

ANALISIS PENGARUH VARIASI METODE PENGASUTAN MOTOR TERHADAP TEGANGAN DIP YANG TERJADI PADA JARINGAN KELISTRIKAN PT PERTAMINA RU VI DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

Galih Pinaryoga^{*)}, Mochammad Facta, and Susatyo Handoko

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

^{*)}Email : galihpinaryoga@gmail.com

Abstrak

Motor induksi adalah salah satu motor listrik yang sering digunakan di dunia industri. Tetapi permasalahan dalam menggunakan motor induksi adalah pada saat pengasutan, karena motor induksi memiliki arus pengasutan yang tinggi ketika dilakukan pengasutan secara *Direct On Line* (DOL). Arus pengasutannya sekitar 4 sampai 7 kali arus nominalnya. Hal itu disebabkan karena kecilnya nilai impedansi dan *Locked Rotor Current* (LRC) yang besar. Selama pengasutan, tegangan terminal mengalami penurunan tegangan dengan durasi 0,5 siklus sampai 1 menit, fenomena ini disebut dengan tegangan dip atau tegangan *sag*. Oleh karena itu, beberapa metode pengasutan tertentu dilakukan untuk mengevaluasi sebelum metode tersebut digunakan untuk mengurangi tegangan dip. Pada pembahasan ini dilakukan analisis variasi metode pengasutan motor terhadap terjadinya tegangan dip pada PT Pertamina RU VI. Motor induksi digunakan sebagai penggerak mesin pompa air. Berdasarkan hasil simulasi motor induksi menggunakan ETAP 12.6, didapatkan jika nilai terbesar tegangan dip dari metode *Direct On Line* adalah 17,19% dari tegangan kerja dan itu terjadi selama 0,26 detik untuk skenario 1. Pada metode bintang – delta tegangan dip yang terjadi 16,74% dari tegangan kerja dan terjadi selama 0,14 detik untuk skenario 1. Dengan menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) tegangan dipnya adalah 1,11% dari tegangan kerja dan terjadi selama 2,02 detik untuk skenario 5.

Kata Kunci : Motor Induksi, tegangan dip, metode pengasutan

Abstract

Induction motor is one of as electric motor types that is often used in industry. But the problem in the use of induction motor is starting, because induction motor has a high current as the motor is started by *Direct On Line* (DOL). The starting current is about 4 up to 7 times from its nominal current. It was caused by low impedance value and high *Locked Rotor Current* (LRC). During starting, the terminal voltage may drop in duration of 0.5 cycle up to 1 minute, this phenomena called as dip voltage. Therefore, it is important to evaluate a particular method before induction motor is used. This final assignment will analyze the use of varied starting motor methods towards the occurrence of a dip voltage at PT Pertamina RU VI. In this plans, induction motor is used as drive water pump machine. Based on simulation result conducted by using ETAP 12.6, it was found that for the biggest dip voltage on *Direct On Line* methods was 17.19% from rated for 0.26 second for scenario 1. In *Star – Delta* method the dip voltage was 16.74% from rated for 0,14 second in scenario 1. By using *Variable Frequency Drive* (VFD), the dip voltage was 1.11% from rated for 2.02 second in scenario 5.

Keywords : Induction motor, dip voltage, starting method

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 gangguan kedip tegangan (*voltage sag*)[1].

Tegangan dip disebabkan oleh beberapa hal yang terjadi pada sistem tenaga listrik, salah satu penyebabnya adalah akibat pengasutan motor dengan kapasitas yang besar.

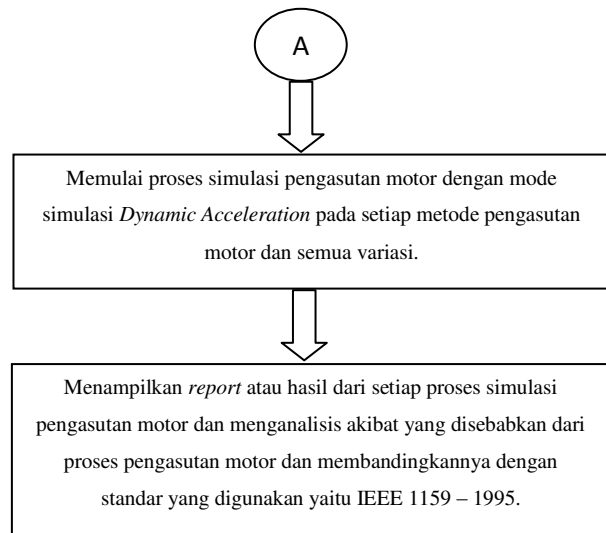
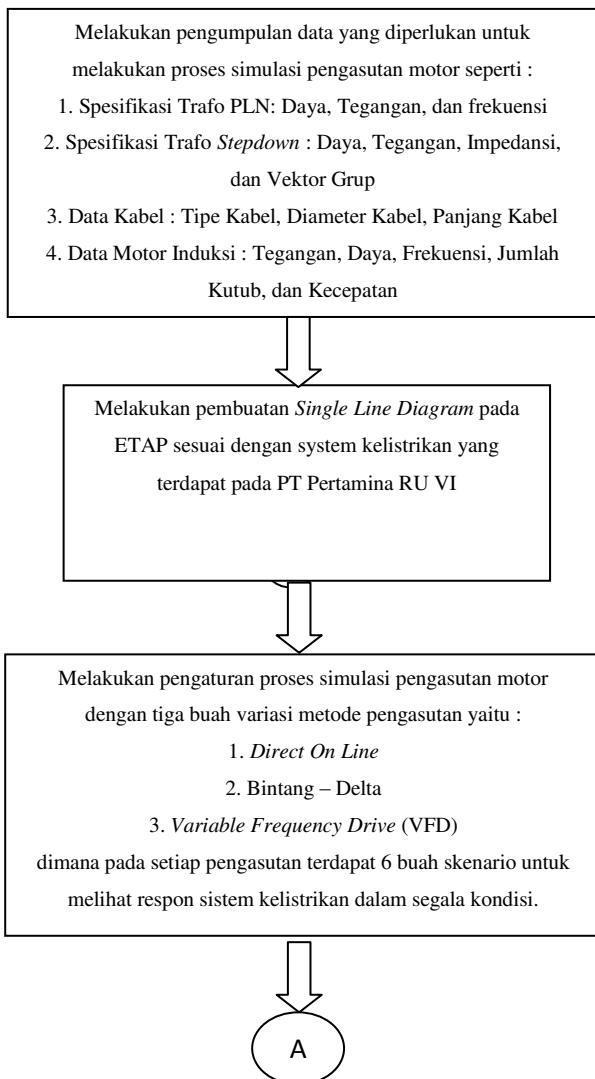
Motor yang memiliki kapasitas besar memerlukan arus yang besar pula dalam melakukan pengasutan. Ketika motor dihubungkan secara langsung dengan sistem kelistrikan arus pada motor langsung mengalami lonjakan sebesar 4 sampai dengan 7 kali dari arus nominal sedangkan torsi yang dihasilkan hanya sekitar 1,5 sampai 2,5 kali dari torsi minimal saat beban penuh.

Pada penelitian tugas akhir ini penulis melakukan analisis variasi pengasutan motor yang terdapat pada PT Pertamina RU VI dengan mengamati tegangan dip yang terjadi. Pada PT Pertamina RU VI sendiri terdapat 4 buah motor dengan kapasitas masing – masing motor sebesar 630 kW yang digunakan sebagai penggerak pompa air yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada PT Pertamina RU VI.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

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

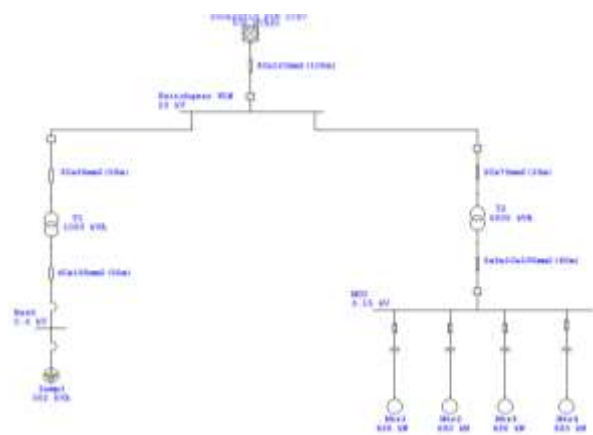


Gambar 1. Alur pemodelan system

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat proses yang dilakukan dari awal pengumpulan data jaringan eksisting pada PT Pertamina RU VI hingga proses simulasi pengasutan motor dengan program bantu ETAP 12.6 serta menganalisis hasil yang didapatkan dari proses simulasi.

2.2. Data Sistem

Pada sistem kelistrikan PT Pertamina RU VI sumber tegangan berasal dari trafo distribusi PLN sebesar 20 kV. Dari trafo distribusi 20 kV beban dibagi menjadi 2 saluran. Saluran yang pertama adalah saluran untuk menyuplai beban – beban listrik umum yang terdapat pada PT Pertamina RU VI. Sedangkan saluran yang ke dua digunakan sebagai sumber tegangan untuk memutar 4 buah motor yang terdapat pada PT Pertamina RU VI.



Gambar 2. Diagram satu alir sistem kelistrikan PT Pertamina RU VI

Gambar 2 merupakan digram satu alir pada PT Pertamina RU VI, dimana pada jaringan tersebut terdapat dua saluran, dimana pada setiap saluran memiliki beban yang

berbeda dan besar tegangan yang berbeda. Pada saluran pertama sebelum tegangan di alirkan ke beban terdapat trafo step down yang berfungsi sebagai penurun tegangan yang awalnya 20 kV diubah menjadi 0,4 kV. Tegangan tersebut digunakan untuk menyuplai beban – beban kelistrikan umum yang terdapat pada PT Pertamina RU VI. Sedangkan untuk saluran yang kedua tegangan juga diturunkan menjadi 3,15 kV dengan trafo step down. Keluaran dari trafo akan dihubungkan ke bus MCC (*Motor Control Center*) yang nantinya digunakan sebagai suplai 4 buah motor induksi dengan kapasitas 630 kW.

Adapun data – data yang digunakan pada analisis ini ditunjukkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1. Data trafo tenaga

Trafo Distribusi PLN	
Daya	3,044 MW
Tegangan Sekunder	20 kV
Frekuensi	50 Hz

Tabel 2. Data Trafo Step Down

Trafo Step Down	Daya	Tegangan	Impedansi	Vektor Grup
T1	1000 kVA	20/0,5 kV	5%	Dyn5
T2	5000 kVA	20/2,15 kV	6,25 %	Dyn11

Tabel 3. Data teknis kabel

Dari	Ke	Tipe Kabel	Jumlah Konduktor	Diameter Kabel	Panjang Kabel
Grid	Switchgear PLN	XLPE	3	120 mm	100 m
Switchgear PLN	T1	XLPE	3	35 mm	50 m
T1	Bus 3	XLPE	3	185 mm	50 m

Tabel 3. (lanjutan)

Dari	Ke	Tipe Kabel	Jumlah Konduktor	Diameter Kabel	Panjang Kabel
Switchgear PLN	T2	XLPE	3	70 mm	30 m
T2	MCC	XLPE	12	185 mm	60 m
MCC	Motor 1	XLPE	3	70 mm	165 m
MCC	Motor 2	XLPE	3	70 mm	200 m
MCC	Motor 3	XLPE	3	70 mm	100 m
MCC	Motor 4	XLPE	3	70 mm	100 m

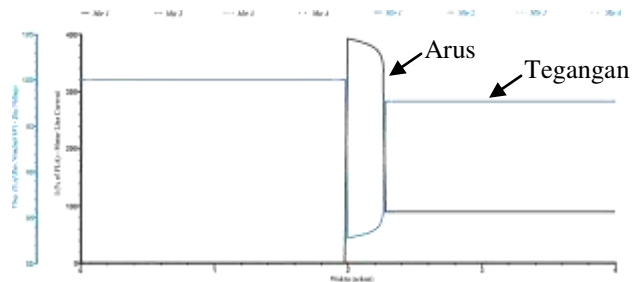
Tabel 4. Data motor induksi

	Tegangan	Daya	Frekuensi	Jumlah Kutub	Kecepatan
Motor 1	3 kV	630 kW	50 Hz	2	3000 RPM
Motor 2	3 kV	630 kW	50 Hz	2	3000 RPM
Motor 3	3 kV	630 kW	50 Hz	2	3000 RPM
Motor 4	3 kV	630 kW	50 Hz	2	3000 RPM

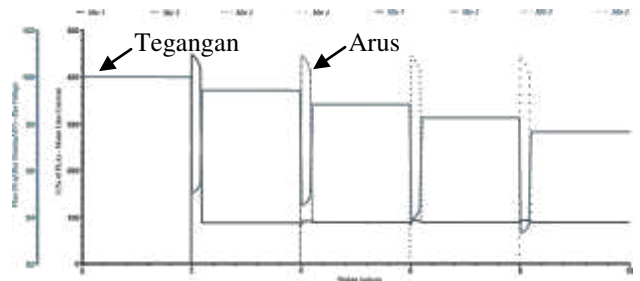
Dengan data yang telah ditunjukkan dari Tabel 1 hingga Tabel 4, pengisian parameter dapat dilakukan setelah diagram satu garis seperti Gambar 2 telah selesai dibuat pada perangkat lunak ETAP.

3. Hasil dan Analisis

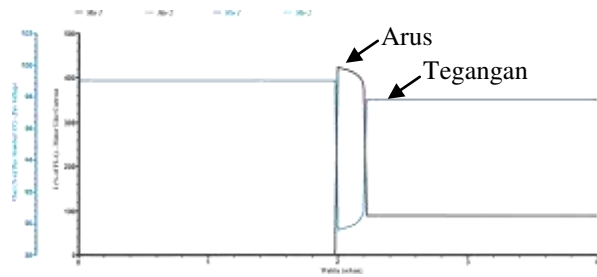
Dari simulasi metode pengasutan motor yang telah dilakukan, maka didapatkan grafik arus dan tegangan untuk metode pengasutan Direct On Line dengan 6 skenario yang dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 8.



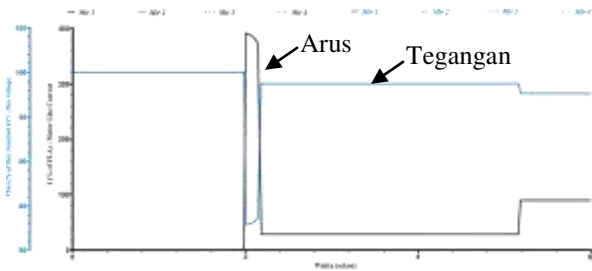
Gambar 3. Grafik simulasi skenario 1 metode pengasutan Direct On Line



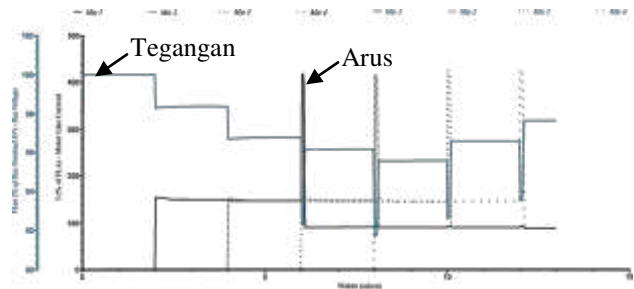
Gambar 4. Grafik simulasi skenario 2 metode pengasutan Direct On Line



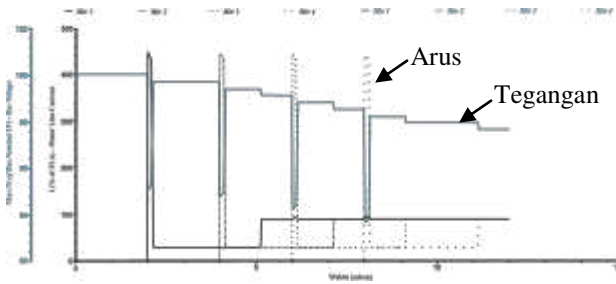
Gambar 5. Grafik simulasi skenario 3 metode pengasutan Direct On Line



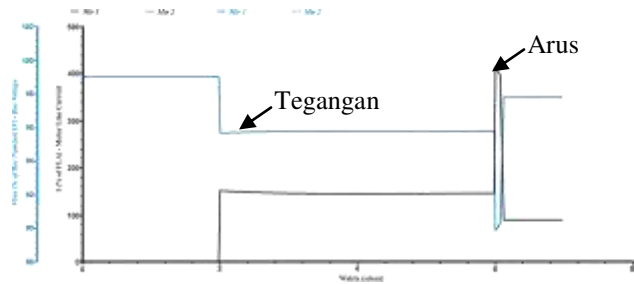
Gambar 6. Grafik simulasi skenario 4 metode pengasutan *Direct On Line*



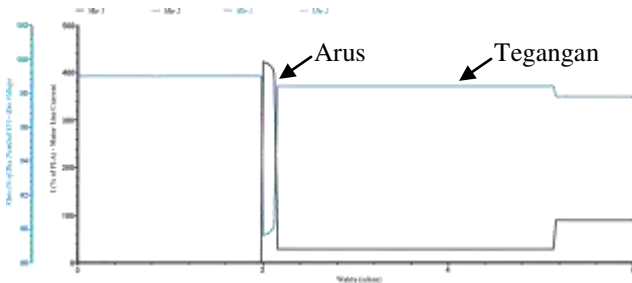
Gambar 10. Grafik simulasi skenario 2 metode pengasutan bintang – delta



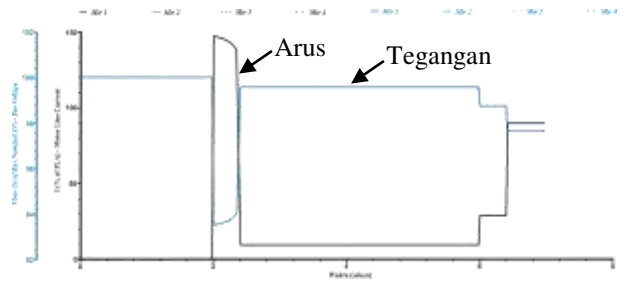
Gambar 7. Grafik simulasi skenario 5 metode pengasutan *Direct On Line*



Gambar 11. Grafik simulasi skenario 3 metode pengasutan bintang – delta

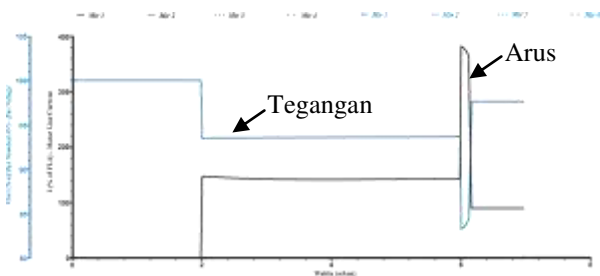


Gambar 8. Grafik simulasi skenario 6 metode pengasutan *Direct On Line*

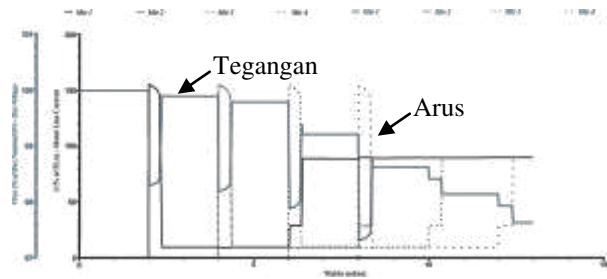


Gambar 12. Grafik simulasi skenario 4 metode pengasutan bintang – delta

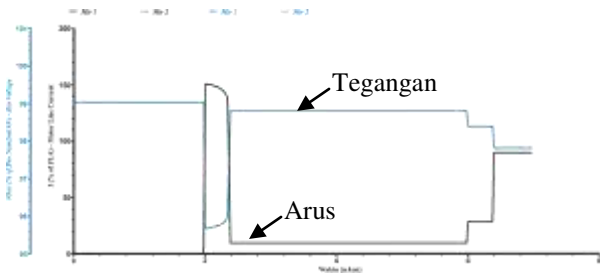
Selanjutnya untuk hasil simulasi pengasutan motor dengan metode bintang – delta dengan 6 skenario yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 14.



Gambar 9. Grafik simulasi skenario 1 metode pengasutan bintang – delta

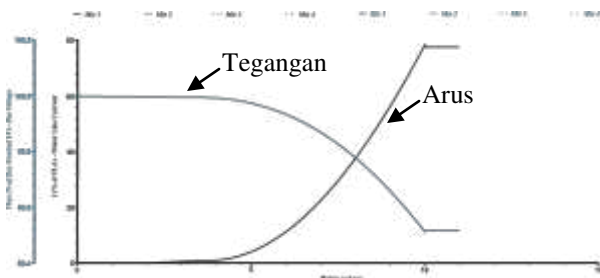


Gambar 13. Grafik simulasi skenario 5 metode pengasutan bintang – delta

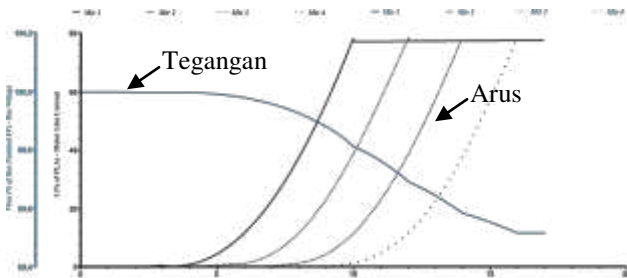


Gambar 14. Grafik simulasi skenario 6 metode pengasutan bintang – delta

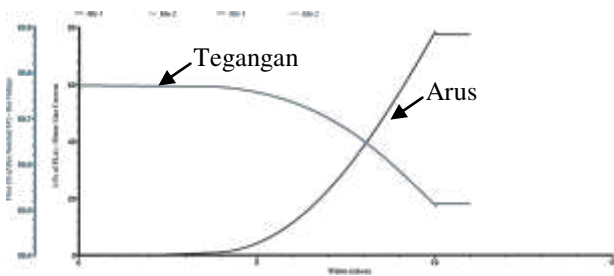
Untuk grafik hasil simulasi metode pengasutan moto dengan metode Variable Frequency Drive (VFD) dengan 6 skenario yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 15 samapai dengan Gambar 20.



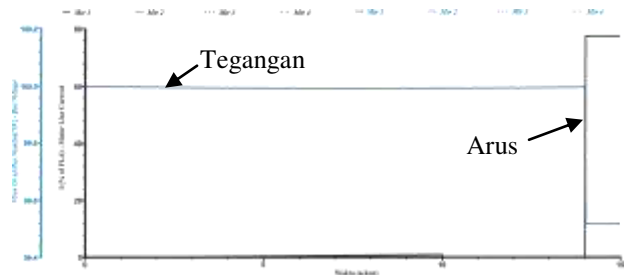
Gambar 15. Grafik simulasi skenario 1 metode pengasutan Variable Frequency Drive (VFD)



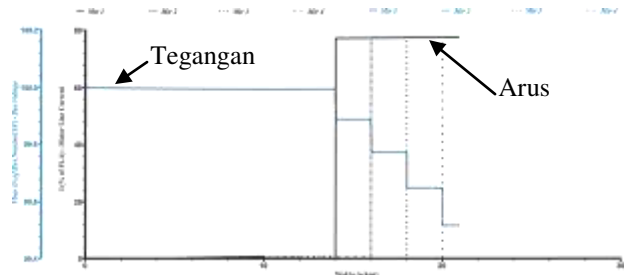
Gambar 16. Grafik simulasi skenario 2 metode pengasutan Variable Frequency Drive (VFD)



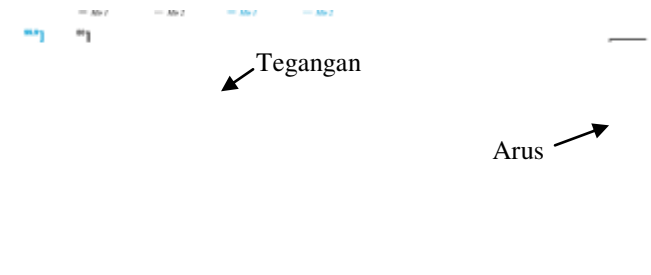
Gambar 17. Grafik simulasi skenario 3 metode pengasutan Variable Frequency Drive (VFD)



Gambar 18. Grafik simulasi skenario 4 metode pengasutan Variable Frequency Drive (VFD)



Gambar 19. Grafik simulasi skenario 5 metode pengasutan Variable Frequency Drive (VFD)



Gambar 20. Grafik simulasi skenario 6 metode pengasutan Variable Frequency Drive (VFD)

Berdasarkan Gambar 3 sampai dengan Gambar 20 maka dapat dihasilkan tabel perbandingan tegangan dip yang terjadi akibat variasi metode pengasutan motor dengan menggunakan 6 skenario pada setiap metode pengasutannya. Sehingga dari setiap skenario pada metode pengasutan motor dapat dilihat apakah pada sistem terjadi tegangan dip atau tidak.

Tabel 5. Perbandingan tegangan dip setiap metode pengasutan motor

Metode Starting	Tegangan Dip (%)	Durasi	Presentase Tegangan (%)	Ket	
Direct On Line	Skenario 1	17,19	0,26 s	82,81	√
	Skenario 2	4,93	0,16 s	95,07	X
	Skenario 3	10,4	0,2 s	89,6	√
	Skenario 4	17,17	0,16 s	82,83	√
	Skenario 5	4,93	0,12 s	95,07	X
	Skenario 6	10,4	0,12 s	89,6	√
Bintang - Delta	Skenario 1	16,74	0,12 s	83,26	√
	Skenario 2	2,89	0,06 s	92,28	X
	Skenario 3	10,12	0,1 s	89,88	√
	Skenario 4	6,47	0,38 s	93,53	X
	Skenario 5	1,7	0,36 s	98,3	X
	Skenario 6	4,33	0,4 s	95,67	X
Variable Frequency Drive (VFD)	Skenario 1	0,26	2,02 s	99,52	X
	Skenario 2	0,12	2,02 s	99,69	X
	Skenario 3	0,23	2,02 s	99,54	X
	Skenario 4	0,48	2,02 s	99,52	X
	Skenario 5	1,11	2,02 s	98,89	X
	Skenario 6	0,26	2,02 s	99,51	X

√ = Terdapat tegangan dip X= Tidak terdapat tegangan dip

Pada Tabel 5 dapat dilihat hasil simulasi pengasutan motor dengan 3 metode pengasutan yaitu *Direct On line*, Bintang – Delta, dan *Variable Frequency Drive* (VFD) dimana pada setiap pengasutan terdapat 6 skenario yang dilakukan. Berdasarkan Tabel 5 data yang terdapat didalamnya adalah data penurunan tegangan yang terjadi pada saat pengasutan motor terjadi dan disesuaikan dengan standar IEEE 1159 – 1995. Untuk menganalisis tegangan dip yang terjadi akibat pengasutan motor dimana pada standar IEEE 1159 – 1995 dijelaskan bahwa suatu sistem bisa mengalami tegangan dip ketika tegangan pada suatu bus mengalami penurunan 10 – 90% dengan waktu penurunan tegangan dari 0,01 sampai dengan 1 menit. Berdasarkan Tabel 5 penurunan tegangan terbesar terjadi pada saat metode pengasutan motor dengan metode *Direct On Line* dan terjadi pada skenario 1 yaitu sebesar 17,19%. Sedangkan untuk penurunan tegangan terkecil terdapat pada metode pengasutan motor secara *Variable Frequency Drive* (VFD). Hal ini dikarenakan metode pengasutan ini dilakukan dengan memasukkan frekuensi secara bertahap sehingga membuat arus lonjakan pada motor bisa dikurangi. Selain itu penurunan tegangan juga sangat kecil ketika proses pengasutan motor terjadi. Metode VFD ini juga merupakan metode yang dianggap tidak menyebabkan tegangan dip pada sistem dikarenakan pada standar IEEE 1159 – 1995 penurunan tegangan yang terjadi tidak mencapai batas minimal yaitu 10%. Sehingga metode pengasutan metode *Variable Frequency Drive* (VFD) bisa dianggap sebagai metode pengasutan motor yang paling baik dari pada 2 metode pengasutan motor yang dilakukan pada simulasi ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Berdasarkan hasil simulasi pengasutan motor dengan metode *Direct On Line* dengan 6 buah skenario, arus pengasutan motor cenderung memiliki besar yang sama yaitu sekitar 4 kali lipat dari arus nominal motor. Untuk hasil simulasi pengasutan metode bintang – delta dengan 6 buah skenario didapatkan besar arus pengasutan yang sama ketika motor dihubung bintang yaitu arus mengalami lonjakan sampai 1,5 kali lipat arus nominalnya, sedangkan ketika motor dihubung delta lonjakan arus mengalami perbedaan pada skenario 1, 2, 3 dengan skenario 4, 5, 6. Untuk skenario 1, 2, dan 3 arus pada motor naik hingga 4 kali lipat, sedangkan untuk skenario 4, 5, dan 6 arus hanya mengalami lonjakan 20% dari arus nominalnya, hal ini dikarenakan pada skenario 4, 5, dan 6 beban dihubungkan dengan motor ketika motor sudah dalam keadaan *steady state*. Hasil simulasi pengasutan metode *Variable Frequency Drive* (VFD) arus lonjakan pengasutan motor tidak terlihat dikarenakan dalam metode VFD ini kenaikan tegangan dan frekuensi dilakukan secara bertahap, yaitu 25% setiap 2 detik sehingga metode pengasutan ini dapat mengalami arus lonjakan yang terjadi pada saat motor dinyalakan. Pada hasil simulasi pengasutan motor dengan metode *Direct On Line*, skenario 1 mengalami tegangan dip yang paling besar saat pengasutan motor dilakukan yaitu sebesar 17,19% dengan durasi 0,26 detik dan skenario 2 dan 5 yang paling kecil yaitu sebesar 4,93% dengan durasi 0,16 detik dan 0,12 detik. Untuk metode pengasutan bintang – delta tegangan dip terbesar terjadi pada skenario 1 yaitu 16,74% dengan durasi 0,12 detik sedangkan tegangan dip paling kecil terjadi pada skenario 5 yaitu sebesar 1,7% dengan durasi 0,36 detik. Sedangkan metode pengasutan motor dengan metode *Variable Frequency Drive* (VFD) tegangan dip terbesar pada skenario 5 yaitu 1,11% selama 2,02 detik sedangkan tegangan dip paling kecil pada skenario 2 yaitu 0,12% selama 2,02 detik, tetapi dari hasil tersebut bisa dikatakan bahwa metode *Variable Frequency Drive* tidak menimbulkan tegangan dip dikarenakan menurut standar IEEE 1159 – 1995 range tegangan terjadinya tegangan dip adalah 10 – 90 %.

Saran yang dapat penulis berikan dalam Tugas Akhir ini antara lain untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan penambahan metode pengasutan motor untuk mendapatkan hasil yang lebih bervariasi lagi, ditambahkan dari sisi biaya yang digunakan dalam jangka waktu tertentu sehingga dari berbagai macam metode pengasutan selain efek yang terjadi pada sistem tetapi bisa melakukan estimasi biaya yang dibutuhkan dari berbagai macam metode pengasutan, dan menambahkan skenario seperti terjadinya pelepasan beban ataupun terjadinya gangguan pada saat motor sedang beroperasi atau ketika pengasutan motor sedang terjadi sehingga sistem kelistrikan bisa diperbaiki lagi sistem kehandalannya.

Referensi

- [1]. Andi Pawawoi."Analisis Kedip Tegangan (*Voltage Sags*) Akibat Pengasutan Motor Induksi Dengan Berbagai Metode Pengasutan Studi Kasus Di PT. Abaisiat Raya", Jurnal Teknik, Universitas Andalas, Vol.1, No. 32, Hal. 49 Tahun. XVI, November 2009.
- [2]. IEEE std 1159 – 1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*.
- [3]. Hayusman, Lahuhil M., Suyono, Hadi, Hidayat Taufik, " Analisis Tegangan Sags Akibat Pengasutan Motor Induksi Menggunakan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR)", Jurnal Elektro ELTEK, Vol 2, No. 2, Oktober 2011.
- [4]. Kadir, Abdul, "Mesin Induksi", Penerbit Djambatan, 2003
- [5]. Prasetya, Andyk Probo, Abdul Hamid, Yusuf Ismail Nakhoda, "Analisis Perbandingan Sistem Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Penggerak Pompa Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Wendit Malang", Jurnal Elektro ELTEK Vol3, No 1, April 2012.
- [6]. Wildi, Theodore, "*Electrical Machines, Drives, and Power System*", Prentice-Hall International, 1997.
- [7]. Scope of Work RU-IV Balongan.
- [8]. Ximei Liu, Hui Zhu, N. E. Mastorakis, " *The Simulation Analysis of Motor Startup Based on the ETAP Platform*", International Conference on Mathematics and Computers in Sciences and in Industry, 2014.
- [9]. Widyananda, Firlan, "Pemodelan Statis dan Dinamis pada Motor Starting Untuk Analisis Stabilitas Transien dengan Menggunakan Software ETAP 7.0 (Studi Kasus PT. Semen Gresik Tuban IV)", Institut Teknologi 10 November, 2010.
- [10]. Nurmalitawati, Aztrid, Rahardjo, Amien, "Analisis Perbandingan Arus *Start* Motor Induksi Berkapasitas Besar Terhadap Jatuh Tegangan Bus", Tugas Akhir, Universitas Indonesia, 2014.
- [11]. Kadir, Abdul, "Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik", Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta : 2000.
- [12]. Fakhrizal, Reza, "Aplikasi *Programmable Logic Control* (PLC) Pada Pengasutan dan Proteksi Bintang (Y) - Delta (A) Motor Induksi 3 Fasa", Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang 2007.
- [13]. Anantha B, P, M, "Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa", Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [14]. High Voltage Induction motor Technical catalog for IEC motor, ABB, zurich, Switzerland, 2011.
- [15]. Siswoyo, "Teknik Listrik Industri untuk sekolah menengah kejuruan jilid 3", penerbit Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [16]. Barnes, Malcolm, "*Practical Variable Speed Drive and Power Electronic*", Great Britain:An imprint of Elsevier, 2003.
- [17]. Pratama, Yoga, Ahmad, Sofyan Nouval, Laporan praktek Miling Bengkel Listrik 5, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda, 2012.
- [18]. Shamim, Shariq, "*STAR DELTA connection Diagram and Working principle*", Januari, 2015. <http://medicinemachine.blogspot.co.id/2015/01/star-delta-connection-diagram-and.html>.
- [19]. Instalasi Motor Listrik Semester 3, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta, 2011.
- [20]. Siswoyo, "Teknik listrik industri untuk Sekolah Menengah Kejuruan jilid 2", penerbit Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [21]. Hughes, Austin, "*Electric Motors and Drives:Fundamentals*", Types and Applications, Senior fellow, school of electronic and electrical engineering, University of Leeds, 2006.
- [22]. Choosing between a soft starter and a variable frequency drive to fit your application, EATON, Januari, 2013.
- [23]. Softstarter Handbook, ABB, zurich, Switzerland, 2010.
- [24]. Siswanto, "Analisis Pengaruh Pemasangan Pembangkit Terdistribusi Terhadap Tegangan Dip Pada Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Menggunakan Pemodelan ATP/EMTP", Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [25]. Surajit Chattopadhyay, Madhuchhanda Mitra, dan Smarjit Sengupta "*Electric Power Quality*", West Bengal, SPRINGER, 2011.
- [26]. Bollen, Math H.J, "*Understanding Power Quality Problems*", New York, IEEE, 2009.
- [27]. Leborgne, Roberto Chouhy, "*Voltage Sags Characteristic and Estimation*", chalmers University Of Technology, Sweden, 2005.
- [28]. IEEE std 446 – 1995, *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Sistem for industrial and Commercial Application*.
- [29]. PacifiCorp, Engineering Handbook, 1C.5.1—Voltage Fluctuation and Flicker, January, 2014.
- [30]. Donald Reimert, "*Protective Relaying for Power Generation System*", USA: CRC Press,2006.
- [31]. Selco, T3300 Voltage Relay, Denmark.
- [32]. Sarheld, M. Tirta Bangun, Over Voltage and Under Voltage, Laporan Laboratorium Sistem Proteksi, Politeknik Negeri Samarinda, April 2009.
- [33]. Wijayanto, Nanda Dicky, Adi Soeprijanto, Ontoseno Penangsang, "Koordinasi Proteksi Tegangan Kedip dan Arus Lebih pada Sistem Kelistrikan Industri Nabati" JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, ISSN: 2301-9271, September 2012.
- [34]. Modul Praktikum Sistem Tenaga Listrik, Laboratorium Sistem Tenaga Listrik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2011.
- [35]. Mr. Piyush S. Patil, Mr. K. B. Porate, "*Starting Analysis Of Induction Motor A Computer Simulation By Etap Power Station*", Second International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET-09.
- [36]. IEEE std 399 – 1997, *IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis*.