

TUGAS AKHIR

**Simulasi dan Desain *Single Tuned Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa
Pada Pengoperasian *Variable Speed Drive (VSD)* Dengan *Software ETAP*
*Power Station 12.6.0***

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat
Dalam mencapai gelar Strata Satu (S1)**



Disusun Oleh

**Nama : Raden Adlin Kristian Sitanggang
NIM : 41415310054
Program Studi : Teknik Elektro**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Raden Adlin Kristian Sitanggang
NIM : 41415310054
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Simulasi dan Desain *Single Tuned Filter*

Untuk Mereduksi Arus Harmonisa Pada
Pengoperasian *Variable Speed Drive (VSD)*
Dengan Software *ETAP Power Station 12.6.0*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Raden Adlin Kristian Sitanggang

LEMBAR PENGESAHAN

**Simulasi dan Desain *Single Tuned Filter* Untuk Mereduksi
Harmonisa
Pada Pengoperasian *Variable Speed Drive (VSD)* Dengan *Software
ETAP Power Station 12.6.0***

Disusun Oleh :

Nama : Raden Adlin Kristian Sitanggang
NIM : 41415310054
Jurusan : Teknik Elektro

Pembimbing,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Dr. Andi Adriansyah, M,Eng

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi


Dr. Setiyo Budiyanoto, MT

ABSTRAK

Simulasi dan Desain *Single Tuned Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Pengoperasian *Variable Speed Drive (VSD)* Dengan menggunakan Program *ETAP Power Station 12.6.0*

Dalam dunia industri, penggunaan motor induksi 3 fasa sebagai alat untuk proses produksi tidak dapat dipisahkan. Namun dalam penggunaannya diperlukan sistem pengontrolan yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putar motor. *Variable Speed Drive (VSD)* merupakan pengontrolan yang sering digunakan untuk pengaturan kecepatan motor. VSD merupakan beban non linear. Pemakaian beban non linear akan menghasilkan bentuk gelombang arus dan tegangan sinusoidal yang tidak murni. Penggunaan VSD dalam suatu sistem daya listrik dapat menyebabkan kerugian yang ditimbulkan dari harmonisa yang dihasilkan.

Pada Skripsi ini akan didesain sebuah *single tuned filter* untuk mengatasi distorsi harmonik yang dihasilkan oleh VSD. *Single Tuned Filter* akan didesain sesuai dengan besarnya distorsi harmonik yang ditimbulkan dan besarnya daya yang dibutuhkan pada saat pengoperasian VSD pada sistem tenaga listrik tersebut yang diperoleh dari hasil pengukuran selama 3 hari.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, maka dapat didesain sebuah *single tuned filter* yang sesuai untuk dipasang pada sistem dan dilakukan pengujian dengan cara simulasi menggunakan Program *ETAP Power Station 12.6.0*. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa filter rancangan dapat berfungsi dengan baik dan berhasil mereduksi harmonik arus sesuai dengan yang diharapkan, yaitu dibawah standar IEEE < 25 %

Kata Kunci : *Harmonisa, Single Tuned Filter, VSD*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat, karunia serta tuntunannya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan persyaratan bagi mahasiswa Universitas Mercubuana, Jurusan Teknik, Program Studi Teknik Elektro, untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata I di Universitas Mercubuana. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan hingga saat penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr Setiyo Budianto, MT Selaku koordinator Tugas Akhir dan juga Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana
2. Bapak Dr. Andi Andriansyah M.Eng Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu penulis dan telah menyumbangkan waktu, pikiran, dan tenaga saat membimbing penulis dalam penulisan Skripsi ini
3. Kepada Orang Tua Penulis yang selalu memberikan motivasi dan dukungan moril terhadap penulis sehingga Skripsi ini dapat selesai dengan waktu yang sudah ditentukan
4. Kepada semua pihak yang terlibat dalam dalam penulisan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk membantu memperbaiki kekurangan dalam pembuatan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi yang membacanya

Jakarta, 17 Februari 2017

Penulis

Raden Adlin Kristian Sitanggang

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Tugas Akhir	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metoda Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Teori Harmonisa.....	4
2.1.1 Orde Harmonisa.....	5
2.1.2 Harmonik Hanjil dan Genap	6
2.2 Proses Terjadinya Harmonisa	6
2.3 Distorsi Harmonisa	7
2.4 Persamaan Harmonisa.....	8
2.5 Efek Harmonisa.....	11
2.5.1 Efek Negatif Jangka Pendek	12
2.5.1 Efek yang Bersifat Berkelanjutan	13
2.6 Standar IEEE Unruk Harmonisa	16
2.7 Filter Harmonisa	16
2.7.1 Filter Pasif	17
2.7.2 Filter Aktif	19
2.8 Single Tuned Filter	23
2.9 Batas Komponen Filter	25

2.9.1 Kapasitor	25
2.9.2 Induktor	26
2.10 Pengertian VSD (Variable Speed Drive)	27
2.10.1 Prinsip Kerja VSD	27
2.10.2 Jenis-Jenis VSD	31

BAB III METODE PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DAN HASIL PENGUKURAN

3.1 Indetifikasi Masalah dan Hipotesa Awal	35
3.2 Metoda Pengukuran Harmonisa pada VSD	36
3.3 Spesifikasi Alat Ukur	37
3.4 Metode Desain Single Tuned Filter	39
3.5 Distorsi Harmonisa dan Spektrum THD Tegangan	43
3.6 Distorsi Harmonisia dan Spektrum THD Arus	47
3.7 Orde Penyumbang Harmonisa pada VSD	51

BAB IV PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DAN SIMULASI FILTER

4.1 Desain filter Pasif Single Tuned	60
4.2 Simulasi Pemasangan Filter Pasif Menggunakan Etap Power Station 21.6.0	66
4.3 Simulasi Pemasangan Single Tuned Filter	69
4.3.1 Simulasi Sebelum Pemasangan Filter	70
4.3.2 Simulasi Setelah pemasangan Filter	77

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	88
Daftar Pustaka	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar distorsi harmonisa untuk Arus	16
Tabel 2.2 Standar untuk distorsi harmonisa untuk Tegangan	16
Tabel 2.3 Perbandingan Filter Pasif dan Filter Aktif	21
Tabel 3.1 Total Harmonik Distortion Tegangan (THD-F V).....	44
Tabel 3.2 Total Harmonik Distortion Tegangan (THD-F V).....	47
Tabel 3.3 Individual Harmonic Distortion (IHDF – V) Senin 23/01/2017.....	52
Tabel 3.4 Individual Harmonic Distortion (IHDF – V) Selasa (24/01/2017).....	53
Tabel 3.5 Individual Harmonic Distortion (IHDF – V) Rabu (25/01/2017).....	54
Tabel 3.6 Individual Harmonic Distortion (IHDF – I) Senin 23/01/2017	56
Tabel 3.7 Individual Harmonic Distortion (IHDF – I) Selasa (24/01.2017).....	57
Tabel 3.8 Individual Harmonic Distortion (IHDF – I) Rabu (25/01/2017)	58
Tabel 4.1 Konsumsi Penggunaan daya VSD	62
Tabel 4.2 Perhitungan Spesifikasi Rating Komponen Filter.....	65
Tabel 4.3 Hasil Perbedaan Distorsi Harmonisa Arus antara Simulasi dan Pengukuran	70
Tabel 4.4 Hasil Simulasi THD-I Setelah Pemasangan Filter	79
Tabel 4.5 Spesifikasi Komponen Filter Hari Rabu 25/01/2017.....	80
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan THDF-I Sebelum dan sesudah difilter dengan Filter C	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Gelombang Hasil distorsi Harmonik	4
Gambar 2.2 Perbandingan bentuk gelombang tegangan dan arus	5
Gambar 2.3 Representase Deret Fourier dari gelombang yang terdistorsi	5
Gambar 2.4 Representasi Distorsi gelombang akibat Harmonik	7
Gambar 2.5 Representasi Gelombang yang terdistorsi di setiap orde harmonik	8
Gambar 2.6 Contoh Rangkaian Beban Non Linear	9
Gambar 2.7 Representase Dampak Arus Harmonisa	9
Gambar 2.8 Ilustrasi Cara Kerja Filter harmonisa	17
Gambar 2.9 Jenis - Jenis Filter Harmonisa	19
Gambar 2.10 Rangkaian Filter Aktif Paralel.....	20
Gambar 2.11 Rangkaian Filter Aktif Seri	20
Gambar 2.12 Rangkaian Single Tuned Filter dan Karakteristiknya	23
Gambar 2.13 Variable Speed Drive (VSD).....	27
Gambar 2.14 Proses pencacahan Gelombang pada VSD.....	28
Gambar 2.15 Gelombang yang di hasilkan oleh Inverter	30
Gambar 2.16 Prinsip Kerja sederhana VSD.....	31
Gambar 2.17 Variable Voltage Inverter Circuit.....	32
Gambar 2.18 Current Source Inverter Circuit.....	33
Gambar 2.19 Pulse Width Modulation Circuit (PWM)	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	34

Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran	37
Gambar 3.3 Fluke Power Quality and Energy Analyzer Measurement	38
Gambar 3.4 Rangkaian Kerja Filter harmonic	43
Gambar 3.5 Gelombang Sinusoidal THD Tegangan	44
Gambar 3.6 Spektrum THD Tegangan	45
Gambar 3.7 Spektrum THD Tegangan Phasa R	45
Gambar 3.8 spectrum THD Tegangan Phasa S.....	46
Gambar 3.9 Spektrum THD Tegangan Phasa T.....	46
Gambar 3.10 Gelombang THDF- I Phasa R	46
Gambar 3.11 Spektrum THDF-I Phasa R	48
Gambar 3.12 Gelombang THDF-I Phasa S	48
Gambar 3.13 Spektrum THD I Phasa S	49
Gambar 3.14 gelombang THD F- I phasa T	50
Gambar 3. 15 Spektrum THDF-I Phasa T	50
Gambar 4.1 Diagram alir Perancangan Filter	61
Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Simulasi Pemasangan Filter	67
Gambar 4.3 Rangkaian Simulasi SLD Pengoperasian VSD	68
Gambar 4.4 Penambahan Harmonic Library	69
Gambar 4.5 Gelombang THDF-I Fasa R hari Senin 23/01/2017 sebelum difilter	69
Gambar 4.6 Spektrum THDF-I Fasa R hari Senin 23/01/2017 sebelum difilter	71
Gambar 4.7 Gelombang THDF-I Fasa S hari Senin 23/01/2017 sebelum difilter.....	71

Gambar 4.8 Spektrum THDF-I Fasa S hari Senin 23/01/2017 sebelum difilter.....	71
Gambar 4.9 Gelombang THDF-I Fasa T hari Senin 23/01/2017 sebelum difilter.....	72
Gambar 4.10 Spektrum THDF-I Fasa T hari Senin 23/01/2017 sebelum difilter.....	72
Gambar 4.11 Gelombang THDF-I Fasa R hari Selasa 24/01/2017 sebelum difilter	73
Gambar 4.12 Spektrum THDF-I Fasa R hari Selasa 24/01/2017 sebelum difilter	73
Gambar 4.13 Gelombang THDF-I Fasa S hari Selasa 24/01/2017 sebelum difilter.....	73
Gambar 4.14 Spektrum THDF-I Fasa S hari Selasa 24/01/2017 sebelum difilter.....	74
Gambar 4.15 Gelombang THDF-I Fasa T hari Selasa 24/01/2017 sebelum difilter	74
Gambar 4.16 Spektrum THDF-I Fasa T hari Selasa 24/01/2017 sebelum difilter.....	74
Gambar 4.17 Gelombang THDF-I Fasa R hari Rabu 25/01/2017 sebelum difilter.....	75
Gambar 4.18 Spektrum THDF-I Fasa R hari Rabu 25/01/2017 sebelum difilter	75
Gambar 4.19 Gelombang THDF-I Fasa S hari Rabu 25/01/2017 sebelum difilter	76
Gambar 4.20 Spektrum THDF-I Fasa S hari Rabu 25/01/2017 sebelum difilter.....	76
Gambar 4.21 Gelombang THDF-I Fasa T hari Rabu 25/01/2017 sebelum difilter	76
Gambar 4.22 Spektrum THDF-I Fasa T hari Rabu 25/01/2017 sebelum difilter	76
Gambar 4.23 Rangkaian Simulasi Pemasangan Filter	78
Gambar 4.24 Gelombang THDF-I Fasa R Senin 23/01/2017 setelah difilter.....	81
Gambar 4.25 Spektrum THDF-I Fasa R Senin 23/01/2017 setelah difilter.....	81
Gambar 4.26 Gelombang THDF-I Fasa S Senin 23/01/2017 setelah difilter	81
Gambar 4.27 Spektrum THDF-I Fasa S Senin 23/01/2017 setelah difilter	82
Gambar 4.28 Gelombang THDF-I Fasa T Senin 23/01/2017 setelah difilter	82

Gambar 4.29 Spektrum THDF-I Fasa T Senin 23/01/2017 setelah difilter	82
Gambar 4.30 Gelombang THDF-I fasa R Selasa 24/01/2017 setelah difilter.....	83
Gambar 4.31 Spektrum THDF-I fasa R Selasa 24/01/2017 setelah difilter.....	83
Gambar 4.32 Gelombang THDF-I fasa S Selasa 24/01/2017 setelah difilter	83
Gambar 4.33 Spektrum THDF-I fasa S Selasa 24/01/2017 setelah difilter	84
Gambar 4.34 Gelombang THDF-I Fasa T Selasa 24/01/2017 setelah difilter.....	84
Gambar 4.35 Spektrum THDF-I Fasa T Selasa 24/01/2017 setelah difilter	84
Gambar 4.36 Gelombang THDF-I fasa R Rabu 25/01/2017 setelah difilter	84
Gambar 4.37 Spektrum THDF-I Fasa R Rabu 25/01/2017 setelah difilter	84
Gambar 4.38 Gelombang THDF-I Fasa S Rabu 25/01/2017 setelah difilter.....	84
Gambar 4.39 Spektrum THDF-I fasa S Rabu 25/01/2017 setelah difilter.....	86
Gambar 4.40 Gelombang THDF-I fasa T Rabu 25/01/2017 setelah difilter	86
Gambar 4.41 Spektrum THDF-I fasa T Rabu 25/01/2017 setelah difilter.....	86

