Perpustakaan Unika

ANALISIS ARUS NETRAL PADA JARINGAN TIGA FASA EMPAT KAWAT BERBEBAN TAK LINIER

TUGAS AKHIR

Oleh :

TONNY WICAKSANA

06.50.0016

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA

SEMARANG

2011

Perpustakaan Unika

PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul "Analisis Arus Netral Pada Jaringan Tiga Fasa Empat Kawat Berbeban Tak Linier" disetujui dan disahkan pada tanggal Maret 2011 dan siap untuk diajukan ke ujian tugas akhir.

Semarang, Maret 2011

Menyetujui,

Pembimbing

Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT.
NPP: 058.1.1992.110

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Teknologi Industri

Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT.
NPP: 058.1. 1994.150

Perpustakaan Unika

ABSTRAK

Dewasa ini peningkatan penggunaan peralatan berbasis komputer mendominasi perkantoran karena dapat membantu mempercepat pekerjaan manusia. Komputer merupakan beban tak linier satu fasa, namun karena penggunaan komputer yang sangat banyak dan tersebar di gedung perkantoran, maka komputer mengambil satu fasa yang berasal dari jaringan tiga fasa. Catu daya peralatan berbasis komputer menyebabkan arus masukan terdistorsi, sehingga arus mengandung komponen–komponen harmonisa. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai RMS arus netral mencapai 1.73 kali RMS arus fasa akibat adanya harmonisa orde kelipatan tiga. Arus netral mengakibatkan berbagai dampak negatif, antara lain distorsi tegangan, penurunan tegangan fasa dan pemanasan berlebih kawat netral. Analisis terhadap data–data hasil pengukuran serta foto bentuk gelombang diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi yang tepat untuk mengurangi maupun mengeliminasi dampak adanya arus netral.

Perpustakaan Unika

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena dengan segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya yang menjadi tugas studi penulis sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Elektro dan Informasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta yang telah memberikan dorongan serta doa restu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak–pihak yang telah banyak membantu selama pelaksanaan tugas akhir :

1. Bapak Dr. F. Budi Setiawan, ST, MT; selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro dan Informasi UNIKA Soegijapranata Semarang, yang telah memberikan saya izin untuk melaksanakan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT; selaku dosen pembimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini, telah memberikan saran, kritik, dan semangat hingga selama proses penyusunan laporan akhir.
3. Bapak Yulianto Tedjo Putranto, ST, MT; selaku dosen wali, yang telah membimbing, memberi saran dan kritik kepada penulis selama kuliah di Fakultas Teknik Elektro dan Informasi UNIKA Soegijapranata.

Perpustakaan Unika

4. Mas Emanuel Agung Nugroho; selaku pendamping laboratorium, yang telah memberikan informasi mengenai segala hal yang diperlukan selama pengerjaan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Elektro dan Informasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
6. Sahabatku; Alexander Suryajaya yang selalu menemani dalam penelitian, pengukuran, serta dalam proses pengerjaan tugas akhir penulis.
7. Teman–teman Fakultas Teknik Elektro dan Informasi angkatan 2006 : Bobby, Christian, Johanes, Lucky, Yohanes, Rendi, Riko, Moko, Ronny, Adhi, Endi, Suthe, Ibnu, Danny, Yoseph, dan Wiwit.

Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu–persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan tugas akhir dan penulisan laporan ini. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangannya, maka penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik dari berbagai pihak untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Penulis juga berharap laporan tugas akhir ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya

Akhirnya besar harapan penulis bahwa laporan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi kemajuan ilmu dan teknologi di lingkungan kampus Fakultas Teknik Elektro dan Informasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Semarang, Maret 2011

Penulis

Perpustakaan Unika

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL……i

PENGESAHAN……...ii

ABSTRAK……..…iii

KATA PENGANTAR……iv

DAFTAR ISI……...vi

DAFTAR GAMBAR……..ix

DAFTAR TABEL……..xii

DAFTAR LAMPIRAN.....xiii

BAB I PENDAHULUAN……...1

1.1. Latar Belakang……...1

1.2. Perumusan Masalah……...2

1.3. Pembatasan Masalah……..3

1.4. Tujuan dan Manfaat……...3

1.5. Metodologi Penelitian……4

1.6. Sistematika Penulisan……5

BAB II LANDASAN TEORI……6

2.1. Pendahuluan……...6

2.2. Jaringan Tiga Fasa..……...7

2.2.1. Jaringan Tiga Fasa Tiga Kawat……...……...8

Perpustakaan Unika

2.2.2. Jaringan Tiga Fasa Empat Kawat……..……..9

2.3. Harmonisa……....……..…..……11

2.4. Beban Tak Linier.....……..……..15

2.5. Deret Fourier……18

BAB III ARUS NETRAL PADA SISTEM TIGA FASA EMPAT KAWAT…..21

3.1. Pendahuluan…….21

3.2. Arus Netral……..……..……...23

3.2.1. Penurunan Persamaan Harmonisa Arus Netral……..…23

3.2.2. Perbandingan Nilai RMS Arus Netral Terhadap Arus Fasa……..25

3.3. Efek Arus Netral Terhadap Jaringan……...28

3.3.1. Distorsi Tegangan……..28

3.3.2. Penurunan Tegangan Fasa……30

3.3.3. Pemanasan Berlebih pada Kawat Netral……32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN…….……34

4.1. Pendahuluan…….34

4.2. Peralatan Berbasis Komputer.....35

4.2.1. Komputer.....35

4.2.2. Monitor *Cathode Ray Tube* (CRT).....37

4.2.3. Monitor *Liquid Crystal Display* (LCD).....39

4.3. Data Hasil Pengukuran dan Simulasi……..41

4.3.1. Hasil Pengukuran dan Simulasi pada Fasa R…….42

Perpustakaan Unika

4.3.2. Hasil Pengukuran dan Simulasi pada Fasa S……..…45

4.3.3. Hasil Pengukuran dan Simulasi pada Fasa T……..…48

4.3.4. Hasil Pengukuran dan Simulasi pada Kawat Netral..……51

4.4. Pembahasan…….53

BAB V PENUTUP……....58

5.1. Kesimpulan……..58

5.2. Saran……59

DAFTAR PUSTAKA……60

Perpustakaan Unika

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. (a). Sistem Tiga Fasa Tiga Kawat Hubungan Delta.....8

Gambar 2.1. (b). Fasor Sistem Tegangan Tiga Fasa Tiga Kawat.....8

Gambar 2.2. Sistem Tegangan Tiga Fasa……..……10

Gambar 2.3. (a). Sistem Tiga Fasa Empat Kawat Hubungan Bintang.....11

Gambar 2.3. (b). Fasor Sistem Tegangan Tiga Fasa Empat Kawat.....11

Gambar 2.4. Pemodelan Harmonisa pada Sistem……..12

Gambar 2.5. Urutan Fasa pada Sistem Tegangan Tiga Fasa.....14

Gambar 2.6. (a). Rangkaian Pengganti untuk Beban Linier……..……15

Gambar 2.6. (b). Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Beban Linier……..….15

Gambar 2.7. (a). Rangkaian Pengganti untuk Beban Tak Linier……..….16

Gambar 2.7. (b). Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Beban Tak Linier…....16

Gambar 2.8. Prinsip Kerja *Switch-Mode Power Supply*…….....…….……17

Gambar 2.9. Analisis Gelombang Kotak Menggunakan Deret Fourier……....19

Gambar 3.1. (a). Sistem Tiga Fasa Seimbang Berbeban Linier…….....…….…22

Gambar 3.1. (b). Sistem Tiga Fasa Seimbang Berbeban Tak Linier…….....…..…22

Gambar 3.2. Penurunan Tegangan pada Kabel……..……31

Gambar 4.1. Pemodelan Catu Daya Komputer……..35

Gambar 4.2. Arus Masukan Komputer……..36

Gambar 4.3. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Masukan Komputer ……...36

Gambar 4.3. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Masukan Komputer.....36

Gambar 4.4. Pemodelan Catu Daya Monitor CRT…..……..37

Perpustakaan Unika

Gambar 4.5. Arus Masukan Monitor CRT.....38

Gambar 4.6. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Masukan Monitor CRT...……...38

Gambar 4.6. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Masukan Monitor CRT.....38

Gambar 4.7. Pemodelan Catu Daya Monitor LCD.....39

Gambar 4.8. Arus Masukan Monitor LCD.....40

Gambar 4.9. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Masukan Monitor LCD.....40

Gambar 4.9. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Masukan Monitor LCD.....40

Gambar 4.10. Sistem Komputer pada Jaringan Tiga Fasa Empat Kawat ….....41

Gambar 4.11. Arus Masukan Fasa R……..……..43

Gambar 4.12. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Masukan Fasa R……..…..43

Gambar 4.12. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Masukan Fasa R…….....43

Gambar 4.13. Tegangan Fasa R pada SDP……..……..…44

Gambar 4.14. (a). Hasil Simulasi Sinyal Tegangan Fasa R pada SDP...…..…..…44

Gambar 4.14. (b). Hasil FFT Tegangan Fasa R pada SDP…..……..…….……44

Gambar 4.15. Tegangan Fasa R pada Stop Kontak……..……..……45

Gambar 4.16. (a). Hasil Simulasi Sinyal Tegangan Fasa R pada Stop Kontak …45

Gambar 4.16. (b). Hasil FFT Tegangan Fasa R pada Stop Kontak ……...…...45

Gambar 4.17. Arus Masukan Fasa S……..……..……..

Gambar 4.18. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Masukan Fasa S…….....…….47

Gambar 4.18. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Masukan Fasa S…...…...47

Gambar 4.19. Tegangan Fasa S pada SDP……...……..…47

Gambar 4.20. (a). Hasil Simulasi Sinyal Tegangan Fasa S pada SDP...…..……...48

Gambar 4.20. (b). Hasil FFT Tegangan Fasa S pada SDP…..……...…….…..…….48

Perpustakaan Unika

Gambar 4.21. Arus Masukan Fasa T……..……..……..……49

Gambar 4.22. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Masukan Fasa T……..……..…49

Gambar 4.22. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Masukan Fasa T……...…49

Gambar 4.23. Tegangan Fasa T pada SDP……...……...……..…50

Gambar 4.24. (a). Hasil Simulasi Sinyal Tegangan Fasa T pada SDP...……...50

Gambar 4.24. (b). Hasil FFT Tegangan Fasa T pada SDP…..……..……..……50

Gambar 4.25. Arus pada Kawat Netral……..……52

Gambar 4.26. (a). Hasil Simulasi Sinyal Arus Netral……..…….52

Gambar 4.26. (b). Hasil Fast Fourier Transform Arus Netral……..…….52

Gambar 4.27. Tegangan Netral Terhadap *Ground*……..……...53

Gambar 4.28. (a). Hasil Simulasi Sinyal Tegangan Netral Terhadap *Ground*…..53

Gambar 4.28. (b). Hasil FFT Tegangan Netral Terhadap *Ground*……....53

Perpustakaan Unika

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan Masukan Komputer.....36

Tabel 4.2. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan Masukan Monitor CRT....37

Tabel 4.3. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan Masukan Monitor LCD...39

Tabel 4.4. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan Fasa R…….42

Tabel 4.5. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan Fasa S……..46

Tabel 4.6. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan Fasa T……..48

Tabel 4.7. Komponen Harmonisa Arus dan Tegangan pada Kawat Netral……...51

Perpustakaan Unika

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A SKEMA RANGKAIAN CATU DAYA KOMPUTER.....61

LAMPIRAN B SKEMA RANGKAIAN CATU DAYA MONITOR.....62