

ANALISIS PENGASUTAN MOTOR *RUBBER TYRED GANTRY* TERHADAP SISTEM KELISTRIKAN AKIBAT PENAMBAHAN MOTOR *AUTOMATIC RUBBER TYRED GANTRY* DI TERMINAL PETIKEMAS SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP 12.6.0*

Muhamad Hakim Maulana^{*)}, Hermawan, dan Tejo Sukmadi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

Email : hakimpots@gmail.com

Abstrak

Motor *crane* adalah salah satu motor listrik yang sering digunakan di dunia industri terutama untuk industri yang menggunakan alat berat sebagai penggerak jalannya industri tersebut. Motor *crane rubber tyred gantry* dipilih karena terdiri dari berbagai jenis motor induksi sehingga memiliki banyak keuntungan daripada motor listrik lainnya, yaitu harganya yang lebih murah, konstruksinya yang sederhana, dan lebih kuat. Tetapi permasalahan dalam menggunakan motor induksi adalah pada saat pengasutan karena 1 motor *crane rubber tyred gantry* terdiri dari 6 motor induksi yang memiliki 2 tipe yaitu *hoist* dan *trolley*. Pada saat terjadi kenaikan pengiriman melalui Terminal Petikemas Semarang maka pihak Terminal Petikemas menambah unit motor *crane* dengan tipe *automatic rubber tyred gantry* untuk mempercepat proses bongkar muat *container* di Terminal Petikemas Semarang. Pada Penelitian ini dilakukan analisis arus pengasutan motor terhadap sistem kelistrikan di Terminal Petikemas Semarang dengan penambahan unit *automatic rubber tyred gantry*. Pada sistem, motor induksi digunakan berada pada rangkaian motor *crane* yang berfungsi sebagai pemindah *container* dari *truck* pembawa *container* menuju penampungan *container*. Berdasarkan hasil simulasi pengasutan motor induksi dengan menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) pada *software ETAP 12.6* terjadi lonjakan arus pada saat pengasutan yaitu 1,11% dari arus nominal dan terjadi selama 0,02 detik untuk skenario 1 dan 2.

Kata Kunci : Motor Induksi, arus pengasutan, *rubber tyred gantry*

Abstract

Motor *crane* is one of the electric motors that are often used in the industrial world especially for industries that use heavy equipment as the driving force of the industry. Motor *crane rubber tyred gantry* is chosen because it consists of various types of induction motors so it has many advantages over other electric motors, which are cheaper, simple construction, and more powerful. But the problem in using induction motor is at the time of starting because 1 motor *crane rubber tyred gantry* consist of 6 induction motor which have 2 type *hoist* and *trolley*. At the time of increase of shipment through Terminal Petikemas Semarang then the container terminal adds motor *crane* units with *automatic rubber tyred gantry* type to accelerate the process of loading and unloading *container* in Semarang container terminal. In this Research conducted analysis of motor starting flow to the electrical system in Semarang container terminal with the addition of *automatic rubber tyred gantry* unit. In the system, the induction motor is used in the motor *crane* circuit that serves as the *container* transporter from the *container* carrier *truck* to the *container* shelter. Based on the simulation result of induction motor design using *Variable Frequency Drive* (VFD) in *software ETAP 12.6* there is a current surge at the starting point that is 1.11% of nominal current and occurs for 0.02 sec for scenario 1 and 2.

Keywords : Induction motor, starting current, *rubber tyred gantry*

1. Pendahuluan

Saat ini setiap sistem tenaga listrik harus memiliki tingkat kehandalan yang baik dalam menyalurkan transfer daya dari sistem pembangkitan hingga ke tingkat konsumen. Pada kenyataannya, banyak permasalahan – permasalahan

yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam penyediaan energi secara kontinyu. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah lonjakan arus pada saat pengasutan. Motor *rubber tyred gantry* memiliki kapasitas yang besar dan memerlukan arus yang besar pula dalam melakukan pengasutan.

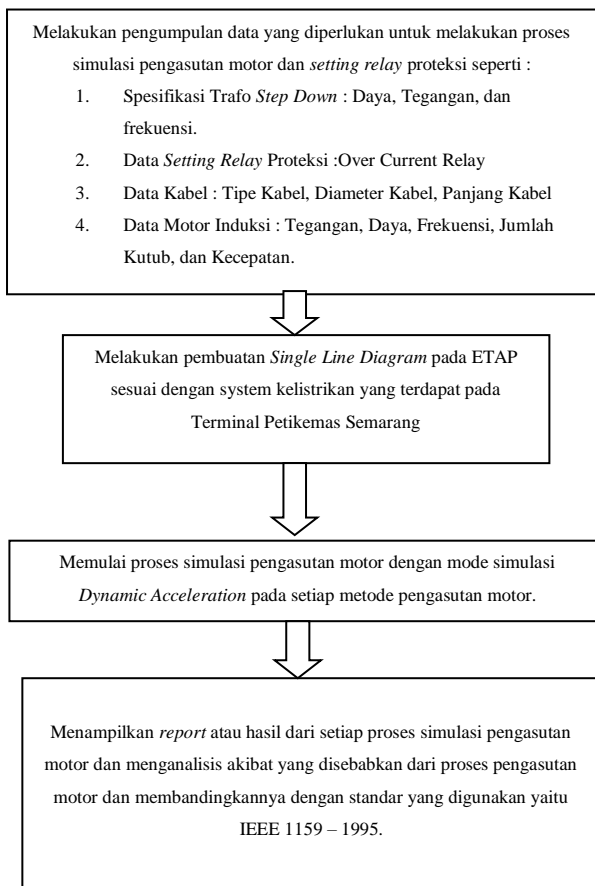
Sehingga perlu di ketahui arus pengasutan yang terjadi sebelum dilakukan penambahan motor *automatic rubber tyred gantry* pada sistem kelistrikan Terminal Petikemas Semarang

Pada Penelitian ini penulis melakukan analisis arus pengasutan motor yang terdapat pada Terminal Petikemas dengan mengamati lonjakan arus pada saat pengasutan. Pada Terminal Petikemas sistem kelistrikan *existing* terdiri dari dari 2 buah *bus feeder* yaitu *substation A* dan *substation B* yang masing masing terdiri dari 7 buah motor *rubber tyred gantry* dan 1 buah motor *container crane* pada kondisi *existing* sebelum penambahan masing-masing 4 motor *automatic rubber tyred gantry* pada *substation A* dan *substation B* karena kondisi antara *substation A* dan *substation B* sama maka hanya 1 *feeder bus* yang akan di analisa arus pengasutannya terhadap penambahan beban *automatic rubber tyred gantry* yaitu *substation B*.

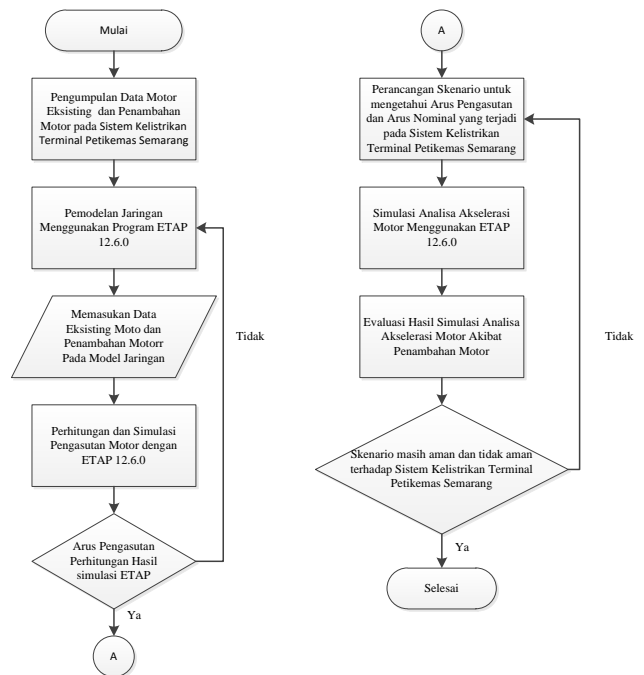
2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Pada langkah penelitian dilakukan sesuai dengan alur yang ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut ini.



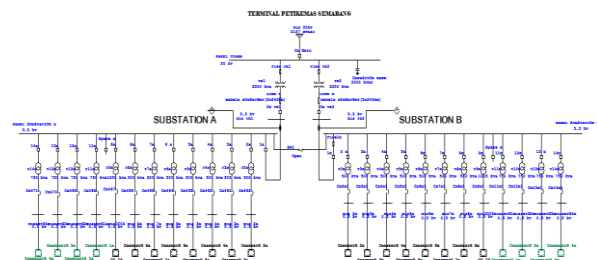
Gambar 1. Alur pemodelan sistem



Gambar 2. Langkah Penelitian Simulasi Analisa Akselerasi Motor

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat proses yang dilakukan dari awal pengumpulan data jaringan eksisting pada Terminal Petikemas Semarang hingga proses simulasi pengasutan motor dengan program bantu ETAP 12.

2.2. Data Sistem



Gambar 3. Diagram satu alir sistem kelistrikan Terminal Petikemas Semarang

Gambar 3 merupakan *single line diagram* Pada sistem kelistrikan Terminal Petikemas mendapatkan *supply* daya dari sistem distribusi 20 kV PLN lalu menggunakan trafo *step down* untuk menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 3,3 kV . Pada Penelitian ini akan membahas pengasutan motor terhadap arus *starting* yang terjadi, karena di Terminal Petikemas ini memiliki 14 buah motor crane *Rubber Tyred Gantry* dan 2 buah motor *Container Crane* yang berkapasitas besar yang digunakan untuk melaksanakan pemindahan *Cargo* dari kendaraan berat menuju kapal laut untuk melakukan pengiriman menuju

luar daerah. Dan pada data eksisting belum adanya penambahan motor *Automatic Rubber Tyred Gantry*. Adapun data – data yang digunakan pada analisis ini ditunjukkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1. Data trafo step down

Trafo Step down	
Daya	3500 kVA
Tegangan Sekunder	3,3 Kv
Frekuensi	50 Hz

Tabel 2. Data motor *rubber tyred gantry*

Motor	V	P(kW)	F (Hz)	Kecepatan
Motor hoist 1	500V	110	50 Hz	1476 RPM
Motor hoist 2	500V	110	50 Hz	1476 RPM
Motor trolley 1	500V	10	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 2	500V	10	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 3	500V	10	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 4	500V	10	50 Hz	1467 RPM

Tabel 3. Data motor *container crane*

Motor	V	P(kW)	F (Hz)	Kecepatan
Motor hoist 1	500V	360	50 Hz	1476 RPM
Motor hoist 2	500V	360	50 Hz	1476 RPM
Motor trolley 1	500V	47	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 2	500V	47	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 3	500V	47	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 4	500V	47	50 Hz	1467 RPM

Tabel 4. Data motor *automatic rubber tyred gantry*

Motor	V	P(kW)	F (Hz)	Kecepatan
Motor hoist 1	500V	110	50 Hz	1476 RPM
Motor hoist 2	500V	110	50 Hz	1476 RPM
Motor trolley 1	500V	9	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 2	500V	9	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 3	500V	9	50 Hz	1467 RPM
Motor trolley 4	500V	9	50 Hz	1467 RPM
Motor ACM 1	500V	5	50 Hz	1400 RPM
Motor ACM 2	500V	5	50 Hz	1400 RPM
Motor ACM 3	500V	5	50 Hz	1400 RPM
Motor ACM 4	500V	5	50 Hz	1400 RPM
Motor gantry 1	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 2	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 3	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 4	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 5	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 6	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 7	500V	10	50 Hz	1435 RPM
Motor gantry 8	500V	10	50 Hz	1435 RPM

Dengan data yang telah ditunjukkan dari Tabel 1 hingga Tabel 4, pengisian parameter dapat dilakukan setelah diagram satu garis seperti Gambar 2 telah selesai dibuat pada perangkat lunak ETAP.

Tabel 5. Data pengamatan waktu kerja motor

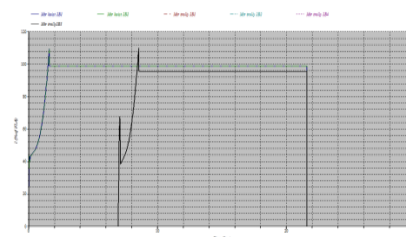
Motor	Waktu Kerja (detik)
hoist	13,89
Trolley	17,59
ACM	11,11

Data tabel 5 merupakan data waktu kerja motor berdasarkan pengamatan di Terminal Petikemas Semarang.

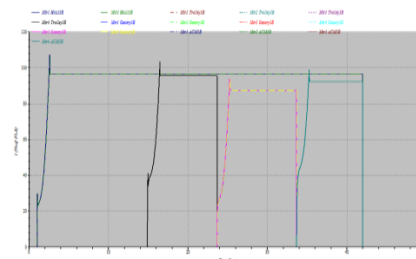
3. Hasil dan Analisa

3.1. Simulasi Metode Pengasutan ETAP

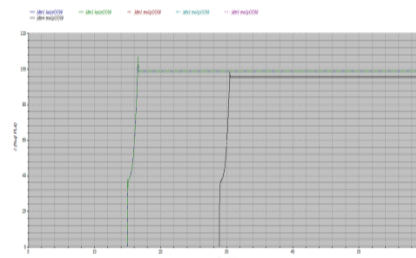
Simulasi yang akan dilakukan dalam percobaan ini adalah secara *Dynamic Motor Starting*. Berikut adalah grafik arus pengasutan dengan menggunakan ETAP 12.6.0.



Gambar 3. Grafik arus pada *rubber tyred gantry*



Gambar 4. Grafik arus pada *automatic rubber tyred gantry*

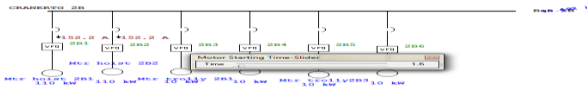


Gambar 5. Grafik arus pada *container Crane*

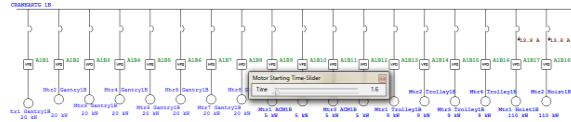
Gambar 3, 4 dan 5 merupakan grafik arus dari simulasi motor dengan menggunakan ETAP. Dapat di lihat pada gambar 3,4 dan 5 terdapat kenaikan arus pada saat proses *starting*.

3.2. Skenario 1

Simulasi 6 Unit Hoist melakukan *starting* pada detik pertama, karena akan memindahkan *container* dari *truck* menuju tempat penampungan *container* sebelum proses pengiriman dengan waktu yang sama dengan unit *Rubber Tyred Gantry* yang lainnya. Sementara untuk *Unit Automatic Rubber Tyred Gantry* dilakukan dengan waktu yang sama dengan selisih 1 detik terhadap *unit Rubber Tyred Gantry*. Dari simulasi pengasutan motor skenario 1 dengan arus pengasutan yang terjadi pada *rubber tyred gantry* dan *automatic rubber tyred gantry* pada skenario 1 didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar 6. Simulasi pada *rubber tyred gantry*



Gambar 7. Simulasi pada *automatic rubber tyred gantry*

Gambar 6 dan 7 merupakan simulasi motor dengan menggunakan ETAP berdasarkan skenario 1 di dapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 6. Perbandingan arus pada motor *rubber tyred gantry* skenario 1

Detik	Total arus pada motor (A)					
	2B	3B	4B	5B	6B	7B
0,8	51,2	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4
1	86,8	86	86	86	86	86,8
1,2	138,6	137,6	137,6	137,6	137,6	137,6
1,6	304,4	304,2	304,2	304,2	304,2	304,2
2	271	270,4	270,4	270,4	270,4	271
2,6	271,8	271,2	271,2	271,2	271,2	271,2
7,02	273,8	271,4	271,4	271,4	271,4	273,4
8,54	339,8	271,6	271,6	271,6	271,6	339,4
12	330,2	271,6	338,8	338,8	271,6	329,8
13,96	330,2	273,6	329,8	329,8	273,6	329,8
15,48	330,2	340,2	330	330	340,2	330
16,48	330,6	330,8	330,8	330,8	330,8	330,8
21,59	X	329,6	329,6	329,6	329,6	X
23,67	X	329,4	329,4	329,4	329,4	X
25,26	X	330	330	330	330	X
25,6	X	X	329,6	329,6	329,6	X
27,99	X	X	X	X	328,8	X
31,46	X	X	X	X	X	X
32,46	X	X	X	X	X	X
33,67	X	X	X	X	X	X
34,06	X	X	X	X	X	X
42	X	X	X	X	X	X
43,56	X	X	X	X	X	X

X= Motor dalam keadaan mati

Tabel 7. Perbandingan arus pada motor *automatic rubber tyred gantry* skenario 1

Detik	Total arus pada motor (A)			
	A1	A2	A3	A4
0,8	X	X	X	X
1	X	X	X	X
1,2	5,2	5	5	5,2
1,6	27,6	27,4	27,4	27,6
2	90,8	90,4	90,4	90,8
2,6	323,6	322,2	322,2	323,6
7,02	291,6	290,4	290,4	291,6
8,54	291,8	290,6	290,6	291,8
12	292	290,6	290,6	292
15,48	297,4	296	296	297,4
16,48	349,4	347,8	347,8	349,4
21,59	343,4	341,8	341,8	343,4
23,67	343,2	290,2	290,2	343,2
25,26	343,8	512,6	515,4	343,8
25,6	343,4	501	501	343,4
27,99	342,6	499,4	499,4	342,6
31,46	342,4	499	499	342,4
32,46	290,4	498,2	498,2	290,4
33,67	304,8	288,6	288,6	304,8
34,06	321,2	290,4	290,4	321,2
35,26	318,6	319,4	319,4	318,6
42	318	X	X	318
43,56	X	X	X	X

X= Motor dalam keadaan mati

Tabel 8. Data Arus total motor skenario 1

Detik	Total Arus Yang Mengalir (A)
0,8	303,2 A
1	516,8 A
1,2	847 A
1,6	1935,4 A
2	1985,4 A
2,6	2919,4 A
7,02	2796,8 A
8,54	2930,4 A
12	3046 A
13,96	3031,6 A
15,48	3187,6 A
16,48	3379 A
21,59	2688,8 A
23,67	2584,4 A
25,26	3035,6 A
25,6	2677,6 A
27,99	2012,8 A
31,46	1682,8 A
32,46	1577,2 A
33,67	1186,8 A
34,06	1223,2 A
35,26	1276 A
42	636 A
43,56	X

X = Motor dalam keadaan mati

Dari tabel 6 hingga 8 data arus total yang mengalir pada sistem didapatkan berdasarkan dari waktu pada simulasi skenario 1. Dari tabel 4. dapat dilihat arus tertinggi terjadi

pada detik ke 16,48 yaitu sebesar 3379 A. Pada detik 16,48 sesuai dengan simulasi *Rubber Tyred Gantry* 2B, 3B, 4B, 5B, 6B dan 7B dalam keadaan *steady state* dan kondisi motor *Automatic Rubber Tyred Gantry* dalam keadaan motor *hoist* dan motor *trolley* pada kondisi *steady state* dengan total daya motor pada detik ke 16,48 sebesar 2584 kW. Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan manual. Karena sebelum menuju motor terdapat trafo *step down* yang berfungsi sebagai penurun tegangan maka arus pada sisi primer trafo adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Detik ke} &= 16,48 \\
 \text{Tegangan} &= 500 \text{ Volt} \\
 V_p &= 3,3 \text{ kV} = 3300 \text{ Volt} \\
 V_s &= 500 \text{ Volt} \\
 I_s &= 3379 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

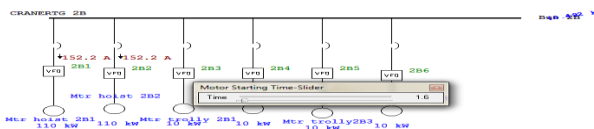
Sehingga arus primer trafo dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \frac{V_p}{V_s} &= \frac{I_s}{I_p} \\
 \frac{3300}{500} &= \frac{3379}{I_p} \\
 I_p &= \frac{3379 \times 500}{3300} = 511,96 \text{ A} \quad (\text{saluran substation B})
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

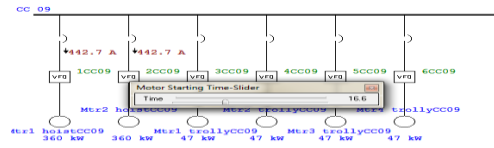
Dari perhitungan diatas didapatkan arus sisi primer trafo yang ada didalam rangkaian motor *crane* yaitu sebesar 511,96 A. Berdasarkan *single line diagram* dapat dilihat bahwa I_p trafo motor crane sama dengan I_s trafo utama panel *substation B*.

3.3. Skenario 2

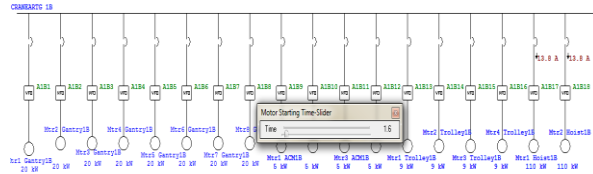
Simulasi 6 Unit Hoist melakukan *starting* pada detik pertama, karena akan memindahkan *container* dari *truck* menuju tempat penampungan *container* sebelum proses pengiriman dengan waktu yang sama dengan unit *Rubber Tyred Gantry* yang lainnya. Sementara untuk Unit *Automatic Rubber Tyred Gantry* dilakukan dengan waktu yang sama, tetapi selisih 1 detik terhadap unit *Rubber Tyred Gantry* dan pada detik 15 unit crane *container crane* dan *Rubber Tyred Gantry* 8B melakukan *starting* karena akan memindahkan *container* yang berada di penampungan menuju kapal *cargo*. Dari simulasi pengasutan motor yang telah dilakukan) pada skenario 2 dengan arus pengasutan yang terjadi pada RTG, CC dan ARTG pada skenario 2 didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 8. Simulasi pada *rubber tyred gantry*



Gambar 9. Simulasi pada *container crane*



Gambar 10. Simulasi pada *automatic rubber tyred gantry*

Gambar 8 sampai 10 merupakan simulasi motor dengan menggunakan ETAP berdasarkan skenario 2 di dapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 9. Perbandingan arus pada motor *rubber tyred gantry* skenario 2

Detik	Total Arus Yang Mengalir (A)						
	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B
0,8	51,2	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	X
1	86,8	86	86	86	86	86,8	X
1,2	138,6	137,6	137,6	137,6	137,6	137,6	X
1,6	304,4	304,2	304,2	304,2	304,2	304,2	X
2,6	271,8	271,2	271,2	271,2	271,2	271,2	X
7,02	273,8	271,4	271,4	271,4	271,4	273,4	X
8,54	339,8	271,6	271,6	271,6	271,6	339,4	X
12	330,2	271,6	338,8	338,8	271,6	329,8	X
15,98	330,8	330,8	330,8	330,8	330,4	330,8	82,8
16,48	332,6	332,4	332,4	332,4	332,4	332,4	308
21,59	X	331,4	331,4	331,4	331,4	X	272,6
27,99	X	X	X	X	330,6	X	272
30,48	X	X	X	X	331	X	340,8
34,06	X	X	X	X	X	X	329,6
42	X	X	X	X	X	X	X
45	X	X	X	X	X	X	X
55	X	X	X	X	X	X	X
56,66	X	X	X	X	X	X	X

X = Motor dalam keadaan mati

Tabel 10. Perbandingan arus pada motor *automatic rubber tyred gantry* dan *container crane* skenario 2

Detik	Total Arus Yang Mengalir (A)				
	A1	A2	A3	A4	CC
0,8	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X
1,2	5,2	5	5	5,2	X
1,6	27,6	27,4	27,4	27,6	X
2	90,8	90,4	90,4	90,8	X
2,6	323,6	322,2	322,2	323,6	X
7,02	291,6	290,4	290,4	291,6	X
8,54	291,8	290,6	290,6	291,8	X
12	292	290,6	290,6	292	X
13,96	291,8	290,6	290,6	291,8	X

Tabel 10. (lanjutan)

Detik	Total Arus Yang Mengalir (A)				
	A1	A2	A3	A4	CC
15,98	313	311,8	311,8	313	230,2
16,48	346,4	345	345	346,4	885,2
21,59	345,2	343,6	343,6	345,2	806,2
27,99	344	501,6	501,6	344	804
30,48	345	503	503	345	1040
34,06	323	292,4	292,4	323	1028,2
42	319,2	X	X	319,2	1024,6
45	X	X	X	X	1022,2
55	X	X	X	X	1022
56,66	X	X	X	X	X

X = Motor dalam keadaan mati

Tabel 11. Data Arus total motor skenario 2

Detik	Total Arus Yang Mengalir
0,8	303,2 A
1	516,8 A
1,2	847 A
1,6	1935,4 A
2	1985,4 A
2,6	2919,4 A
7,02	2796,8 A
8,54	2930,4 A
12	3046 A
13,96	3031,6 A
15,98	3547 A
16,6	4570 A
21,59	3782 A
27,99	3097,8 A
30,48	3407,8 A
34,06	2588,2 A
42	1663 A
45	1022,2 A
55	1022,2 A
56,66	X

X = Motor dalam keadaan mati

Dari tabel 9 hingga 11 dapat dilihat data arus total yang mengalir pada sistem didapatkan berdasarkan dari waktu yang di lakukan pada simulasi berdasarkan dengan skenario 2. Dari tabel 10 dapat dilihat arus 4570 A terjadi pada detik ke 16,6 karena pada detik 16,6 motor *container crane* dan *rubber tyred gantry* 8B terjadi lonjakan arus karena *starting* yang di lakukan oleh motor *container crane* dan *rubber tyred gantry* 8B sementara motor *rubber tyred gantry* 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, dan 7B dalam keadaan *steady state* dan kondisi motor *Automatic Rubber Tyred Gantry* dalam keadaan *steady state* . Sedangkan pada detik 15,98 terjadi kenaikan arus sebesar 3547 A pada detik 15,98 dan pada detik 15,98 kondisi motor sesuai dengan simulasi *Rubber Tyred Gantry* 2B,3B,4B,5B,6B dan 7B dalam keadaan *steady state* dan kondisi motor *Automatic Rubber Tyred Gantry* dalam keadaan motor *hoist* dan *trolley* dalam keadaan *steady state* sementara itu motor *rubber tyred gantry* 8B dan

container crane melakukan *starting* dengan arus sebesar 230,2 A untuk *container crane* dan 82,8 A untuk *rubber tyred gantry* 8B. Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan manual.

Karena sebelum menuju motor terdapat trafo *step down* yang berfungsi sebagai penurun tegangan maka arus pada sisi primer trafo adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Detik ke} &= 16,48 \\ \text{Tegangan} &= 500 \text{ Volt} \\ V_p &= 3,3 \text{ kV} = 3300 \text{ Volt} \\ V_s &= 500 \text{ Volt} \\ I_s &= 4570,6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

sehingga arus primer trafo dapat dihitung secara manual dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (1)$$

$$\frac{3300}{500} = \frac{4570,6}{I_p}$$

$$I_p = \frac{4570,6 \times 500}{3300} = 692,51 \text{ A (saluran substation B)}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan arus sisi primer trafo yang ada didalam rangkaian motor *crane* yaitu sebesar 692,51 A. Berdasarkan *single line diagram* dapat dilihat bahwa I_p trafo motor crane sama dengan I_s trafo utama panel *substation* B.

3.4. Analisa arus starting terhadap trafo

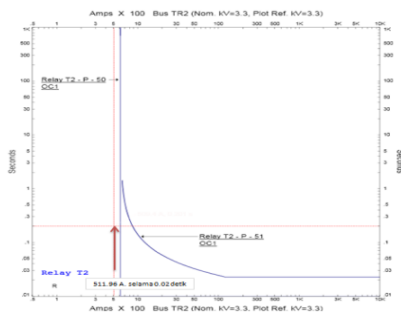
Setelah simulasi pada skenario 1 dan 2 pengasutan motor telah dilakukan, maka dapat diamati dan dianalisis pada setiap variasi penyalaan motor yang dilakukan terhadap arus *starting* yang terjadi pada bus *Substation* B. Bus *Substation* B diambil karena pada bus *Substation* B terhubung 8 unit motor crane dengan kapasitas besar yang dapat menyebabkan lonjakan arus *starting* yang besar saat dilakukan pengasutan dapat mempengaruhi atau merusak trafo. Sehingga dapat di lakukan pencegahan rusaknya trafo dengan pemasangan relay *Over Current Relay* dengan memastikan arus *starting* skenario 2 ini tidak merusak trafo. Dengan cara memasukkan *setting relay existing* untuk trafo lalu dapat kita melihat arus disisi primer trafo dan arus sisi sekunder trafo serta melihat grafik kurva tahanan trafo terpotong oleh arus pada skenario 1 dan 2.

Tabel 12. Perbandingan arus *starting* dengan *setting relay* skenario 2

Skenario	Arus maksimum	Arus <i>Setting Relay</i>	Kondisi Relay
1	511,96 A	613 A	X
2	692,51 A	613 A	√

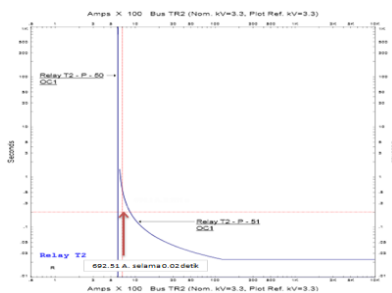
√ = Relay bekerja X = Relay tidak bekerja

Dari tabel 12 dapat dilihat pada skenario 1 jumlah arus yang mengalir di motor saat *starting* dan *steady state* pada skenario 1 ini masih di bawah arus *setting* relay yaitu sebesar 511,96 A, sehingga relay tidak bekerja karena arus yang mengalir belum lebih dari 613 A. Sementara antara arus *starting* maksimum dan arus *setting* relay memiliki selisih arus sebesar 101,04 A. Sedangkan pada skenario 2 jumlah arus yang mengalir di motor saat *starting* dan *steady state* pada skenario 2 ini sudah diatas arus *setting* relay yaitu sebesar 692,51 A, sehingga relay bekerja karena arus yang mengalir lebih dari 613 A.



Gambar 11. kurva relay proteksi skenario 1

Dari gambar 11 dapat dilihat pada skenario 1 jumlah arus yang mengalir di motor saat *starting* dan *steady state* pada skenario 1 ini masih di bawah arus *setting* relay yaitu sebesar 511,96 A selama 0,02 detik , sehingga relay tidak bekerja karena arus yang mengalir belum lebih dari 613 A. dapat juga dilihat pada kurva antara arus motor dan kurva relay belum bersentuhan maupun memotong. Dapat disimpulkan pada skenario 1 ini masih aman bila di terapkan di Terminal Petikemas Semarang.



Gambar 12. kurva relay proteksi skenario 2

Dari gambar 12 dapat dilihat pada skenario 2 jumlah arus yang mengalir di motor saat *starting* dan *steady state* pada skenario 2 ini diatas arus *setting* relay yaitu sebesar 692,51 A selama 0,02 detik , sehingga relay bekerja karena arus yang mengalir lebih dari 613 A. dapat juga dilihat pada kurva antara arus motor dan kurva relay bersentuhan maupun memotong. Dapat disimpulkan pada skenario 2 ini masih tidak aman bila di terapkan di Terminal Petikemas Semarang karena akan merusak trafo utama *substation* B karena arus yang di dibutuhkan tidak sesuai dengan kapasitas trafo.

3.5. Perbandingan Tegangan Dip Pada Setiap Metode Pengasutan Motor

Setelah simulasi pengasutan motor telah dilakukan, maka dapat diamati dan dianalisis pengasutan motor yang dilakukan terhadap tegangan dip yang terjadi pada bus tiap motor *rubber tyred gantry*, *container crane* dan *automatic rubber tyred gantry* pada skenario 1 dan 2. Bus tiap motor diambil karena pada bus motor terhubung 6 buah motor pada *rubbery tyred gantry* dan *container crane*, sementara untuk *automatic rubber tyred gantry* terhubung 18 buah motor dengan kapasitas besar yang dapat menyebabkan penurunan tegangan yang besar saat dilakukan pengasutan. Sehingga pada bus pada skenario 1 dan 2 tersebut perlu dianalisis fenomena tegangan dip yang terjadi.

Tabel 13. Perbandingan tegangan dip pada motor *rubber tyred gantry* skenario 1

Detik	Tegangan pada Bus (%)					
	2B	3B	4B	5B	6B	7B
0,8	99,68	99,61	99,61	99,61	99,61	99,61
1	99,53	99,41	99,41	99,41	99,41	99,41
1,6	98,49	98,07	98,07	98,07	98,07	98,07
2,6	98,1	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8
7,02	98,23	97,86	97,86	97,86	97,86	97,85
8,54	98,01	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8
12	97,98	97,75	97,48	97,48	97,75	97,52
13,96	97,99	97,75	97,52	97,52	97,75	97,52
16,48	97,83	97,37	97,37	97,37	97,37	97,37
23,67	98,89	97,69	97,69	97,69	97,69	98,98
25,26	98,7	97,5	97,5	97,5	97,5	98,7
25,6	98,92	98,92	97,64	97,64	97,64	98,92
31,46	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29
32,46	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33
33,67	99,48	99,48	99,48	99,48	99,48	99,48
34,06	99,47	99,47	99,47	99,47	99,47	99,47
42	99,66	99,66	99,66	99,66	99,66	99,66

Tabel 14. Perbandingan arus pada motor *automatic rubber tyred gantry* skenario 1

Detik	Tegangan pada Bus (%)			
	A1	A2	A3	A4
0,8	99,42	99,8	99,8	99,42
1	99,35	99,74	99,74	99,35
1,6	98,81	99,21	99,21	98,81
2,6	97,91	98,33	98,33	97,91
7,02	98,02	98,44	98,02	98,44
8,54	97,96	98,38	98,38	97,96
12	97,91	98,33	98,33	97,91
13,96	97,92	98,34	98,34	97,92
15,48	97,84	98,26	98,26	97,84
16,48	97,66	98,09	98,09	97,66
23,67	98	98,51	98,51	98
25,26	97,8	97,93	97,93	97,8
31,46	98,31	98,46	98,46	98,31
34,06	97,94	99	99	98,53
42	98,73	99,66	99,66	98,73

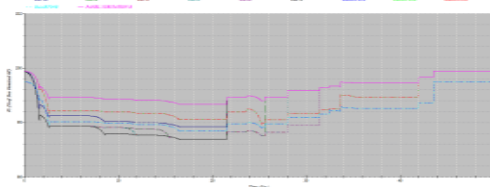
Tabel 14. Perbandingan tegangan dip pada motor *rubber tyred gantry* skenario 2

Detik	Tegangan pada Bus (%)						
	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B
0,8	99,68	99,61	99,61	99,61	99,61	99,61	99,8
1	99,53	99,41	99,41	99,41	99,41	99,41	99,74
1,6	98,49	98,07	98,07	98,07	98,07	98,07	99,25
2,6	98,1	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	98,86
8,54	98,01	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	98,85
12	97,98	97,75	97,48	97,48	97,75	97,52	98,81
13,96	97,99	97,75	97,52	97,52	97,75	97,52	98,81
15,98	97,77	97,73	97,73	97,73	97,73	97,73	98,27
16,48	97,37	96,91	96,91	96,91	96,91	96,91	97,24
21,59	98,44	97,15	97,15	97,15	97,15	98,44	97,38
30,48	98,54	98,54	98,54	98,54	97,25	98,54	97,21
34,06	98,89	98,89	98,89	98,89	98,89	98,89	97,6
42	99,23	99,23	99,23	99,23	99,23	99,23	99,23
56,66	99,48	99,48	99,48	99,48	99,48	99,48	99,48

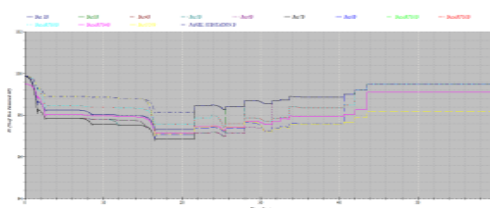
Tabel 15. Perbandingan tegangan dip pada motor *automatic rubber tyred gantry dan container crane* skenario 2

Detik	Tegangan pada Bus (%)				
	A1	A2	A3	A4	CC
0,8	99,42	99,8	99,8	99,42	99,8
1,6	98,81	99,21	99,21	98,81	99,25
2,6	97,91	98,33	98,33	97,91	98,86
8,54	97,96	98,38	98,38	97,96	98,85
12	97,91	98,33	98,33	97,91	98,81
13,96	97,92	98,34	98,34	97,92	98,81
15,98	97,66	98,08	98,08	97,66	98,31
16,48	97,21	97,63	97,63	97,21	97,31
21,59	97,45	97,88	97,88	97,45	97,42
30,48	97,55	97,7	97,7	97,55	97,2
34,06	97,94	98,41	98,41	97,94	97,56
42	98,29	99,23	99,23	98,29	97,91
56,66	99,09	99,48	99,48	99,09	98,16

Pada tabel 12 hingga 15 merupakan data tegangan pada bus tiap motor yang di lakukan dengan metode pengasutan motor secara *Variable Frequency Drive* (VFD) pada skenario 1 dan 2.



Gambar 13. Grafik *dip voltage* skenario 1



Gambar 14. Grafik *dip voltage* skenario 2

Pada gambar 13 dapat dilihat tegangan pada bus saat skenario 1 maupun skenario 2 masih dibatas penurunan tegangan saat *starting* maupun *steady state*. Dapat dilihat dari tabel 12 hingga 15 tegangan terendah adalah 96,91 % pada bus 3B,4B,5B,6B dan 7B yaitu pada detik 16,48 skenario 2. Metode pengasutan ini dilakukan dengan memasukkan frekuensi secara bertahap sehingga membuat arus lonjakan pada motor bisa dikurangi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam Penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Berdasarkan hasil simulasi pengasutan motor skenario 1 ini masih di bawah arus *setting* relay yaitu sebesar 511.96 A selama 0,02 detik , sehingga relay tidak bekerja karena arus yang mengalir belum lebih dari 613 A. Sementara itu untuk simulasi pengasutan motor pada skenario 2 ini diatas arus *setting* relay yaitu sebesar 692,51 A selama 0,02 detik , sehingga relay bekerja karena arus yang mengalir lebih dari 613 A. Semua motor tidak bisa melakukan *starting* secara bersamaan, karena dapat merusak kapasitas dari trafo. Karena beban lebih besar dari trafo *existing* pada *power house* Terminal Petikemas Semarang. Sebaiknya dilakukan pergantian trafo di *substation* A maupun *Substation* B atau lebih baik lagi membuat *power house* baru khusus untuk unit *automatic rubber tyred gantry* karena jika tambahan motor *automatic rubber tyred gantry* di pasang dan di tambahkan di *power house existing* akan beresiko merusak trafo *substation* A maupun B. Karena kapasitas trafo pada *substation* tidak sesuai dikarenakan beban motor lebih besar dari kapasitas trafo pada tiap *substation* yang berada di *power house* Terminal Petikemas Semarang.

Referensi

- [1]. IEEE std 1159 – 1995, IEEE *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*.
- [2]. Kadir, Abdul, “Mesin Induksi”, Penerbit Djambatan, 2003
- [3]. Wildi, Theodore, "*Electrical Machines, Drives, and Power System*", Prentice-Hall International, 1997.
- [4]. Scope of Work RU-IV Balongan.
- [5]. Ximei Liu, Hui Zhu, N. E. Mastorakis, “ *The Simulation Analysis of Motor Startup Based on the ETAP Platform*”, International Conference on Matheatics and Computers in Sciences and in Industry, 2014.
- [6]. Kadir, Abdul, “Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik”, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta : 2000.
- [7]. High Voltage Induction motor Technical catalog for IEC motor, ABB, zurich, Switzerland, 2011.
- [8]. Barnes, Malcolm, "*Practical Variable Speed Drive and Power Electronic*", Great Britain: An imprint of Elsevier, 2003.
- [9]. Softstarter Handbook, ABB, zurich, Switzerland, 2010.