 untuk fasa S dan 371 untuk fasa T dalam selang waktu 9 detik dari waktu awal penyalaan dan kembali lagi ke posisi nominalnya sebesar 402 V.

sampai mencapai nilai stabilnya yaitu 392 V untuk fasa R, 394 V pada fasa S dan 388 pada fasa T, nilai stabil tersebut tercapai dalam waktu 6 detik sejak awal motor dinyalakan.

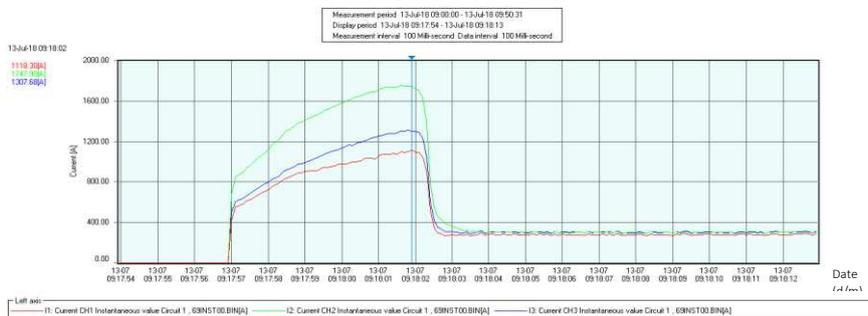


Gambar 6. (c) Tampilan grafik hasil pengukuran daya motor pompa PA – 02 AP001

Dari grafik diatas terlihat nilai daya yang masuk pada awal penyalaan motor hanya sebesar 38 kW, kemudian naik secara bertahap mencapai nilai puncaknya sebesar 270 kW dalam selang waktu 5 detik dari waktu awal penyalaan motor, dan stabil pada posisi 210 kW dalam selang waktu 35 detik dari posisi terakhir.

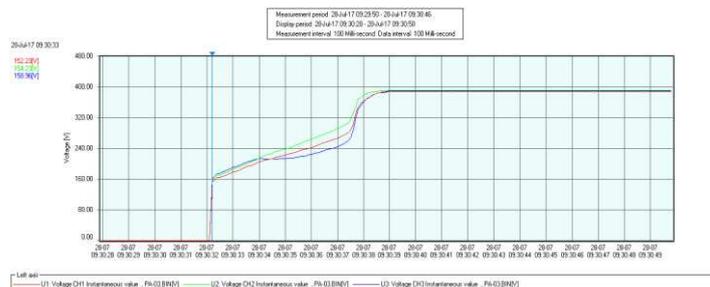
3.3. PA – 03 AP001

Seperti hal nya motor pompa PA – 02 AP001, motor pompa PA – 03 AP001 ini pun sudah di modifikasi dengan metode *Soft Starter*, sehingga hasil grafik yang didapat pun akan relatif sama dengan motor pompa PA – 02 AP001, hanya ada sedikit perbedaan pada nominal nilai arus, tegangan dan daya nya yang tidak identik sama. Grafik pengukuran motor pompa PA - 03 AP001 ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 7. (a) Tampilan grafik hasil pengukuran arus motor pompa PA – 03 AP001 posisi nilai puncak

Nilai arus naik bertahap dari posisi 0 A hingga 416 A untuk fasa R, 672 A untuk fasa S dan 500 A untuk fasa T. Kemudian nilai arus naik perlahan sampai mencapai nilai puncaknya sebesar 1118 A untuk fasa R, 1747 A untuk fasa S dan 1307 A untuk fasa T, yang dicapai dalam waktu 5 detik sejak awal motor digerakkan



Gambar 7. (b) Tampilan grafik hasil pengukuran tegangan motor pompa PA – 03 AP001

Gambar 7 (b) menunjukkan hasil pengukuran tegangan motor pompa PA – 03 AP001. Tegangan motor yang diberikan pada saat penyalaan awal ialah sebesar 152 V untuk fasa R, 154 V untuk fasa S dan 158 V untuk fasa T atau sebesar 48% dari nilai nominal tegangan motor. Nilai ini akan naik perlahan sampai mencapai nilai stabilnya yaitu sebesar 388 V untuk fasa R, 391 V untuk fasa S dan 390 V untuk fasa T, yang tercapai dalam selang dalam waktu 7 detik sejak motor mulai bergerak



Gambar 7. (c) Tampilan grafik hasil pengukuran daya motor pompa PA – 03 AP001

Grafik pengukuran nilai daya ditunjukkan pada Gambar 7 (c) diatas. Grafik ini memiliki bentuk karakteristik grafik yang cenderung sama dengan grafik daya pada motor pompa PA – 02 AP001 hanya nilainya yang sedikit berbeda. Pada awal penyalaan motor daya yang diberikan hanya sebesar 24 kW, kemudian mencapai nilai puncaknya sebesar 320 kW dalam selang waktu 5 detik dan mengalami penurunan sampai pada posisi stabilnya sebesar 200 kW. Data hasil pengukuran arus, tegangan dan daya pada masing-masing motor tiap fasa nya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data hasil pengukuran arus, tegangan dan daya motor pompa PA – 01 AP001

Selang waktu ke- (detik)	Ist (Arus starting/Ampere)			V (Tegangan)			P (Daya/kW)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
1	831	798	772	394	395	391	198,62
2	177	187	174	397	398	394	131,81
3	242	249	232	397	398	394	133,29
4	328	337	317	398	399	395	157,70
5	328	337	317	398	399	395	159,50
6	334	344	323	400	401	398	158,72
7	1469	1500	1507	374	377	371	393,70
8	276	290	253	402	403	400	153,15
9	280	291	266	402	403	400	159,56
10	285	294	268	402	403	400	160,22
11	287	297	291	402	403	400	163,69

- = Nilai arus dan daya mula saat *start* hubung *star*
- = Nilai perubahan arus, tegangan dan daya dari posisi *star* ke *delta*
- = Nilai kondisi stabil

Tabel 2. Data hasil pengukuran arus, tegangan dan daya motor pompa PA – 02 AP001

Selang waktu ke – (detik)	Ist (Arus starting/Ampere)			V (Tegangan)			P (Daya/kW)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
1	427	628	460	159	176	148	39,82
2	654	976	710	186	192	193	83,80
3	805	1220	881	213	223	215	141,20
4	859	1342	987	230	247	218	183,50
5	864	1376	1046	255	292	264	228,33
6	299	461	351	368	382	363	163,51
7	269	292	264	392	394	388	158,70
8	273	280	265	394	395	391	161,46
9	279	285	272	394	395	391	160,78
10	276	283	269	394	395	391	161,27
11	273	281	266	394	395	391	153,05

Tabel 3. Data hasil pengukuran arus, tegangan dan daya motor pompa PA – 03 AP001

Selang waktu ke – (detik)	Ist (Arus starting/Ampere)			V (Tegangan)			P (Daya/kW)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
1	416	672	500	152	154	158	24,47
2	698	1091	778	181	189	194	78,26
3	888	1395	979	205	216	211	125,20
4	973	1566	1140	224	239	213	168,28
5	1030	1695	1246	245	266	225	210,62
6	1118	1747	1307	267	292	244	269,46
7	272	375	304	369	382	368	163,74
8	270	294	291	388	391	390	160,15
9	275	300	297	388	391	390	159,57
10	272	296	293	388	391	390	156,53
11	275	300	297	388	391	390	159,64

Berdasarkan data dan grafik yang diperoleh maka terlihat jelas perbandingan antara nilai arus, tegangan dan daya dengan menggunakan metode *Star-Delta* dan *Soft Starter*. Tujuan utama dilakukannya modifikasi pengasutan motor pompa menggunakan metode *Soft Starter* ialah untuk mengurangi lonjakan nilai arus yang tinggi saat *start* awal, perbandingan penurunan nilai arus ditunjukkan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4. Perbandingan nilai arus *start*

Metode pengasutan	Ist (Arus starting/Ampere)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Star – Delta (PA – 01 AP001)	831	798	772
Soft starter (PA – 02 AP001)	427	628	460

Soft starter (PA – 03 AP001)	416	672	500
------------------------------	-----	-----	-----

Sebelum menentukan persentase penurunan terlebih dahulu dihitung nilai $I_{rata-rata}$ menggunakan rumus berikut:

[14] PA – 01 AP001

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{831 + 798 + 772}{3} = 800 \text{ A}$$

[15] PA – 02 AP001

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{427 + 628 + 460}{3} = 505 \text{ A}$$

[16] PA – 03 AP001

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{416 + 672 + 500}{3} = 529 \text{ A}$$

Karena motor pompa PA – 02 AP001 dan PA – 03 AP001 sudah menggunakan metode *Soft Starter* maka didapat $I_{rata-rata}$ dari keduanya:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_{PA-02 AP001} + I_{PA-03 AP001}}{2} = \frac{505 + 529}{2} = 517 \text{ A}$$

Setelah didapat nilai $I_{rata-rata}$ dari hasil perhitungan menggunakan rumus diatas maka dapat dihitung nilai persentase penurunan arus dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Nilai penurunan}}{\text{Nilai sebelum penurunan}} \times 100\% = \frac{517}{765} \times 100\% = 0,67\%$$

Melalui hasil perhitungan diatas maka didapatkan persentase efektifitas penggunaan metode *Soft Starter* dalam menurunkan nilai arus *start* sebesar 0,67%, nilai tersebut menunjukkan bahwa prinsip kerja dari metode pengasutan atau *start* awal motor menggunakan metode *Soft Starter*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Saat motor dihubungkan dengan metode *Star-Delta* nilai lonjakan arus *start* yang dihasilkan pada saat motor dihubungkan *Star* naik mencapai 2 kali lipat dari nilai nominalnya, ketika terjadi perpindahan dari posisi hubung *Star* ke posisi hubung *Delta* nilai arus mengalami penurunan sesaat kemudian melonjak naik sampai posisi puncaknya sebesar 3,5 kali lipat dari nilai nominalnya. Ketika motor dihubungkan dengan metode *Soft starter* posisi awal pada metode ini ialah hubung *Delta*, nilai arus saat *start* naik secara perlahan dan nilai lonjakannya lebih kecil dibandingkan saat menggunakan metode *Star-Delta*. Hal tersebut disebabkan oleh adanya pengaturan waktu tegangan di dalam rangkaian metode *Soft Starter* untuk mencapai posisi nominalnya, yaitu selama 10 detik. Perbandingan penurunan nilai lonjakan arus antara metode *Star-Delta* dan *Soft starter* ditunjukkan dalam bentuk persentase. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai efektifitas penggunaan metode *Soft starter* dalam menurunkan nilai lonjakan arus saat *start* adalah sebesar 0,67%. Penelitian ini untuk kedepannya perlu di analisis mengenai nilai torsi pada motor, pengaruh hubungan antara parameter tegangan, arus, daya dan torsi dalam menentukan kualitas kerja motor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indrakoeseoema. Koes, Taufiq. Muhammad, “Evaluasi pemasangan Soft Starter pada motor pompa pendingin sekunder PA – 02/03 AP001 RSG-GAS, BATAN, 2017.

- [2] Indrakoesoma. Koes, Andriyanto. Yayan, Kiswanto, “Pengaruh Soft starter pada arus motor pompa pendingin primer RSG-GAS”, Dalam prosiding penelitian dan pengelolaan perangkat nuklir, BATAN, 2011.
- [3] Winarto. Febrian Nugroho, Sukmadi. Tedjo, Facta, Muhammad. “Perancangan modul dan perbandingan metode starting dan pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa”, Transient, Vol.4 No.1, Maret 2015, ISSN: 2302-9927, 68.
- [4] Wijaya. Mochtar, “Dasar-Dasar Mesin Listrik”, 2001.
- [5] Corporation. Hioki, “Manual book Clamp On Power HiTester 3169-20”, 2014.
- [6] Rozi. Fahrul, “Pengujian karakteristik pengasutan motor induksi 3 fasa rotor sangkar menggunakan metode soft starting”, 2014.