

ANALISIS PENGARUH METODE PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA TERHADAP KEDIP TEGANGAN YANG TERJADI PADA JARINGAN KELISTRIKAN PLTGU BLOK I PT. INDONESIA POWER UP SEMARANG MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP 12.6.0

Anang Permana^{*)}, Yuningtyastuti, and Tejo Sukmadi

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

^{*)Email :permanaanang@yahoo.co.id}

Abstrak

Pada unit pembangkitan terdapat jaringan distribusi daya pemakaian sendiri yang terdiri dari peralatan penunjang proses pembangkitan daya listrik. Peralatan tersebut diantaranya adalah motor listrik, dimana pada proses penyalanya akan menimbulkan arus start dan penurunan tegangan secara bersamaan. Penurunan tegangan ini disebut sebagai voltage sag atau kedip tegangan. Hal ini dapat mengakibatkan gangguan pada motor listrik itu sendiri atau peralatan lain yang sensitif terhadap perubahan atau penurunan tegangan. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai pengaruh metode pengasutan motor induksi 3 fasa terhadap kedip tegangan pada jaringan kelistrikan PLTGU Blok I PT. Indonesia Power UP Semarang menggunakan software ETAP 12.6. dengan cara menentukan metode pengasutan yang digunakan. Metode pengasutan yang digunakan antara lain metode Direct On-Line (DOL), Soft Starting, dan Variable Frequency Drive (VFD). Setelah dilakukan simulasi dan membandingkan hasil simulasi dengan standar IEEE 1159-1995, diketahui bahwa metode starting Variable Frequency Drive (VFD) adalah metode pengasutan motor yang lebih baik diantara ketiga metode yang digunakan, hal ini dilihat dari kedip tegangan yang terjadi diatas 90% atau dapat dikatakan masih sesuai standar IEEE 1159-1995. Pada bus 1APD-SWG-21 99,51%, CWP 1A 97,21%, CWP 1B 97,18%, Cond Pump 1A 99,61%, Cond Pump 1B 99,61%, HPTP 1A1 98,96%, HPTP 2A1 99,05%, HPTP 3A1 99,09%.

Kata Kunci: Direct On-Line (DOL), Soft Starting, Variable Frequency Drive (VFD)

Abstract

In the generation units are power distribution network comprising internal use of the equipment supporting the process of power generation. The equipment including the electric motor, where the turn process will lead starting current and voltage drop simultaneously. The voltage drop is referred to as voltage sag or voltage dip. This may cause the electric motor itself or other equipment that is sensitive to changes or voltage drop. In this final project will discuss the effect of the method the starting of 3 phase induction motor against the pulsating voltage on the electrical network PLTGU Block I PT. Indonesia Power UP 12.6 Semarang using ETAP software, by determining the starting of the method used. Starting of the methods used include a method Direct On-Line (DOL), Soft Starting and Variable Frequency Drive (VFD). After the simulations and compare the simulation results with the IEEE 1159-1995, it is known that the starting method Variable Frequency Drive (VFD) is a method of starting of motors are better among the three methods used, it is seen from the pulsating voltage that occurs above 90% or may said still IEEE 1159-1995. On the bus 1APD-SWG-21 99,51%, CWP 1A 97,21%, CWP 1B 97,18%, Cond Pump 1A 99,61%, Pump Cond 1B 99,61%, HPTP 1A1 98,96%, HPTP 2A1 99,05%, HPTP 3A1 99,09%.

Keyword: Direct On-Line (DOL), Soft Starting, Variable Frequency Drive (VFD)

1. Pendahuluan

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari pembangkitan, transmisi dan distribusi. Pada unit pembangkitan juga terdapat jaringan distribusi daya pemakaian sendiri yang terdiri dari peralatan penunjang proses pembangkitan

daya listrik, antara lain peralatan water treatment, closed cycle cooling water pump, condenser vacuum pump, temperature control panel, motor control center (MCC), dan power distribution center (PDC).

Peralatan-peralatan diatas merupakan pompa-pompa yang terhubung oleh motor listrik yang berkapasitas besar.

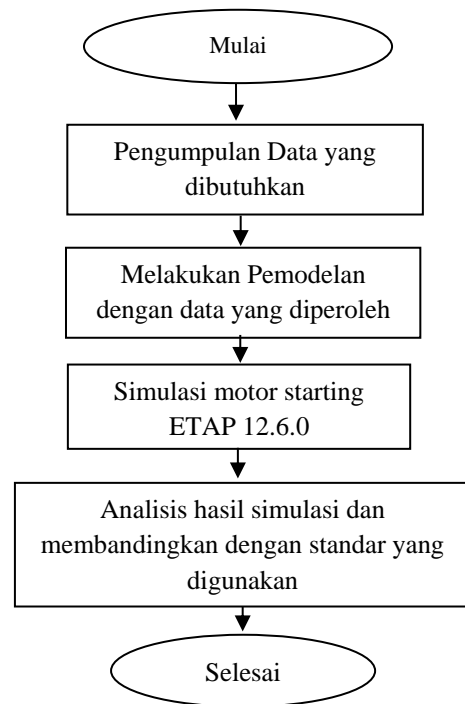
Dimana pada proses penyalaan motor listrik tersebut akan menimbulkan arus start yang tinggi dan penurunan tegangan secara bersamaan. Penurunan tegangan ini disebut sebagai voltage sag atau kedip tegangan dan berlangsung beberapa saat[6]. Hal ini dapat mengakibatkan gangguan pada motor listrik itu sendiri atau peralatan lain yang sensitif terhadap perubahan atau penurunan tegangan.

Penelitian mengenai voltage sag atau kedip tegangan akibat penyalaan (pengasutan) motor listrik telah banyak dilakukan. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Mr. Piyush S. Patil [1] dengan judul “Starting Analysis of Induction Motor A Computer Simulation by Etap Power Station.”, salah satu cara untuk mengurangi arus start yang tinggi adalah dengan menggunakan metode pengasutan auto transformer starter. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hui Zhu, Ximei Liu [2] dengan judul “The Simulation Analysis of Motor Startup Based on the ETAP Platform”, menjelaskan bahwa pengaruh metode pengasutan DOL, Auto Transformer, Current Control, dan Current Ramp terhadap Torsi start, Arus start, dan Voltage Dip. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Andi Pawawoi [3] dengan judul “Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sags) Akibat Pengasutan Motor Induksi Dengan Berbagai Metode Pengasutan Studi Kasus Di PT. ABAISIAT RAYA ”, menjelaskan bahwa kedip tegangan dapat dikurangi dengan cara membatasi arus start. Kedip tegangan yang diperbolehkan pada terminal motor yang diasut maksimal adalah 20%[9].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diatas dapat diketahui bahwa penyalaan (pengasutan) motor listrik dapat mempengaruhi penurunan tegangan sesaat atau kedip tegangan. Dari penelitian tersebut juga diketahui cara untuk menghindari terjadinya kedip tegangan adalah dengan membatasi atau mengurangi arus start motor yang tinggi. Ada beberapa metode pengasutan motor yang dapat digunakan untuk mengurangi arus start motor yaitu metode *auto transformer*, *soft starting current ramp*, dan *soft starting current control* dll. Oleh karena itu penulis berinisiatif mencoba untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang ada pada PLTGU Blok I PT. Indonesia Power UP Semarang menggunakan simulasi software ETAP 12.6.0. sehingga dapat diketahui metode pengasutan motor yang sesuai dan tidak menimbulkan gangguan.

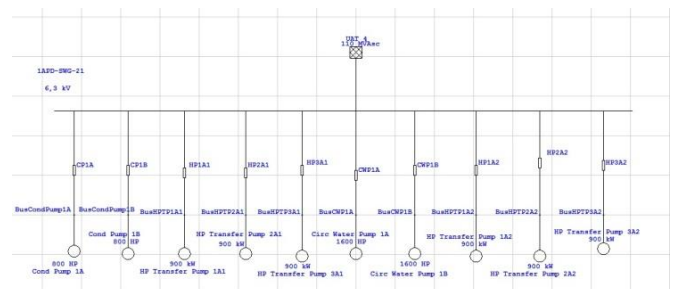
2. Metode

Metodologi Penelitian ini akan menjelaskan tentang proses Analisis Pengaruh Pengasutan Motor Induksi tiga fasa terhadap Kedip tegangan yang terjadi pada sistem kelistrikan PT. Indonesia Power UP Semarang dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0.



Gambar 1. Diagram langkah penelitian

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PLTGU Blok I PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang, antara lain gambar *single line diagram* jaringan distribusi pemakaian sendiri Tambak Lorok Blok I, data *steam turbine generator*, trafo UAT4, data beban *feeder* pada bus 1APD-SWG-21, dan data kabel jaringan. *Single line diagram* jaringan yang dijadikan acuan dalam menggambar simulasi pada ETAP 7.5.0 ditunjukkan pada Gambar 2. Adapun data yang diperlukan selengkapnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Single line diagram kelistrikan PLTGU Blok I PT Indonesia Power UP Semarang

Tabel 1. Data Motor Induksi 3 Fasa

Data Motor Ind.	Cond Pump	HP Transfer Pump (HPTP)	Circ Water Pump (CWP)
Type	2HRAP1A/1B	HKW145C02	1HRCP1A/1B/1C
Manuf.	Siemens	Elin Motor	The Louis Allis Company
Teg	6000 V	6000 V	6000 V
Daya	800 Hp	900 kW	1600 Hp
Kec	1482 Rpm	2976 Rpm	331 Rpm
FLA	68 A	101 A	154 A
Frek	50 Hz	50 Hz	50 Hz
LRA	408 A	606 A	820 A
η	50%	93,4	93,5
	75%	93,6	94,6
	100%	93,9	94,6
pf	50%	87,2	62
	75%	90	73
	100%	90,3	77,5
Rot Inertia	11,2 kgm ²	1,42 kgm ²	631,5 kgm ²
LR PF	24,5%	-	18%
LR T	100 %	90%	105%
Pull up T	100%	-	100%
B.down T	225%	230%	220%
Acc	0,7 s	2 s	1,75 s

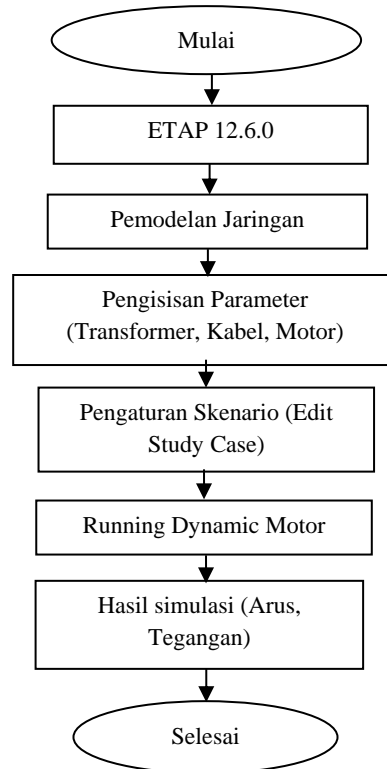
Pada setiap metode pengasutan motor yang akan di simulasikan pada *software* ETAP akan di lakukan 8 skenario urutan penyalaaan, yaitu :

Tabel 2. Skenario Urutan Pengasutan Motor Induksi

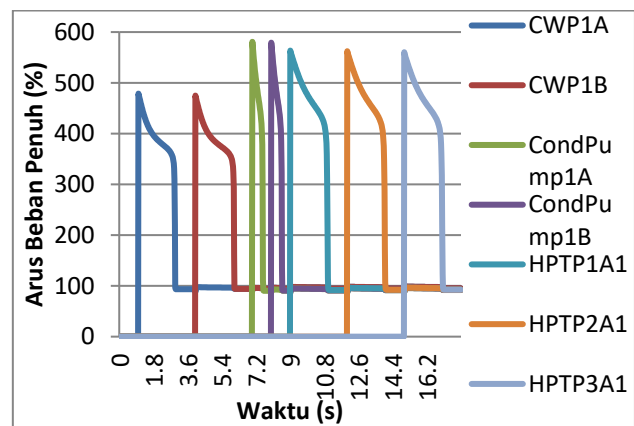
Ske	Urutan Penyalaaan (Pegasutan)						
	CWP		Cond Pump		HPTP		
	1A	1B	1A	1B	1A1	2A1	3A1
1	1	2	3	4	5	6	7
2	1		2			3	
3	1			2			3
4	1				2		
5		1		2		3	
6		1			2		3
7	1				2		
8				1			

3. Hasil dan Analisa

Analisis hasil simulasi pengasutan motor dan pengaruhnya terhadap kedip tegangan yang terjadi pada sistem kelistrikan PLTGU Blok I PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang. Simulasi dilakukan dengan 3 metode starting yaitu *Direct On-Line (DOL)*, *Soft Starting*, dan *Variable Frequency Drive (VFD)*. Telah diketahui bahwa pada Tabel 1 terdapat 8 skenario urutan penyalaaan motor listrik pada setiap metode yang digunakan, setelah itu hasil simulasi dibandingkan dengan standar IEEE 1159-1995 dan IEEE 399 – 1997. Pembuatan simulasi motor starting pada ETAP 12.6.0 dapat dilihat pada Gambar 3.

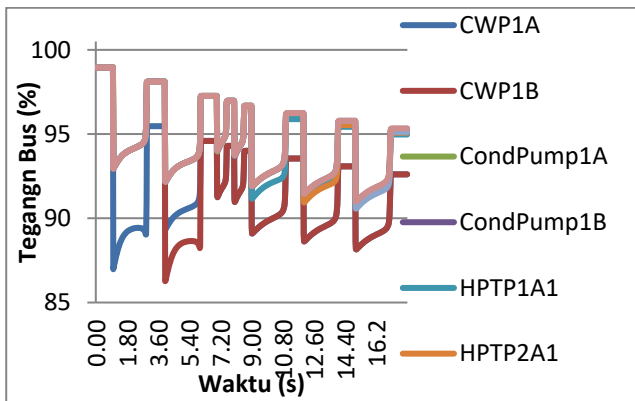


Gambar 3 Diagram pembuatan simulasi pada ETAP



Gambar 4. Grafik arus starting metode DOL

Dari Gambar 4 terlihat pada detik ke 1 motor CWP 1A dinyalakan dan menimbulkan arus *starting* mencapai 478% dari arus beban penuhnya begitu juga ketika motor lainnya diasut pada detik ke 4, 7, 8, 9, 12, dan 15 yang menghasilkan arus *starting* 474% hingga 580% dari arus beban penuh masing-masing motor. Pada waktu yang bersamaan terjadi kedip tegangan ketika motor dinyalakan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kedip tegangan metode DOL

Dari Gambar 5 terlihat bahwa pada detik ke 1 tegangan bus motor CWP 1A mengalami kedip tegangan sebesar 87%,. Kedip tegangan bus CWP 1A juga terjadi pada detik ke 4, 7, 8, 9, 12, dan 15, hal ini dipengaruhi oleh pengasutan/penyalan pada motor lain, sehingga mengakibatkan kedip tegangan kembali terjadi pada bus CWP 1A. Hal yang sama juga terjadi pada bus yang lain, sehingga dapat dikatakan pengasutan suatu motor dapat mempengaruhi kedip tegangan pada bus lain. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

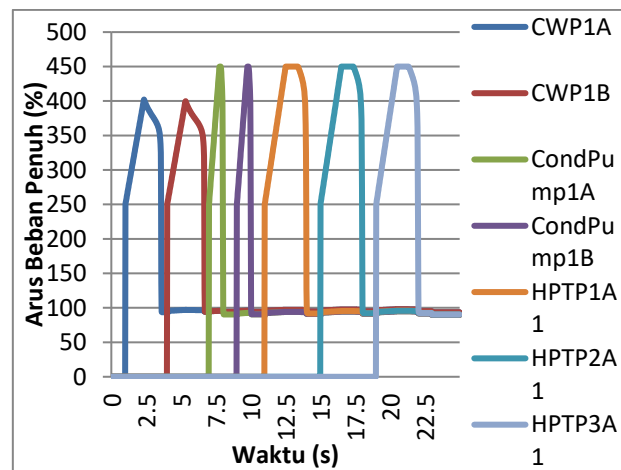
Tabel 3. Hasil Simulasi Kedip Tegangan Bus Metode Starting Direct On Line Skenario 1

Bus	Tegangan Bus (%) Saat detik ke						
	1	4	7	8	9	12	15
1APD-SWG-21	92,95	92,19	94,03	93,76	92,03	91,61	91,19
CWP 1A	86,97	89,7	91,44	91,17	89,48	89,04	88,61
CWP 1B	X	86,24	91,44	91,17	89,48	89,04	88,61
Cond Pump 1A	X	X	93,97	93,74	92,01	91,59	91,17
Cond Pump 1B	X	X	X	93,71	92,01	91,59	91,17
HPTP 1A1	X	X	X	X	91,28	91,27	90,85
HPTP 2A1	X	X	X	X	X	91,08	90,95
HPTP 3A1	X	X	X	X	X	X	90,75

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa saat pengasutan motor dilakukan kedip tegangan bus CWP 1A sebesar 86,97%, CWP 1B 86,24%, Cond Pump 1A 93,97%, Cond Pump 1B 93,71%, HPTP 1A1 91,28%, HPTP 2A1 91,08%, dan HPTP 3A1 90,75%. Tegangan pada tiap bus masih sesuai standar IEEE 399 - 1997 yang menetapkan bahwa tegangan di terminal motor yang di starting harus diatas 80%.

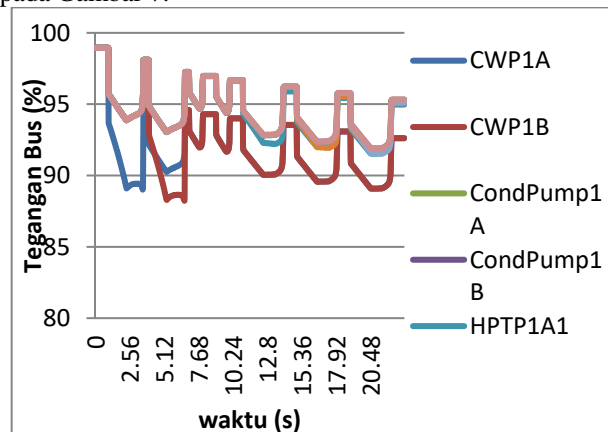
Sedangkan kedip tegangan akibat pengaruh starting motor lain pada terminal bus CWP 1A sebesar 89,91%, CWP 1B 89,91%, Cond Pump 1A 92,13%, Cond Pump 1B 91,59%, HPTP 1A1 91,06%, dan HPTP 2A1 90,5%. Tegangan pada tiap bus diatas standar IEEE 399 - 1997 yaitu diatas 71%.

Sedangkan pada bus 1APD-SWG-21 ketika proses pengasutan motor dilakukan rata-rata kedip tegangan nilai tegangan adalah 92,54%. Tegangan pada bus 1APD-SWG-21 masih berada di atas standar IEEE 1159 - 1995 yaitu diatas 90%.



Gambar 6. Grafik arus starting metode soft starting

Dari Gambar 6 terlihat pada detik ke 1 motor CWP 1A dinyalakan dan menimbulkan arus *starting* mencapai 250%, dan akan mencapai puncaknya pada detik ke 2,34 dimana arusnya mencapai 402% dari arus beban penuh. Hal ini disebabkan karena setting current control yang dilakukan pada motor CWP 1A. Begitu juga ketika motor lainnya diasut pada detik ke 4, 7, 9, 11, 15, dan 19 arus *starting* mencapai 250% hingga 450% dari arus beban penuh. Pada waktu yang bersamaan terjadi kedip tegangan ketika motor dinyalakan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik kedip tegangan metode soft starting

Tabel 4. Hasil Simulasi Kedisip Tegangan Bus Metode *Soft Starting* Skenario 1

Bus	Tegangan Bus (%) Saat detik ke													
	1	2,34	4	5,32	7	7,76	9	9,76	11	13,38	15	17,36	19	21,32
1APD-SWG-21	95,73	93,87	94,91	93,03	95,85	94,7	95,57	94,41	94,61	92,86	94,17	92,37	93,73	91,91
CWP 1A	93,69	89,08	92,35	90,24	93,22	91,96	92,93	91,66	91,98	90,07	91,53	89,56	91,08	89,09
CWP 1B	X	X	92,86	88,28	93,22	91,96	92,93	91,66	91,98	90,07	91,53	89,56	91,08	89,09
Cond Pump 1A	X	X	X	X	95,84	94,66	95,55	94,39	94,59	92,84	94,15	92,35	93,71	91,89
Cond Pump 1B	X	X	X	X	X	X	95,56	94,37	94,59	92,84	94,15	92,35	93,71	91,89
HPTP 1A1	X	X	X	X	X	X	X	X	94,4	92,2	93,82	92	93,38	91,54
HPTP 2A1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	94,02	91,98	93,48	91,65
HPTP 3A1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	93,6	91,53

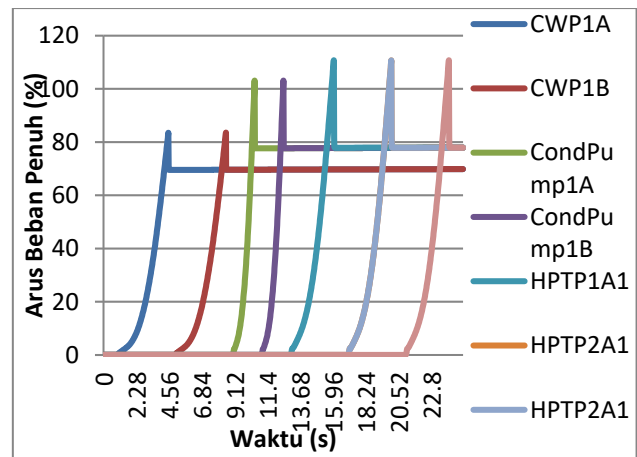
Dari Gambar 7 terlihat bahwa pada detik ke 1 tegangan bus motor CWP 1A mengalami kedisip tegangan sebesar 93,69%, dan pada detik 2,34 tegangan kembali turun sebesar 89,08%. Hal ini disebabkan setting arus current control yang menyebabkan arus mengalami kenaikan secara bertahap sehingga berpengaruh terhadap perubahan tegangan. Kedisip tegangan bus CWP 1A juga terjadi saat pengasutan motor lain berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa saat pengasutan motor dilakukan kedisip tegangan bus CWP 1A sebesar 89,08%, CWP 1B 88,28%, Cond Pump 1A 94,66%, Cond Pump 1B 94,37%, HPTP 1A1 92,2%, HPTP 2A1 91,98%, dan HPTP 3A1 91,53%. Tegangan pada tiap bus masih sesuai standar IEEE 399 – 1997, yang menetapkan bahwa tegangan di terminal motor yang di starting harus diatas 80%.

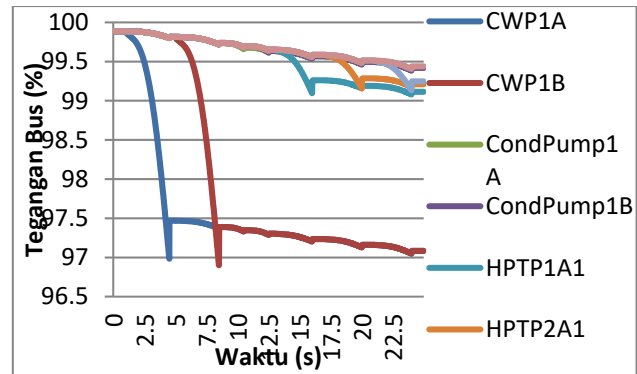
Sedangkan kedisip tegangan akibat pengaruh starting motor lain pada terminal bus CWP 1A sebesar 90,43%, CWP 1B 91,59%, Cond Pump 1A 92,87%, Cond Pump 1B 92,36%, HPTP 1A1 91,77%, HPTP 2A1 91,64%. Tegangan pada tiap bus masih sesuai standar IEEE 399 - 1997 yang menetapkan bahwa tegangan di terminal bus motor yang memerlukan akselerasi, harus diatas 71%.

Sedangkan pada bus 1APD-SWG-21 ketika proses pengasutan motor dilakukan rata-rata kedisip tegangan 93,31%. Tegangan pada bus 1APD-SWG-21 masih sesuai standar IEEE 1159 – 1995 yang menetapkan kedisip tegangan bus harus diatas 90%.

Dari Gambar 8 terlihat pada detik ke 1 motor CWP 1A dinyalakan dan menimbulkan arus *starting* mencapai 83% dari arus beban penuh pada detik ke 4,5. Hal ini disebabkan karena setting *Frequency Control* yang dilakukan pada motor CWP 1A sehingga menyebabkan kenaikan arus secara bertahap. Begitu juga ketika motor lainnya diasut pada detik ke 5, 9, 11, 13, 17, dan 21 yang menghasilkan arus *starting* 83% hingga 110% dari arus beban penuh masing-masing motor. Pada waktu yang bersamaan terjadi kedisip tegangan ketika motor dinyalakan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Grafik arus starting metode VFD



Gambar 9. Grafik kedisip tegangan metode VFD

Dari Gambar 9 terlihat bahwa pada detik ke 1 motor CWP 1A dinyalakan dan tegangan bus motor CWP 1A mengalami kedisip tegangan sebesar 96,98% pada detik 4,5. Hal ini disebabkan karena setting *Frequency Control* yang dilakukan pada motor CWP 1A sehingga mempengaruhi kedisip tegangan secara perlahan. Kedisip tegangan ini terjadi saat proses starting motor berlangsung sebelum tegangan pada bus dan arus pada motor kembali dalam keadaan normal. Selain itu kedisip tegangan bus CWP 1A juga terjadi saat pengasutan motor lain berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Simulasi Kedip Tegangan Bus Metode VFD Skenario 1

Bus	Tegangan Bus (%) Saat detik ke													
	1	4,5	5	8,5	9	10,5	11	12,5	13	16	17	20	21	24
1APD-SWG-21	99,88	99,79	99,81	99,71	99,73	99,68	99,69	99,63	99,65	99,55	99,58	99,48	99,51	99,4
CWP 1A	99,88	96,98	97,46	97,37	97,38	97,33	97,34	97,28	97,3	97,2	97,23	97,12	97,16	97,04
CWP 1B	X	X	99,81	96,9	97,38	97,33	97,34	97,28	97,3	97,2	97,23	97,12	97,16	97,04
Cond Pump 1A	X	X	X	X	99,73	99,65	99,67	99,61	99,63	99,53	99,56	99,46	99,49	99,38
Cond Pump 1B	X	X	X	X	X	X	99,69	99,61	99,63	99,53	99,56	99,46	99,49	99,38
HPTP 1A1	X	X	X	X	X	X	X	X	99,65	99,09	99,26	99,15	99,18	99,08
HPTP 2A1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	99,58	99,15	99,28	99,17
HPTP 3A1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	99,51	99,13

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa saat pengasutan motor dilakukan kedip tegangan bus CWP 1A sebesar 96,98%, CWP 1B 96,9%, Cond Pump 1A 99,65%, Cond Pump 1B 99,61%, HPTP 1A1 99,09%, HPTP 2A1 99,15%, dan HPTP 3A1 99,13%. Tegangan pada tiap bus masih sesuai standar IEEE 399 – 1997, yang menetapkan bahwa tegangan di terminal motor yang di starting harus diatas 80%. Sedangkan kedip tegangan akibat pengaruh starting motor lain pada terminal bus CWP 1A sebesar 97,23%, CWP 1B 97,2%, Cond Pump 1A 99,5%, Cond Pump 1B 99,46%, HPTP 1A1 99,12%, HPTP 2A1 99,17%.

Kedip tegangan tersebut masih sesuai standar IEEE 399 - 1997 yang menetapkan bahwa kedip tegangan di terminal bus motor yang memerlukan reakselerasi, maksimum adalah 29%.

Sedangkan pada bus 1APD-SWG-21 ketika proses pengasutan motor dilakukan rata-rata kedip tegangan nilai tegangan adalah 99,61%. Tegangan pada bus 1APD-SWG-21 masih sesuai standar IEEE 1159 – 1995 yang menetapkan kedip tegangan bus harus diatas 90%.

Tabel 6. Hasil Simulasi Tiap Metode Starting Terhadap Kedip Tegangan

Metode/Skenario	Kedip Tegangan (%) Bus								
	CWP 1A	CWP 1B	Cond Pump 1A	Cond Pump 1B	HPTP 1A1	HPTP 2A1	HPTP 3A1	1APD-SWG-21	
Direct On-Line (DOL)	1	86,97	86,24	93,97	93,71	91,28	91,08	90,75	92,54
	2	86,97	80,96	86,48	86,48	83,21	83,41	83,5	85,22
	3	86,97	77,44	82,72	82,72	82,08	86,98	86,98	85,08
	4	86,97	71,21	76,06	76,06	75,41	75,66	76,39	76,1
	5	81,96	81,96	90,5	90,5	84,61	84,79	84,86	86,4
	6	81,96	81,96	83,01	83,01	82,37	82,58	90,75	85,33
	7	81,96	81,96	79,52	79,52	78,91	79,1	79,18	83,53
	8	68,22	68,22	72,87	72,87	72,31	71,49	72,56	72,91
Soft Starting	1	89,08	88,28	94,96	94,37	92,2	91,98	91,53	93,31
	2	89,08	87,72	88,7	88,7	84,46	84,64	84,71	88,61
	3	89,08	84,43	85,88	85,88	88,46	88,05	88,12	88,5
	4	89,09	75,21	80,48	80,48	81,01	81,18	81,25	81,84
	5	84,49	84,49	92,12	91,12	84,46	84,64	84,71	87,08
	6	84,49	84,49	86,28	86,28	88,36	88,55	91,53	88,14
	7	84,49	84,49	83,49	83,49	84,46	84,64	84,71	86,46
	8	72,2	72,2	77,54	77,54	75,55	75,72	75,79	78,35
VFD	1	96,98	96,9	99,65	99,61	99,09	99,15	99,13	99,61
	2	96,98	97,21	99,65	99,65	99,04	99,04	99,09	99,6
	3	96,98	96,74	99,65	99,65	99,1	99,04	99,09	99,6
	4	96,98	96,85	99,6	99,6	98,89	99,02	99,08	99,95
	5	96,68	96,68	99,59	99,59	98,87	99	99,06	98,77
	6	96,88	96,88	99,55	99,55	98,98	99,12	99,13	99,53
	7	96,88	96,88	99,52	99,52	98,87	99	99,06	99,53
	8	99,32	99,32	99,68	99,68	98,91	99,04	99,1	99,49

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa pada metode starting *Direct On-Line (DOL)* hampir seluruh skenario yang digunakan mengalami kedip tegangan, kecuali skenario 1, hal ini sesuai dengan standar IEEE 1159-1995 dimana besar kedip tegangan antara 10 – 90%. Oleh karena itu dapat dikatakan pada bus 1APD-SWG-21 rata-rata kedip tegangan mencapai 82,08%. Sedangkan standar IEEE 399 – 1997 mengatur besar kedip tegangan yang terjadi pada terminal bus motor yang sedang diasut yaitu 10 – 80%. Dengan hal ini maka dapat diketahui rata-rata kedip tegangan pada bus CWP 1A adalah 68,22%, CWP 1B 72,27%, Cond Pump 1A 76,15%, Cond Pump 1B 76,15%, HPTP 1A1 75,54%, HPTP 2A1 75,41%, HPTP 3A1 76,04%. Pada metode soft starting rata-rata kedip tegangan yang terjadi pada bus 1APD-SWG-21 mencapai 85,56%, hal ini berdasarkan standar IEEE 1159-1995. Rata-rata kedip tegangan pada bus CWP 1A adalah 72,2%, CWP 1B 73,7%, Cond Pump 1A 77,54%, Cond Pump 1B 77,54%, HPTP 1A1 75,55%, HPTP 2A1 75,72%, HPTP 3A1 75,79%, hal ini berdasarkan standar IEEE 399 – 1997. Sedangkan pada metode starting *Variable Frequency Drive (VFD)* kedip tegangan yang terjadi diatas standar IEEE 1159-1995 dimana besar kedip tegangan yang terjadi diatas 90% . Oleh karena itu dapat dikatakan pada bus 1APD-SWG-21 rata-rata kedip tegangan adalah 99,51%. Sedangkan pada terminal bus motor kedip tegangan terjadi diatas 80%, atau masih berada diatas standar IEEE 399 - 1997. Rata-rata kedip tegangan pada bus CWP 1A adalah 97,21%, CWP 1B 97,18%, Cond Pump 1A 99,61%, Cond Pump 1B 99,61%, HPTP 1A1 98,96%, HPTP 2A1 99,05%, HPTP 3A1 99,09%.

Berdasarkan hasil simulasi diatas menunjukkan bahwa, pada metode starting *Direct On-Line (DOL)* mengalami kedip tegangan paling banyak yaitu pada skenario 2,3,4,5,6,7, dan 8. Pada metode *Soft Starting* kedip tegangan terjadi pada skenario 2,3,4,5,6,7, dan 8. Sedangkan pada metode *Variable Frequency Drive (VFD)* kedip tegangan yang terjadi masih berada diatas standar IEEE 1159-1995 maupun standar IEEE 399 – 1997. Hal ini membuktikan bahwa metode pengasutan *Variable Frequency Drive (VFD)* adalah metode pengasutan yang sesuai diantara ketiga metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kedip tegangan.

4. Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa :
 - Pada metode starting *Direct On-Line (DOL)* pada skenario 2,3,4,5,6,7, dan 8, kedip tegangan yang terjadi dibawah standar IEEE 1159-1995 maupun standar IEEE 399 – 1997.
 - Pada metode *Soft Starting* kedip tegangan juga terjadi pada skenario 2,3,4,5,6,7, dan 8, kedip

tegangan yang terjadi dibawah standar IEEE 1159-1995 maupun standar IEEE 399 – 1997.

- Sedangkan pada metode *Variable Frequency Drive (VFD)* kedip tegangan yang terjadi masih berada diatas standar IEEE 1159-1995 maupun standar IEEE 399 – 1997.
- 2) Metode *Direct On-Line (DOL)*
Kedip tegangan pada bus 1APD-SWG-21 mencapai 82,08%. Pada bus CWP 1A 68,22%, CWP 1B 72,27%, Cond Pump 1A 76,15%, Cond Pump 1B 76,15%, HPTP 1A1 75,54%, HPTP 2A1 75,41%, HPTP 3A1 76,04%.
 - 3) Metode *Soft Starting*
Kedip tegangan pada bus 1APD-SWG-21 mencapai 85,56%. Pada bus CWP 1A 72,2%, CWP 1B 73,7%, Cond Pump 1A 77,54%, Cond Pump 1B 77,54%, HPTP 1A1 75,55%, HPTP 2A1 75,72%, HPTP 3A1 75,79%.
 - 4) Metode *Variable Frequency Drive (VFD)*
Kedip tegangan pada bus 1APD-SWG-21 mencapai 99,51%. Pada bus CWP 1A 97,21%, CWP 1B 97,18%, Cond Pump 1A 99,61%, Cond Pump 1B 99,61%, HPTP 1A1 98,96%, HPTP 2A1 99,05%, HPTP 3A1 99,09%.
 - 5) Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *Variable Frequency Drive (VFD)* adalah metode yang sesuai digunakan diantara ketiga metode untuk mengurangi kedip tegangan. Besar kedip tegangan yang terjadi diatas 90%, atau masih diatas standar IEEE 1159-1995 yaitu 10 hingga 90%.

Referensi

- [1]. Mr. Piyush S. Patil dan Mr. K. B. Porate, "Starting Analysis Of Induction Motor. A Computer Simulation by Etap Power Station", in *Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology*, 2009, pp. 494-499.
- [2]. H. Zhu, X. Liu dan N. E. Mastorakis, "The Simulation Analysis of Motor Startup Based on the ETAP Platform," *Mathematics and Computers in Sciences and in Industry (MCSI) International Conference on*, Varna, 2014, pp. 245-248.
- [3]. Andi Pawawoi, "Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sags) Akibat Pengasutan Motor Induksi Dengan Berbagai Metode Pengasutan Studi Kasus Di PT. Abaisat Raya", No. 32 Vol.1, Thn. XVI November 2009, ISSN: 0854-8471.
- [4]. Wildi, Theodore. "Electrical Machines, Drives, and Power Systems". Prentice-Hall International, 2002.
- [5]. Stephen J. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals Fourth Edition", McGraw-Hill Companies, New York, USA, 2005.
- [6]. Surajit Chattopadhyay, Madhuchanda Mitra, dan Smarjit Sengupta, "Electric Power Quality", West Bengal, SPRINGER, 2011.
- [7]. Math.H.J.Bollen, "Understanding Power Quality Problems", Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden, 2000.

- [8]. *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Std 1159-1995.
- [9]. *IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power System Analysis*, IEEE Std 399-1997.
- [10]. *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Application*, IEEE Std 446-1995.