



**KAJIAN SENSITIVITAS PADA MANUVER ZIG-ZAG KAPAL DENGAN  
MENGUNAKAN MODEL *WHOLE SHIP***

**SKRIPSI**

**IRFAN MUFID RAMADHAN**

**1910313024**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN**

**2023**



**KAJIAN SENSITIVITAS PADA MANUVER ZIG-ZAG KAPAL DENGAN  
MENGUNAKAN MODEL *WHOLE SHIP***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**IRFAN MUFID RAMADHAN**

**1910313024**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN**

**2023**

## PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

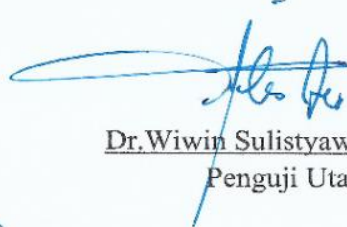
Nama : Irfan Mufid Ramadhan

NIM : 1910313024

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Kajian Sensitivitas pada Manuver Zig-zag Kapal dengan menggunakan Model *Whole Ship*

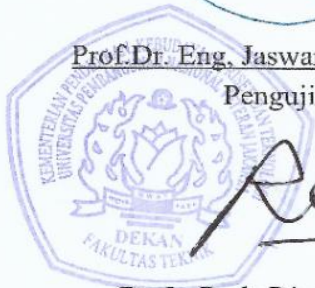
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST.MT  
Penguji Utama



Prof. Dr. Eng. Jaswar, C.Eng., C Mar.Eng  
Penguji Lembaga



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc., M.Si., IPU.,  
ASEAN Eng.  
Dekan Fakultas Teknik



Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D  
Penguji 1 (Pembimbing)



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST.MT  
Kepala Program Studi  
Teknik Perkapalan

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 11 Januari 2023

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

### KAJIAN SENSITIVITAS PADA MANUVER ZIGZAG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN MODEL *WHOLE SHIP*

Disusun Oleh :

IRFAN MUFID RAMADHAN

1910313024

Menyetujui,

Pembimbing 1



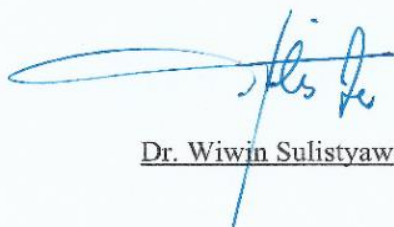
Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D

Pembimbing 2



Dr. Fajri Ashfi Rayhan, ST. MT.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST. MT

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri. dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Irfan Mufid Ramadhan

NIM : 1910313024

Program Studi : Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 11 Januari 2023

Yang menyatakan,



Irfan Mufid Ramadhan

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irfan Mufid Ramadhan  
NIM : 1910313024  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non Exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“KAJIAN SENSITIVITAS PADA MANUVER ZIGZAG KAPAL DENGAN  
MENGUNAKAN MODEL *WHOLE SHIP*”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 11 Januari 2023  
Yang menyatakan,



Irfan Mufid Ramadhan

# KAJIAN SENSITIVITAS PADA MANUVER ZIG-ZAG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN MODEL *WHOLE SHIP*

IRFAN MUFID RAMADHAN

## ABSTRAK

Kemampuan manuver pada kapal perlu di hitung dengan akurat agar tidak terjadi kecelakaan laut. Untuk memprediksi kemampuan manuver kapal dapat menggunakan perhitungan numerik berdasarkan gaya hidrodinamika yang terjadi pada kapal. Kemampuan manuver kapal dinilai berdasarkan uji coba laut, salah satunya adalah manuver zig-zag. Dengan menganalisis pengaruh setiap *hydrodynamic derivatives* terhadap manuver zig-zag maka dapat diketahui *hydrodynamic derivatives* mana yang bisa dieliminasi saat dihitung menggunakan perhitungan numerik. Pada penelitian ini analisis sensitivitas *hydrodynamic derivatives* yang didapatkan menggunakan *whole ship* model akan dianalisis menggunakan *Monte Carlo Simulation* untuk mengetahui pengaruh setiap *hydrodynamic derivatives* terhadap indikator yang mempengaruhi manuver zig-zag  $1^{\text{st}}$  *overshoot* dan  $2^{\text{nd}}$  *overshoot*. Nilai dari *hydrodynamic derivatives* divariasikan dengan standard deviasi 1% - 5%. Hasil analisis sensitivitas akan menghasilkan *hydrodynamic derivatives* mana saja yang tidak terlalu berpengaruh saat kapal melakukan manuver zig-zag. Pada penelitian ini *hydrodynamic derivatives* yang tidak sensitif ( $X_{vr}$ ,  $Y_{vvr}$  dan  $N_{vvv}$ ) ketika dieliminasi tidak terjadi perubahan saat distribusi normalnya dibandingkan dengan yang original, maka dari itu *hydrodynamic derivatives* tersebut tidak berpengaruh terhadap kemampuan manuver zig-zag pada kapal.

**Kata kunci:** Analisis Sensitivitas, Manuver Kapal, *Hydrodynamic derivatives*

# ***SENSITIVITY STUDY OF SHIP ZIG-ZAG MANEUVER USING THE WHOLE SHIP MODEL***

**IRFAN MUFID RAMADHAN**

## ***ABSTRACT***

*Ship maneuverability needs to be calculated accurately to prevent sea accidents. To predict the ship's maneuverability, numerical calculations based on the hydrodynamic forces that occur on the ship can be used. The ship's maneuverability is assessed based on sea trials, one of which is the zig-zag maneuver. By analyzing the effect of each hydrodynamic derivative on the zig-zag maneuver, it can be seen which hydrodynamic derivatives can be eliminated when calculated using numerical calculations. In this study the sensitivity analysis of hydrodynamic derivatives obtained using the whole ship model will be analyzed using Monte Carlo Simulation to determine the effect of each hydrodynamic derivative on the indicators affecting the zig-zag maneuvers of the 1<sup>st</sup> overshoot and 2<sup>nd</sup> overshoot. The value of the hydrodynamic derivative varies with a standard deviation of 1% - 5%. The results of the sensitivity analysis will produce hydrodynamic derivatives which are not too influential when the ship performs zig-zag maneuvers. In this study the insensitive hydrodynamic derivatives ( $X_{vr}$ ,  $Y_{vvr}$  dan  $N_{vvv}$ ) when eliminated did not change their normal distribution compared to the original, therefore these hydrodynamic derivatives had no effect on the ship's zig-zag maneuverability.*

**Keyword :** *Sensitivity Analysis, Ship Maneuvering, Hydrodynamic derivatives*



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrohim*

Dengan mengucapkan rasa puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Kajian Sensitivitas pada Manuver Zig-Zag Kapal dengan menggunakan Model *Whole Ship*” yang mana skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih serta penghargaan yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Anter Venus, MA, Comm selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si. IPU selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Jakarta.
3. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST, MT selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Fajri Ashfi Rayhan, ST. MT selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Ibu, bapak serta adik saya yang selalu memberikan doa dan dukungan semangat kepada saya.
7. Keluarga besar dari ibu dan bapak saya yang selalu memberikan doa dan dukungan semangat kepada saya.
8. Saudara dan saudari Maritim 2019 yang senantiasa dalam suka dan duka serta berbagi ilmu yang dimiliki serta memberi semangat dan dukungan.

9. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan baik dalam penyajian materi hingga sistematika penulisan, oleh sebab itu penulis sangat terbuka untuk kritik dan saran agar melengkapi kekurangan tersebut.

Akhir kata penulis mengucapkan Alhamdulillah, semoga Allah SWT selalu menyertai langkah penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan berpikir serta sebagai bahan referensi dan informasi yang bermanfaat bagi pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Jakarta, 8 Januari 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pendahuluan .....	5
2.2 Equation of Motion .....	9
2.3 Mathematical Model.....	11
2.4 Analisis Sensitivitas dan <i>Monte Carlo Simulation</i> .....	12
2.5 Data Kapal .....	14
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Diagram Alir.....	15
3.1.1 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	16

3.1.2 Studi Literatur .....	16
3.1.3 Pengumpulan Data .....	16
3.1.4 Analisis Sensitivitas Menggunakan <i>Monte Carlo Simulation</i> .....	16
3.1.5 Mengeliminasi <i>Hydrodynamic Derivatives</i> .....	17
3.1.6 <i>Hydrodynamic Derivatives Original</i> .....	17
3.1.7 <i>Hydrodynamic Derivatives Baru</i> .....	17
3.1.8 Grafik Distribusi Normal .....	17
3.1.9 Validasi <i>Hydrodynamic Derivatives</i> .....	17
3.1.10 Hasil Analisis .....	18
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
4.1 Analisis Sensitivitas <i>Hydrodynamic Derivatives</i> .....	19
4.2 Mengeliminasi <i>Hydrodynamic Derivatives</i> .....	27
4.2.1 Eliminasi $Xvr$ (Standard Deviasi 1%) .....	28
4.2.2 Eliminasi $Yvvr$ (Standard Deviasi 1%) .....	30
4.2.3 Eliminasi $Nvvv$ (Standard Deviasi 1%) .....	32
4.2.4 Eliminasi $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ (Standard Deviasi 1%) .....	34
4.2.5 Eliminasi $X\eta\eta\eta$ (Standard Deviasi 1%) .....	36
4.2.6 Eliminasi $Y\delta$ (Standard Deviasi 1%) .....	38
4.2.7 Eliminasi $Nv$ (Standard Deviasi 1%) .....	40
4.2.8 Eliminasi $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ (Standard Deviasi 1%) .....	42
4.2.9 Eliminasi $Xvr$ (Standard Deviasi 5%) .....	44
4.2.10 Eliminasi $Yvvr$ (Standard Deviasi 5%) .....	46
4.2.11 Eliminasi $Nvvv$ (Standard Deviasi 5%) .....	48
4.2.12 Eliminasi $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ (Standard Deviasi 5%) .....	50
4.2.13 Eliminasi $X\eta\eta\eta$ (Standard Deviasi 5%) .....	52
4.2.14 Eliminasi $Y\delta$ (Standard Deviasi 5%) .....	54
4.2.15 Eliminasi $Nv$ (Standard Deviasi 5%) .....	56
4.2.16 Eliminasi $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ (Standard Deviasi 5%) .....	58
<b>BAB 5 KESIMPULAN .....</b>	<b>60</b>

5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 IMO resolution MSC.137 (76).....	7
Tabel 2.2 <i>Hydrodynamic derivatives</i> untuk model Whole Ship .....	14
Tabel 2.3 Ukuran Utama Kapal KVLCC2.....	14
Tabel 4. 1 Hasil analisis <i>Monte Carlo Simulation</i> .....	19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jejak waktu parameter manuver zig-zag .....	6
Gambar 2.2 Enam drajat kebebasan.....	9
Gambar 2.3 Sistem Koordinat.....	10
Gambar 4. 1 Pengaruh $X'$ terhadap sudut <i>overshoot</i> $10^\circ/10$ dan $20^\circ/20$ .....	21
Gambar 4. 2 Pengaruh $Y'$ terhadap sudut <i>overshoot</i> $10^\circ/10$ dan $20^\circ/20$ .....	22
Gambar 4. 3 Pengaruh $N'$ terhadap sudut <i>overshoot</i> $10^\circ/10$ dan $20^\circ/20$ .....	23
Gambar 4. 4 Grafik Distribusi Normal original pada sudut Ovs $10^\circ$ untuk 1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> distandard deviasi 1% .....	24
Gambar 4. 5 Grafik Distribusi Normal original pada sudut Ovs $10^\circ$ untuk 2 <sup>nd</sup> <i>overshoot</i> di standard deviasi 1% .....	24
Gambar 4. 6 Grafik Distribusi Normal original pada sudut Ovs $20^\circ$ untuk 1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> di standard deviasi 1% .....	25
Gambar 4. 7 Grafik Distribusi Normal original pada sudut Ovs $10^\circ$ untuk 1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> di standard deviasi 5% .....	25
Gambar 4. 8 Grafik Distribusi Normal original pada sudut Ovs $10^\circ$ untuk 2 <sup>nd</sup> <i>overshoot</i> di standard deviasi 5% .....	26
Gambar 4. 9 Grafik Distribusi Normal original pada sudut Ovs $20^\circ$ untuk 1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> di standard deviasi 5% .....	26
Gambar 4. 10 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> ).....	28
Gambar 4. 11 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> <i>overshoot</i> ).....	29
Gambar 4. 12 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> ) .....	30
Gambar 4. 13 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Yvvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> ) .....	30
Gambar 4. 14 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Yvvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> <i>overshoot</i> ).....	31
Gambar 4. 15 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Yvvr$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> ) .....	32
Gambar 4. 16 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> ).....	32
Gambar 4. 17 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> <i>overshoot</i> ).....	33
Gambar 4. 18 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nvvv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> <i>overshoot</i> ).....	33

Gambar 4. 19 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	34
Gambar 4. 20 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> overshoot) .....	34
Gambar 4. 21 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	35
Gambar 4. 22 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	36
Gambar 4. 23 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> overshoot) .....	36
Gambar 4. 24 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	37
Gambar 4. 25 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Y\delta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	38
Gambar 4. 26 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Y\delta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> overshoot).....	38
Gambar 4. 27 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Y\delta$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	39
Gambar 4. 28 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot).....	40
Gambar 4. 29 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> overshoot).....	41
Gambar 4. 30 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot).....	42
Gambar 4. 31 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	42
Gambar 4. 32 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> overshoot).....	42
Gambar 4. 33 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	43
Gambar 4. 34 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	44
Gambar 4. 35 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (2 <sup>nd</sup> overshoot).....	44
Gambar 4. 36 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	45
Gambar 4. 37 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Yvvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ (1 <sup>st</sup> overshoot) .....	46



Gambar 4. 38 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Yvvr$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot).....	46
Gambar 4. 39 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Yvvr$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	47
Gambar 4. 40 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot).....	48
Gambar 4. 41 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot).....	49
Gambar 4. 42 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nvvv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot).....	50
Gambar 4. 43 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	50
Gambar 4. 44 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot) .....	51
Gambar 4. 45 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Xvr$ , $Yvvr$ dan $Nvvv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	52
Gambar 4. 46 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	52
Gambar 4. 47 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot) .....	53
Gambar 4. 48 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	54
Gambar 4. 49 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Y\delta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	54
Gambar 4. 50 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Y\delta$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot).....	55
Gambar 4. 51 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Y\delta$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	56
Gambar 4. 52 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot).....	56
Gambar 4. 53 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot).....	57
Gambar 4. 54 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $Nv$ ) pada sudut ovs $20^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot).....	58
Gambar 4. 55 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $1^{st}$ overshoot) .....	58
Gambar 4. 56 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi ( $X\eta\eta\eta$ , $Y\delta$ dan $Nv$ ) pada sudut ovs $10^\circ$ ( $2^{nd}$ overshoot).....	58

Gambar 4. 57 Perbandingan grafik distribusi normal original dengan yang dieliminasi  
( $X_{\eta\eta\eta}$  ,  $Y\delta$  dan  $N\nu$ ) pada sudut ovs  $20^\circ$  ( $1^{st}$  *overshoot*) ..... 59

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- LAMPIRAN 1 Lembar Konsultasi Pembimbing I  
LAMPIRAN 2 Lembar Konsultasi Pembimbing II