



**DESAIN DAN SIMULASI *HIGH PASS FILTER SECOND ORDER* DAN *C-TYPE FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN KUALITAS DAYA DI INDUSTRI OTOMOTIF**

**TESIS**

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**OLEH:**

**MOCHAMAD IRLAN MALIK**

**NIM: 55420110020**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**2022**



**DESAIN DAN SIMULASI *HIGH PASS FILTER SECOND ORDER DAN C-TYPE FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN KUALITAS DAYA DI INDUSTRI OTOMOTIF**



**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pasca Sarjana Program Magister Teknik Elektro**

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**OLEH:**

**MOCHAMAD IRLAN MALIK**

**NIM: 55420110020**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
2022**

## ABSTRAK

Distribusi listrik merupakan salah satu parameter yang paling penting dalam jalannya proses industri. Maka diperlukannya kualitas daya yang baik sebagai pasokan ke mesin-mesin industri. Penggunaan Mesin mesin industri, berdampak timbulnya harmonisa. Akibat besarnya Harmonisa Kualitas daya semakin memburuk sehingga mempengaruhi produktifitas di industri. oleh karena itu untuk memaksimalkan suplai tenaga listrik dikonsumsi maka sample di ambil dengan menggunakan *Power Quality Analyzer* pada Trafo 800 kVA disisi Skunder Trafo. Maka didapat THDi (Total Harmonic Distortion) Fasa L1 sebesar 23,1% fasa L2 sebesar 24,7% dan fasa L3 sebesar 21% dan IHDi (Individual Harmonic Distortion) pada ordo ke 5 di fasa L1 18,3% fasa L2 20,7% dan fasa L3 sebesar 16,6% dengan mengacu pada (IEEE Std 3002.8-2018) dan (SPLN D5.004-1:2012) nilai IHDi tidak boleh lebih dari 7%. Kemudian disimulasikan menggunakan Matlab/Simulink dengan mendesain *High Pass Filter Second Order* dan *C-Type Filter*. Hasil yang diperoleh dengan menggabungkan kedua filter tersebut diperoleh hasil THDi pada fasa L1 2,53% fasa L2 2,69% dan fasa L3 2,22% dan iHDI pada ordo ke 5 fasa L1 1,48% fasa L2 1,62% dan fasa L3 1,33%.

**Kata Kunci :** Harmonisa, Total Harmonic Distortion (THDi), Individual Harmonic Distortion (IHDi), Highpass Filter Second Order, C-Type Filter, Kualitas Daya, Industri Otomotif

## ABSTRACT

Electrical distribution is one of the most important parameters in handling industrial processes. Therefore, good power quality is needed as a supply for industrial machines. The use of industrial machines has an impact on the emergence of harmonics. As a result of the magnitude of Quality Harmonics getting worse, it affects productivity in the industry. Therefore, to maximize the consumer's electric power, samples were taken using a Power Quality Analyzer on an 800 kVA transformer on the secondary side of the transformer. Then obtained THDi (Total Harmonic Distortion) Phase L1 of 23.1%, phase L2 of 24.7% and phase L3 of 21% and IHDi on the 5th order in phase L1 18.3%, phase L2 20.7% and phase L3 16.6% with reference to (IEEE Std 3002.8-2018) and (SPLN D5.004-1:2012) the IHDi (Individual Harmonic Distortion) value should not be more than 7%. Then simulated using Matlab/Simulink by designing the High Pass Filter Second Order and C-Type Filter. The results obtained by combining the two filters obtained THDi results at L1 phase 2,53%, L2 phase 2,69% and L3 phase 2.22% and iHDI at order 5, L1 phase 1,482%, L2 phase 1,62% and L3 phase 1, 33%.

**Keywords :** Harmonics, Total Harmonic Distortion (THDi), Individual Harmonic Distortion (IHDi), Highpass Filter Second Order, C-Type Filter, Power Quality, Automotive Industry

## PENGESAHAN TESIS

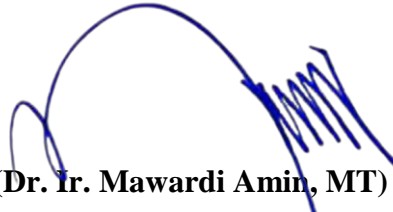
Judul : Desain dan Simulasi *High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Daya di Industri Otomotif  
Nama : Mochamad Irlan Malik  
NIM : 55420110020  
Program : Pasca Sarjana Magister Teknik Elektro  
Konsentrasi : Management Telekomunikasi  
Tanggal : 12 September 2022

Mengesahkan  
Pembimbing

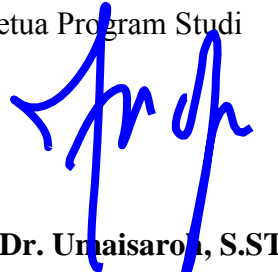
UNIVERSITAS  
MERCUBUANA

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Dekan Fakultas Teknik

  
(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT)

Ketua Program Studi

  
(Dr. Umairah, S.ST)

## PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Mochamad Irlan Malik

NIM : 55420110020

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Dengan judul “Desain dan Simulasi *High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Daya di Industri Otomotif” telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 10 Agustus 2022, didapatkan nilai persentase sebesar 27%.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 10 Agustus 2022

Administrator Turnitin



Arie Pangudi, A.Md

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, dengan sebenar-benarnya bahwa semua Pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Desain dan Simulasi *High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Daya di Industri Otomotif  
Nama : Mochamad Irlan Malik  
NIM : 55420110020  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Konsentrasi : Manajemen Telekomunikasi  
Tanggal : 12 Agustus 2022

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, design, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana. Tesis ini belum pernah di ajukan untuk memperoleh gelar magister pada program sejenis diperguruan tinggi lain. Semoga Informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 2 Maret 2022



**Mochamad Irlan Malik**

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Rasa syukur penulis yang selalu panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala limpahan rahmat dan karunia yang telah diberikan kepada hambanya. Salawat dan Salam juga penulis haturkan kepada Nabi Besar Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam. Alhamdulillah atas hidayah dan inayah-Nya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan judul *Desain dan Simulasi High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Sebagai Upaya untuk Perbaikan Kualitas Daya di Industri Otomotif.*

Penulisan laporan penelitian (Tesis) ini dilaksanakan dalam rangka perolehan gelar Magister Teknik (MT) pada Program Studi Magister Teknik Elektro di Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana Jakarta. terselesaikannya rangkaian penelitian ini tidaklah luput dari peran serta berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan arahan, sehingga proses penelitian awal sampai dengan akhir dari penyusunan Tesis ini tidaklah menemui hambatan yang berarti. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Eko Ihsanto, M. Eng. selaku Dosen Pembimbing, yang telah dengan sabar memberikan bimbingannya sejak awal proses penelitian hingga akhir penyusunan Tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Andi Andriansyah M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.



4. Ibu Dr. Umairah, S.ST selaku ketua program studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
5. Istriku Tercinta Erika Ambarsari, S.Pd yang selalu mendukung baik secara Moril maupun materil
6. Anak ku Muhammad Gaza Malik yang selalu menjadikan Motivasi Abi untuk mengenyam pendidikan yang lebih tinggi
7. Mamah tercinta Ibu Nolis Rohaeti yang telah dipanggil Allah SWT disaat seminggu lagi saya akan merayakan wisuda Sarjana (S1) sehingga menjadi Motivasi penulis ingin melanjutkan ke tahap Pascasarjana (S2).
8. Ayahku Bapak H.Tatang Supriatna dan Ibu Sambungku Sri Ummyati Syarifah, S.Pd yang telah memberikan doa dan Motivasi sehingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
9. Mertuaku yang telah memberikan doa dan Motivasi sehingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
10. Saudara Kembarku Mochamad Ihsan Malik, A.Md yang telah memberikan dukungan penulis dalam menyusun Tesis ini.
11. Dosen dan Staff Universitas Mercu Buana yang telah mempermudah penulis dalam menyusun Tesis ini.
12. Kawan-kawan Mahasiswa Magister Teknik Elektro Angkatan Ke-27, yang telah memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan Tesis ini.

Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala Memberikan Balasan yang melipat ganda kepada semua pihak yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tesis ini, akhir kata penulis berharap semoga penulisan ini dapat bermanfaat bagi menulis, para pembaca dan almamater tercinta.

Bekasi, 12 Agustus 2022



Mochamad Irlan Malik

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN ABSTRAK.....	ii
HALAMAN ABSTRACT .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN SIMILARITY CHECK.....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	vi
HALAMAN KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
BAB I.....	1
1    PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang Masalah .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	12
1.3    Tujuan Penelitian .....	13
1.4    Sasaran dan Kontribusi Penelian .....	13
1.5    Batasan Masalah .....	14
BAB II.....	15
2    KAJIAN PUSTAKA.....	15

2.1	Industri Otomotif .....	15
2.2	Kualitas Daya.....	15
2.3	Kualitas Daya di Industri .....	20
2.4	Beban Non Linear .....	23
2.5	Harmonisa.....	25
2.6	Harmonisa Pada Sistem Tenaga .....	27
2.7	Harmonik Distorsi.....	32
2.8	Distorsi Harmonik Individu.....	33
2.9	Total Harmonic Distorsi (THD).....	33
2.10	Distorsi Harmonisa Tegangan Total (THDv).....	35
2.11	Distorsi Harmonisa Arus Total (THDi).....	36
2.12	Distorsi Arus Total ( <i>Total Demand Distortion</i> - TDD).....	37
2.13	Standar Harmonisa.....	38
2.14	Batasan harmonisa Yang di Rekomendasi .....	40
2.14.1	Batasan Distorsi Harmonisa Tegangan.....	40
2.14.2	Batasan Distorsi Harmonisa Arus.....	41
2.15	Arus Hubung Singkat.....	43
2.16	Faktor Daya.....	44
2.17	Passive Filter.....	51
2.18	Model Filter .....	55
2.19	High Pass Filter Second Order.....	56
2.19.1	Desain High Pass Filter Second Order .....	59
2.20	C-Type Filter.....	61

2.20.1 Desain C-Type Filter .....	63
BAB III .....	66
3    METODELOGI PENELITIAN .....	66
3.1    Metode Penelitian .....	66
3.2    Spesifikasi Teksis.....	66
3.3    Teknik Pengukuran .....	68
3.4    Flow Chart Penelitian .....	70
3.5    Hasil Pengukuran Daya .....	71
3.5    Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	71
3.6    Hasil Pengukuran IHDi dan IHDv.....	73
3.6.1 Hasil Pengukuran IHDi.....	73
3.6.2 Hasil Pengukuran IHDv.....	75
3.7    Kalkulasi High Pass Filter Second Order .....	77
3.8    Kalkulasi C-Type Filter.....	81
3.9    Desain High Pass Filter Second Order .....	84
3.10    Desain C-Type Filter .....	85
3.11    Desain Kombinasi Filter .....	86
BAB IV .....	87
4    ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	87
4.1    Permodelan Sistem Simulasi Sebelum Pemasangan Filter.....	87
4.2    Permodelan Sistem Simulasi High Pass Filter Second Order.....	91
4.3    Permodelan Sistem Simulasi C-Type Filter.....	94

4.4	Permodelan Sistem Simulasi Kombinasi Filter .....	97
4.5	Analisa Hasil Uji Simulasi.....	100
BAB V.....		106
5	PENUTUP.....	106
5.1	Kesimpulan.....	106
5.2	Saran .....	108
DAFTAR PUSTAKA .....		109



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Layout Industri Otomotif .....	16
Gambar 2.2 Sample Grafik Active Power di Industri .....	18
Gambar 2.3 Konsentrasi Kualitas Daya .....	19
Gambar 2.4 Gelombang Sinusoidal Tegangan dan arus Terhadap waktu (t) .....	26
Gambar 2.5 Bentuk Gelombang Arus .....	30
Gambar 2.6 Spektrum Amplitudo Harmonik .....	31
Gambar 2.7 Sample sifat THD <sub>v</sub> yang berubah-ubah waktu .....	31
Gambar 2.8 Sample sifat IHD <sub>v</sub> pada ordo 5 yang berubah-ubah waktu. ....	31
Gambar 2.9 Distorsi Arus dengan resistor Nonlinear. ....	32
Gambar 2.10 Bentuk Gelombang THD Pada Ordo Genap. ....	34
Gambar 2.11 Bentuk Gelombang THD Pada Ordo Ganjil .....	34
Gambar 2.12 Jaringan Listrik di industri Saat Memasok beban tanpa kompensasi... 44	
Gambar 2.13 Segitiga Daya. ....	45
Gambar 2.14 Sample Cos $\phi$ yang berubah-ubah terhadap waktu .....	47
Gambar 2.15 Daya semu di $\phi_1$ dan $\phi_2$ .....	48
Gambar 2.16 Arus semu di $\phi_1$ dan $\phi_2$ .....	48
Gambar 2.17 Peningkatan Daya Aktif. ....	49
Gambar 2.18 Penetapan Qc .....	50
Gambar 2.19 Rangkaian Ekuivalen Pemasangan Filter Pasif .....	51
Gambar 2.20 Respon frekuensi low-pass, high-pass, bandpass, dan stopband (takik) filter .....	55
Gambar 2.21 Model Model High Pass Filter. ....	56
Gambar 2.22 Rangkaian High Pass Filter. ....	57
Gambar 2.23 Karakteristik Frekuensi High Pass Filter. ....	58
Gambar 2.24 Rangkaian C-Type Filter .....	61
Gambar 2.25 Karakteristik Frekuensi C-Type Filter. ....	62

Gambar 3.1 Titik Pengukuran.....	66
Gambar 3.2 Pengambilan Sample Pada Trafo 800 kVA .....	69
Gambar 3.3 Flowchart Penelitian .....	70
Gambar 3.4 Bentuk Gelombang IHDi Menggunakan Circutor AR6 .....	74
Gambar 3.5 Hasil Pengukuran IHDi menggunakan Circutor AR6 .....	74
Gambar 3.6 Bentuk Gelombang IHDv Menggunakan Circutor AR6 .....	76
Gambar 3.7 Hasil Pengukuran IHDv menggunakan Circutor AR6 .....	76
Gambar 3.8 Desain High Pass Filter Second Order .....	85
Gambar 3.9 Desain C-Type Filter .....	85
Gambar 3.10 Desain Kombinasi Filter .....	86
Gambar 4.1 Rangkaian Simulasi Tanpa Filter .....	89
Gambar 4.2 Bentuk gelombang sebelum pemasangan Filter .....	90
Gambar 4.3 Hasil Simulasi IHDi Tanpa Filter menggunakan Matlab/Simulink .....	90
Gambar 4.4 Rangkaian Simulasi Highpass Filter Second Order .....	92
Gambar 4.5 Bentuk gelombang High Pass Filter Second Order .....	93
Gambar 4.6 Hasil Simulasi IHDi High Pas Filter Second Order .....	93
Gambar 4.7 Rangkaian Simulasi menggunakan C-Type Filter .....	95
Gambar 4.8 Bentuk Gelombang C-Type Filter.....	96
Gambar 4.9 Hasil Simulasi IHDi C-Type Filter .....	96
Gambar 4.10 Rangkaian Simulasi menggunakan Kombinasi antara High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter .....	98
Gambar 4.11 Bentuk Gelombang Kombinasi Antara High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter .....	99
Gambar 4.12 Hasil Simulasi IHDi Kombinasi Antara High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter .....	99
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan THDi Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter . .....	101
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan IHDi Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter . .....	105

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian yang sudah dilakukan.....	9
Tabel 2.1 Besarnya Harmonik Arus dan Sudut Fase.....	30
Tabel 2.2 Standar Harmonisasi di Dunia.....	39
Tabel 2.3 Standar Harmonisasi Tegangan.....	41
Tabel 2.4 Standar Harmonisasi Arus <66 kV.....	41
Tabel 2.5 Standar Harmonisasi Arus $66 \text{ kV} < V_n \leq 150 \text{ kV}$ .....	42
Tabel 2.6 Standar Harmonisasi Arus >150 kV.....	42
Tabel 3.1 Spesifikasi Trafo.....	67
Tabel 3.2 Spesifikasi Kabel.....	67
Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Daya Menggunakan Power Quality Analyzer.....	71
Tabel 3.4 IHDi yang terukur menggunakan AR6.....	75
Tabel 3.5 IHDv yang terukur menggunakan AR6.....	77
Tabel 3.6 Parameter Filter.....	84
Tabel 4.1 IHDi pada rangkaian simulasi tanpa filter.....	91
Tabel 4.2 IHDi pada rangkaian High Pass Filter Second Order.....	94
Tabel 4.3 IHDi pada rangkaian C-Type Filter.....	97
Tabel 4.4 IHDi Kombinasi antara High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter.....	100
Tabel 4.5 Perbandingan THDi Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter IHDi Kombinasi antara High Pass Filter Second Order dan C-Type Filter.....	101
Tabel 4.6 Perbandingan IHDi Pemasangan Filter.....	104



## DAFTAR SINGKATAN

THD	: Total Harmonic Distortion
THDi	: Total Harmonic Distortion Current
THDv	: Total Harmonic Distortion Voltage
IHD	: Individual Harmonic Distortion
IHDi	: Individual Harmonic Distortion Current
IHDv	: Individual Harmonic Distortion Voltage
TDD	: Total Demand Distortion
PWHD	: Partial Weighted Harmonic Distortion
AC	: Alternating Current
DC	: Direct Current
HVAC	: High Voltage Alternating Current
HVDC	: High Voltage Direct Current
EHV	: Extra High Voltage
HV	: High Voltage
MV	: Medium Voltage
LV	: Low Voltage
KW	: Kilo Watt
KVA	: Kilo Volt Ampere
KVAR	: Kilo Volt Ampere Reactive
PF	: Power Factor
QF	: Quality Factor
ISC	: Short-Circuit Current
IL	: Load Current
LVMDP	: Low Voltage Main Distribution Panel
MVMDP	: Medium Voltage Main Distribution Panel
SDP	: Sub Distribution Panel
CT	: Current Transformer
RMS	: Root Mean Square
FFT	: Fast Fourier Transform
ONAN	: Oil Nature Air Nature
ISD	: Integrated Safety Devised
SPLN	: Standar Perusahaan Listrik Negara
IEEE	: Institute of Electrical Electronic Engineer