



TUGAS AKHIR – ME 184834

**SIMULASI RESPON GERAK *HEXAGONAL PONTOON* DENGAN *FLOATER LEG*
TERHADAP GELOMBANG IRREGULER UNTUK PLTGL MENGGUNAKAN
METODE CFD**

Mohamad Roby Alamsyah
NRP. 0421164000028

Dosen Pembimbing
Ir. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



TUGAS AKHIR – ME 184834

**SIMULASI RESPON GERAK *HEXAGONAL PONTOON* DENGAN *FLOATER LEG*
TERHADAP GELOMBANG IRREGULER UNTUK PLTGL MENGGUNAKAN METODE
CFD**

**MOHAMAD ROBY ALAMSYAH
NRP. 0421164000028**

**DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



BACHELOR THESIS – ME 184834

**MOTION RESPONSE SIMULATION OF HEXAGONAL PONTOON WITH FLOATER
LEG ON IRREGULAR WAVE FOR WAVE ENERGY CONVERTER USING CFD
METHOD**

**MOHAMAD ROBY ALAMSYAH
NRP. 0421164000028**

SUPERVISORS:

Ir. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI RESPON GERAK *HEXAGONAL PONTOON* DENGAN *FLOATER LEG* TERHADAP GELOMBANG IRREGULER UNTUK PLTGL DENGAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)
/Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:
Mohamad Roby Alamsyah
NRP. 0421164000028

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.
NIP. 196912251997021001



Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.
NIP. 195904101987011001



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**SIMULASI RESPON GERAK *HEXAGONAL PONTOON* DENGAN
FLOATER LEG TERHADAP GELOMBANG IRREGULER UNTUK
PLTGL MENGGUNAKAN METODE CFD**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design (MMD)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Mohamad Roby Alamsyah

NRP. 0421164000028

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

SIMULASI RESPON GERAK HEXAGONAL PONTOON DENGAN FLOATER LEG TERHADAP GELOMBANG IRREGULER UNTUK PLTGL DENGAN METODE CFD

Nama mahasiswa : Mohamad Roby Alamsyah
NRP : 0421164000028
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Irfan Syarief Arief, S.T, M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik semakin lama akan semakin bertambah seiring berkembangnya teknologi dan bertambahnya jumlah penduduk. Penghasil energi listrik terbesar saat ini berasal dari energi fosil yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian terkait dengan energi terbarukan. Salah satu penghasil energi yang dapat dikembangkan adalah energi gelombang laut. Salah satunya dengan memanfaatkan gerakan ponton yang terkena gelombang air laut sehingga akan menggerakkan bandul untuk memutar dynamo untuk menghasilkan listrik. Dalam simulasi ini akan mengetahui respon gerakan ponton terhadap gelombang irreguler yang menggunakan metode CFD. Dalam simulasi ini variasi input yang digunakan adalah sudut serang gelombang sebesar 0 derajat dan 60 derajat dengan periode gelombang sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik, dan tinggi gelombang 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Variasi yang memiliki respon gerakan terbaik terhadap variasi periode dan tinggi gelombang adalah variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m dengan nilai surge -0.75 m, sway 0.11 m dan heave 0.21 m dan roll -3.86 derajat, pitch -37.66 derajat dan yaw 10.79 derajat. Variasi yang memiliki rata-rata nilai momen terbesar adalah momen pada sumbu My yaitu pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m yaitu sebesar 0.2965 Nm. Sedangkan jika memperhatikan nilai minus pada rata-rata, momen terbesar terdapat pada sumbu My dengan variasi 0° pada periode 2.21 detik dan tinggi gelombang 0.3 m yaitu sebesar -0.0104 Nm.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Energi Gelombang laut, Ponton, CFD

Halaman ini sengaja dikosongkan

MOTION RESPONSE SIMULATION OF HEXAGONAL PONTOON WITH FLOATER LEG ON IRREGULAR WAVE FOR WAVE ENERGY CONVERTER USING CFD METHOD

Name : Mohamad Roby Alamsyah
NRP : 042116400028
Supervisor 1 : Ir. Irfan Syarief Arief, S.T, M.T.
Supervisor2 : Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

ABSTRACT

The electricity energy needs will grow increasingly as technology grows and increases in the population. The largest electric energy sources come from fossil energy that cannot be renewed. Therefore, there is a need for research related to renewable energy. One of the energy sources that can be developed is ocean wave energy. One of them by utilizing the motion of the pontoon that affected by sea waves so the pontoon will move the pendulum to turn a dynamo to produce electricity. In this simulation, you will know the response of a pontoon motion on irregular waves using the CFD method. In this simulation, the input variables used are the angle of attack wave of 0 degrees and 60 degrees with a wave period of 2.21 sec, 1.8 sec and 1.2 seconds, and wave height of 0.1 m, 0.2 m, and 0.3 m. Variations that have the best motion response to period variation and wave height are the variation of 0° with a wave height of 0.3 m with a value of surge -0.75 m, 0.11 m of sway, and 0.21 m of heave, and for the rotation value of roll -3.86 degree, -37.66 degree of pitch and 10.79 degree of yaw. The variation that has the biggest average value of the moment is the moment on My axis is at a variation of 0° with a 0.3 m wave height of 0.2965 Nm. If we add the minus value on the average, the biggest moment is on the My axis with a variation of 0° in the period of 2.21 seconds and a wave height of 0.3 m of -0.0104 Nm.

Keywords: Renewable Energy, Wave Energy, Pontoon, CFD

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad Shalallaahu 'Alaihi Wasallam sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan laoran tugas akhir ini yang berjudul **“SIMULASI RESPON GERAK HEXAGONAL PONTOON DENGAN FLOATER LEG TERHADAP GELOMBANG IRREGULER UNTUK PLTGL DENGAN METODE CFD”**.

Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis juga menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pasangan yang bernama Ibu Djueriah dan Bapak Mohamad Mujib yang telah susah payah merawat, membesarkan dan mendidik penulis dengan selalu memberikan dukungan moril dan materil.
2. Kedua adik penulis, Mohammad Nabil Rohman dan Mohamad Ramzi Abdillah yang selalu memberikan penulis motivasi.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan sekaligus dosen wali penulis.
4. Bapak Irfan Syarief Arief, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu membimbing dan memberi arahan hingga selesainya Tugas akhir ini.
5. Seluruh staff dan member Laboratorium marine Manufacturing and Design (MMD) yang telah membantu dan menemani penulis selama mengerjakan tugas akhir.
6. Teman-teman angkatan Voyage`16 yang telah berjuang bersama-sama selama kuliah di Teknik Sistem Perkapalan.
7. Teman-teman seperjuangan Riski, Rizki, Hozinatul dan Wildarus yang telah membantu penulis sejak awal memasuki bangku perkuliahan.
8. Teman-teman Homesick yang selalu menghibur penulis disaat penulis merasa jenuh.
9. Mas Haniefuddin, mas Habib dan mas Alan yang membantu penulis memahami tentang PLTGL dan gelombang laut.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Namun, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Sistem Perkapalan dan civitas akademis ITS pada umumnya, serta dapat menjadi referensi untuk pengerjaan tugas akhir bagi mahasiswa lainnya.

Surabaya, 26 Juli 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Batasan Masalah.....	1
1.5 Kontribusi	2
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	3
2.1 Energi Gelombang Laut	3
2.2 Penelitian PLTGL di Indonesia.....	3
2.3 Jenis-jenis Gelombang	5
2.3.1 Gelombang Reguler.....	5
2.3.2 Gelombang Irreguler	5
2.4 Spektrum Gelombang.....	5
2.5 Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung Akibat Gelombang Laut	6
2.6 Teori Stabilitas	7
2.7 Titik Dasar Benda Apung.....	8
2.7.1 Titik Berat (<i>Center of Gravity</i> , G).....	8
2.7.2 Titik Apung (<i>Center of Bouyancy</i> , B)	8
2.7.3 Titik Metasentris (M)	9
2.8 <i>Response Amplitude Operator</i> (RAO)	9
2.9 <i>Computational Fluids Dynamic</i> (CFD)	9

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Metodologi Penelitian.....	11
3.2 Identifikasi Masalah.....	12
3.3 Studi Literatur.....	12
3.4 Permodelan Ponton.....	12
3.5 Pembuatan <i>Meshing</i> Ponton	15
3.6 Validasi <i>Mesh</i>	19
3.7 Timestep atau waktu iterasi	24
3.8 Simulasi Variasi Gelombang Irreguler	26
3.9 Analisa Data.....	27
3.10 Kesimpulan dan Saran	28
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Analisa Gerakan Ponton pada Grafik	29
4.1.1 Analisa Grafik pada Periode 2.21 detik.....	29
4.1.2 Analisa Grafik pada Periode 1.8 detik.....	35
4.1.3 Analisa Grafik pada Periode 1.2 detik.....	41
4.1.4 Analisa Grafik pada Tinggi Gelombang 0.1 m.....	47
4.1.5 Analisa Grafik pada Tinggi Gelombang 0.2 m.....	51
4.1.6 Analisa Grafik pada Tinggi Gelombang 0.3 m.....	55
4.2 Nilai Momen Hasil Simulasi	59
4.2.1 Nilai Momen pada Sumbu M_x	59
4.2.2 Nilai Momen pada Sumbu M_y	60
4.3 Hasil Simulasi.....	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	69
BIODATA PENELITI.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Potensi Distribusi Persebaran Energi Gelombang.....	3
Gambar 2.2 Gelombang Reguler	5
Gambar 2.3 Gelombang Irreguler	5
Gambar 2.4 Perbandingan Spektrum Gelombang.....	6
Gambar 2.5 Six degree of freedom	7
Gambar 2.6 Tiga Kondisi Kestabilan	7
Gambar 2.7 Contoh Titik Berat Benda Apung.....	8
Gambar 2.8 Contoh Titik Apung Benda Apung	8
Gambar 2.9 Contoh Titik Metasentris Benda Apung.....	9
Gambar 3.1 Diagram alur pengerjaan	11
Gambar 3.2 Bentuk prototype ponton.....	12
Gambar 3.3 Anotasi Tampak Samping Ponton.....	13
Gambar 3.4 Anotasi Tampak Bawah Ponton.....	14
Gambar 3.5 Bentuk 3 Dimensi Ponton dengan SolidWorks	14
Gambar 3.6 Nilai Center of Mass dan Nilai Momen Inersia dengan SolidWorks	15
Gambar 3.7 Pembuatan domain	16
Gambar 3.8 Pembuatan Internal Surface	16
Gambar 3.9 Penentuan Boundary Condition.....	17
Gambar 3.10 Tahapan Meshing	17
Gambar 3.11 Tahap Initial Mesh.....	18
Gambar 3.12 Tahap Adapt to Geometry.....	18
Gambar 3.13 Tahap Viscous Layer	19
Gambar 3.14 Bentuk simulasi	20
Gambar 3.15 Tahap fluid mode	20
Gambar 3.16 Tahap flow model.....	21
Gambar 3.17 Tahap Boundary Conditions.....	21
Gambar 3.18 Tahap body definition	22
Gambar 3.19 Motion Definition.....	23
Gambar 3.20 Input Dynamic Parameters	23
Gambar 3.21 Tahap control variables.....	24
Gambar 3.22 Penentuan probe variables	25
Gambar 3.23 Grafik validasi mesh	25
Gambar 3.24 Variasi Sudut Serang Gelombang 0 derajat (kiri) dan 60 derajat (kanan).....	27
Gambar 4.1. Grafik surge pada periode 2.21 detik	29

Gambar 4.2. Grafik sway pada periode 2.21 detik.....	30
Gambar 4.3. Grafik heave pada periode 2.21 detik	31
Gambar 4.4. Grafik roll pada periode 2.21 detik.....	32
Gambar 4.5 Grafik Pitch pada periode 2.21 detik	33
Gambar 4.6 Grafik Yaw pada periode 2.21 detik.....	34
Gambar 4.7. Grafik surge pada periode 1.8 detik.....	35
Gambar 4.8. Grafik sway pada periode 1.8 detik.....	36
Gambar 4.9. Grafik heave pada periode 1.8 detik	37
Gambar 4.10. Grafik roll pada periode 1.8 detik.....	38
Gambar 4.11. Grafik Pitch pada periode 1.8 detik	39
Gambar 4.12 Grafik Yaw pada periode 1.8 detik.....	40
Gambar 4.13. Grafik surge pada periode 1.2 detik.....	41
Gambar 4.14. Grafik sway pada periode 1.2 detik.....	42
Gambar 4.15. Grafik heave pada periode 1.2 detik	43
Gambar 4.16. Grafik roll pada periode 1.2 deik.....	44
Gambar 4.17. Grafik Pitch pada periode 1.2 detik	45
Gambar 4.18. Grafik Yaw pada periode 1.2 detik.....	46
Gambar 4.19. Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.1 m	47
Gambar 4.20. Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.1 m.....	47
Gambar 4.21. Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.1 m	48
Gambar 4.22. Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.1 m.....	49
Gambar 4.23. Grafik Pitch pada Ketinggian Gelombang 0.1 m.....	49
Gambar 4.24 Grafik Yaw pada Ketinggian Gelombang 0.1 m	50
Gambar 4.25. Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.2 m.....	51
Gambar 4.26. Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.2 m.....	51
Gambar 4.27. Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.2 m	52
Gambar 4.28. Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.2 m.....	53
Gambar 4.29 Grafik Pitch pada Ketinggian Gelombang 0.2 m.....	53
Gambar 4.30 Grafik Yaw pada Ketinggian Gelombang 0.2 m	54
Gambar 4.31. Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.3 m.....	55
Gambar 4.32. Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.3 m.....	55
Gambar 4.33. Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.3 m	56
Gambar 4.34. Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.3 m.....	57
Gambar 4.35. Grafik Pitch pada Ketinggian Gelombang 0.3 m.....	57
Gambar 4.36. Grafik Yaw pada Ketinggian Gelombang 0.2 m	58
Gambar 4.37. Nilai Momen M_x Negatif.....	59
Gambar 4.38. Nilai Momen M_x Positif.....	60
Gambar 4.40. Nilai Momen M_y Negatif.....	60
Gambar 4.40 Nilai Momen M_y Positif.....	61

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1. Penelitian PLTGL di Indonesia</i>	4
<i>Tabel 3.1 Tabel Dimensi Ponton dengan Floater Leg</i>	13
<i>Tabel 3.2 Tabel eror pada variasi cell</i>	26
<i>Tabel 3.3 Tabel Variasi Simulasi Ponton</i>	27
<i>Tabel 4.1. Tabel Gerakan Translasi Hasil Simulasi Ponton</i>	62
<i>Tabel 4.2. Tabel Gerakan Rotasi Hasil Simulasi Ponton</i>	63
<i>Tabel 4.3 Tabel Momen Hasil Simulasi Ponton</i>	64

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan hal yang sangat di butuhkan oleh manusia di zaman teknologi saat ini, dimana seluruh peralatan elektronik butuh harus mendapat suplai energi listrik. Energi listrik di Indonesia di kelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN), menurut data statistik Direktrat Jendral Ketenagalistrikan, 73.06% pembangkit listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil dan gas alam.

Sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara di perkirakan akan segera habis. Batu bara yang saat ini masih menjadi sumber energi yang paling banyak digunakan diperkirakan akan habis 20 tahun yang akan datang. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi baru dan terbarukan (EBT). Salah satu sumber energi yang bisa di terapkan di Indonesia adalah energi gelombang laut, dikarenakan 2/3 wilayah dari Indonesia sendiri adalah terdiri dari lautan. Sudah banyak penelitian mengenai teknologi pembangkit listrik tenaga listrik ini, salah satunya adalah Tugas Akhir Haniefuddin Rifky mengenai *Hexagonal Pontoon* dengan *Floater Leg* dengan Sistem Bandul. Dalam penelitian tersebut dilakukan uji coba prototype dengan skala 1:10 dan dihasilkan respon gerak ponton terhadap gelombang buatan. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan simulasi desain ponton tersebut menggunakan metode *computational fluid dynamics* dengan menggunakan software NUMECA FINEMARINE untuk mendapatkan hasil respon gerak ponton terhadap gelombang irreguler.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, permasalahan pada penelitian ini adalah :

1. Variasi manakah yang memberikan respon gerak terbaik pada variasi sudut serang gelombang, periode dan variasi tinggi gelombang?
2. Variasi manakah yang menghasilkan momen terbesar pada sumbu M_x dan M_y ?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah diatas, dapat diambil tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan hasil respon gerakan yang terbaik terhadap variasi periode dan tinggi gelombang.
2. Mendapatkan variasi dengan momen terbesar pada sumbu M_x dan M_y .

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Dimensi dan bentuk ponton sudah di tentukan
2. Massa dan gerakan bandul di abaikan dari total massa ponton.

1.5 Kontribusi

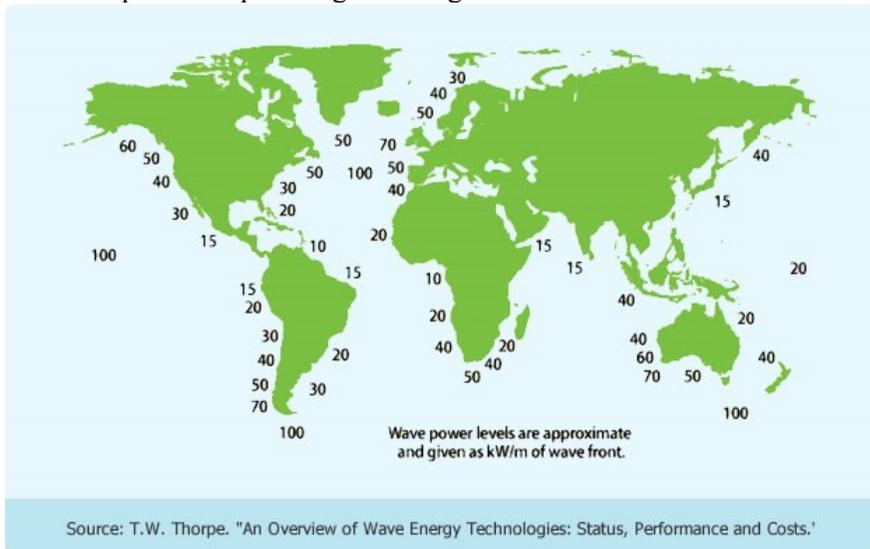
Kontribusi atau manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menambah metode dan variasi *hexagonal pontoon* dengan *floater leg* terhadap gelombang irregular.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Energi Gelombang Laut

Energi gelombang laut dapat dianggap sebagai bentuk energi matahari yang terkonsentrasi. Angin yang dihasilkan dari perbedaan suhu di bumi yang melewati air, menyalurkan beberapa energinya untuk membentuk gelombang. Jumlah energi yang di transfer dan besar ukuran gelombang bergantung pada kecepatan udara, lama dan jarak angin bertiup (T.W. Thorpe, 1999). Gambar peta di bawah ini menunjukkan bahwa terdapat banyak energi gelombang di dunia, angka-angka yang terdapat gambar tersebut mewakili kilowatt per meter puncak gelombang.



Gambar 2.1 Peta Potensi Distribusi Persebaran Energi Gelombang
(sumber: T.W. Thorpe. 1999.)

2.2 Penelitian PLTGL di Indonesia

Penelitian pembangkit listrik tenaga gelombang (PLTGL) dimulai ketika tahun 2010. Saat itu, Zamrisyaf yang merupakan seorang peneliti dari PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) merancang pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang berupa ponton yang menggunakan system bandulan. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandulan (PLTGL-SB) ini digerakkan oleh air laut sesuai dengan alur dan fluktuasi air laut. Gerakan air laut inilah yang akan menggerakkan ponton sehingga bandul pada ponton juga akan bergerak mengikuti gerakan ponton tersebut. Gerakan bandul inilah yang akan ditransmisikan mejadi gerakan putar untuk memutar dynamo untuk menghasilkan listrik.

Penelitian tentang PLTGL yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Penelitian PLTGL di Indonesia

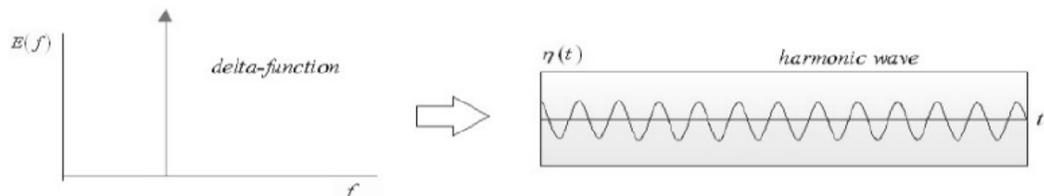
Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian
2010	Zamrisyaf dkk	Studi Pemodelan dan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL – SB)
2012	Rian Ferdianto	Analisa Gerakan Ponton Akibat Gelombang Regular dan Irregular dengan Pendekatan CFD
2013	Raudhotul Munawaroh	Kajian Ekperimen Gerakan Pendulum pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandulan pada Kondisi Uji On-Shore dan Off-Shore
2013	Muizzul Fadli Hidayat	Analisa Pengaruh Gerakan Bandul dengan Dua Pemberat dan Sudut yang Berbeda terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandulan (PLTGL-SB)
2013	Rudianto	Analisa Gerakan Pendulum dengan Bentuk Juring Lingkaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut-Sistem Bandulan pada Pengujian Offshore
2014	Mohammad Idrul Nafis	Analisa Perbandingan Gerakan Ponton Model Trippod Siku-Siku dengan Sama Kaki untuk Energi Gelombang Laut Sistem Bandulan
2015	Honey Rambu Anarki	Analisis Kinerja Bandul Vertikal Dengan Model Plat pada PLTGL-SB
2016	Yulia Safitri	Analisa Respon Gerak Ponton dan Pendulum Vertikal pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut-Sistem Bandul (PLTGL-SB)
2016	Rodhiatul Isnaini	Analisis Karakteristik Pendulum pada PLTGL-SB
2018	Rindu Fajar Kusuma	Simulasi Respon Gerak Ponton Trimaran Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL-SB)
2019	Haniefuddin Rifky	Studi Eksperimen Respon Gerak Hexagonal Pontoon Dengan Floater Leg Terhadap Gelombang Untuk PLTGL-SB

2.3 Jenis-jenis Gelombang

Gelombang dibagi menjadi 2 jenis, yaitu gelombang regular dan gelombang irregular:

2.3.1 Gelombang Reguler

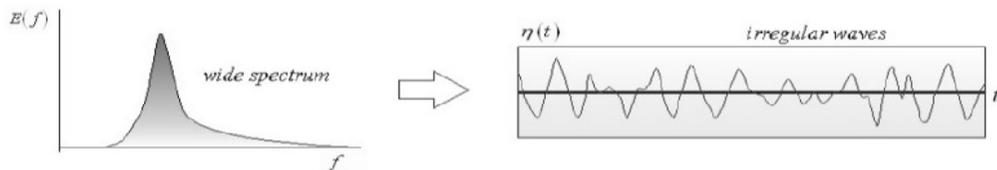
Gelombang regular merupakan gelombang dengan periode tunggal, sehingga gelombang ini mempunyai spektrum tunggal (Fatnanta, 2009).



Gambar 2.2 Gelombang Reguler
(Sumber: Holthuijsen, 2007)

2.3.2 Gelombang Irreguler

Gelombang irreguler merupakan gelombang superposisi dari beberapa gelombang regular yang membunyai frekuensi dan tinggi gelombang yang berbeda.



Gambar 2.3 Gelombang Irreguler
(Sumber: Holthuijsen, 2007)

2.4 Spektrum Gelombang

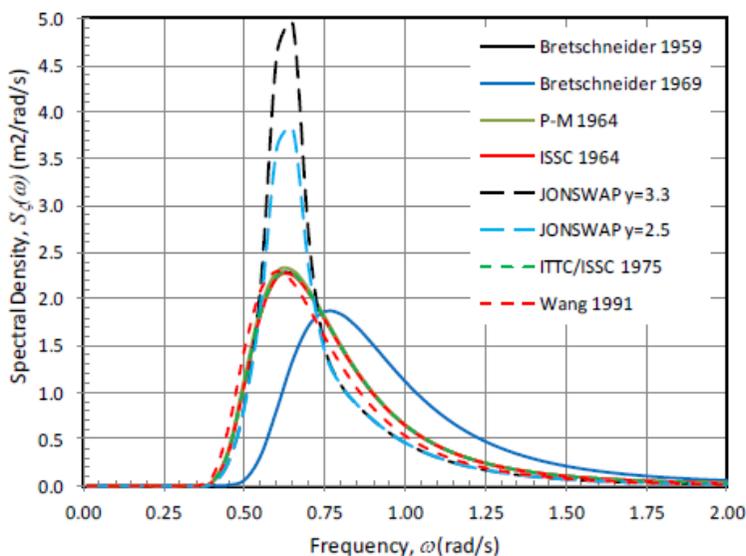
Spektrum gelombang merupakan penjumlahan energi dari seluruh komponen gelombang regular per satuan luas permukaan (1.0 m^2) (Djatkiko, 2012). Energi yang dikontribusikan oleh komponen gelombang regular ke-n dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_n = \frac{1}{2} \rho g C_n^2$$

Ada beberapa bentuk formulasi yang digunakan untuk menampilkan spektrum gelombang antara lain yaitu:

- a. Bretschneider – 1959
- b. Bretschneider – 1969
- c. Pierson-Moskowitz – 1964
- d. ISSC – 1964
- e. JONSWAP
- f. ITTC/ISSC – 1975
- g. Wang – 1991

Spektrum JONSWAP menggunakan data dari perairan tertutup di Laut Utara yang mirip dengan perairan pantai Indonesia, sehingga akhir-akhir ini banyak digunakan untuk perancangan bangunan lepas pantai di Indonesia.



Gambar 2.4 Perbandingan Spektrum Gelombang
(Sumber: Djatmiko, 2012)

2.5 Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung Akibat Gelombang Laut

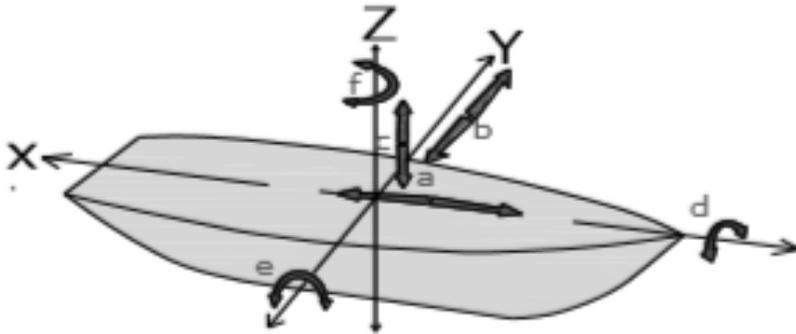
Suatu struktur akan mengalami enam gerakan secara bersamaan, jadi setiap satu macam gerakan tidaklah berdiri sendiri, sehingga dapat dikatakan bahwa suatu struktur apabila terapung di permukaan air yang terkena gaya luar akan mengalami enam gerakan bersama - sama atau mempunyai enam derajat kebebasan (Indiyono, 2004) yang digambarkan pada gambar 2.2.

Gerakan translasi, meliputi :

1. Heave : Merupakan gerakan secara translasi sepanjang sumbu z
2. Sway : Merupakan gerakan secara translasi sepanjang sumbu y
3. Surge : Merupakan gerakan secara translasi sepanjang sumbu x

Gerakan rotasi, meliputi :

1. Yaw : Merupakan gerakan secara rotasi sepanjang sumbu z
2. Pitch : Merupakan gerakan secara rotasi sepanjang sumbu y
3. Roll : Merupakan gerakan secara rotasi sepanjang sumbu x

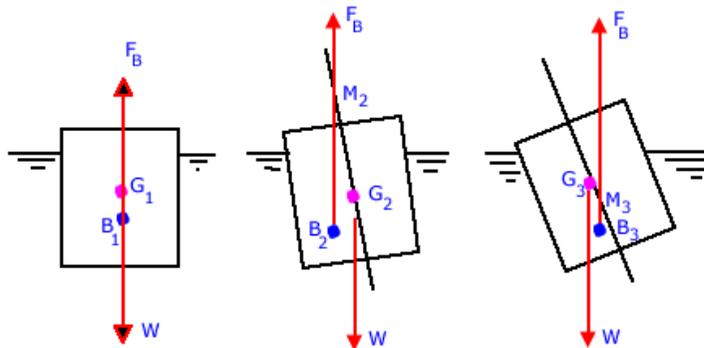


Gambar 2.5 Six degree of freedom
(Sumber : Romadhoni, 2006)

2.6 Teori Stabilitas

Terdapat 3 kondisi benda apung dalam hal stabilitas, dilihat dari kemampuannya untuk kembali ke posisi awal ketika di geser ke posisi yang baru. 3 kondisi tersebut adalah :

- Stable equilibrium* : Merupakan kondisi dimana sebuah benda apung yang jika di geser ke suatu posisi yang baru. Lalu mampu kembali ke posisi awal
- Neutral equilibrium* : Merupakan kondisi dimana sebuah benda apung yang jika di geser ke suatu posisi yang baru, akan tetap berada posisi baru tersebut
- Unstable equilibrium* : Merupakan kondisi dimana sebuah benda apung yang jika di geser ke suatu posisi yang baru, benda tersebut akan bergerak semakin menjauhi posisi awalnya.



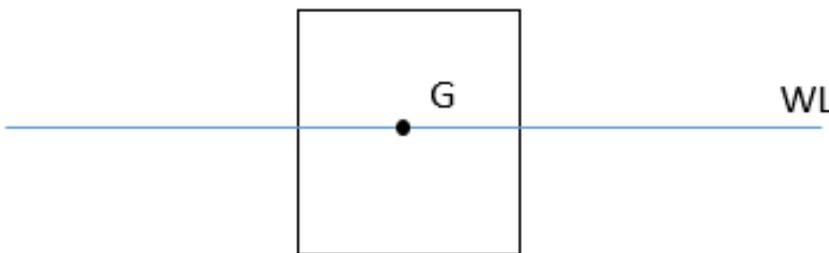
Gambar 2.6 Tiga Kondisi Kestabilan
(Sumber : Barras, 2006)

2.7 Titik Dasar Benda Apung

Pada bangunan apung terdapat dua gaya vertikal yang bekerja, yaitu gaya apung yang mengarah keatas dan berat bangunan yang mengarah ke bawah. Selain itu, terdapat tiga titik dasar pada bangunan laut, titik berat (*center of gravity*), titik apung (*center of bouyancy*) dan titik metasentris.

2.7.1 Titik Berat (*Center of Gravity, G*)

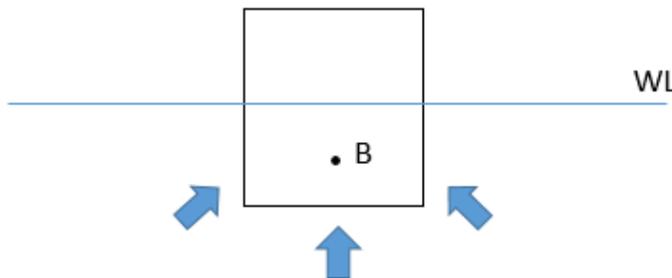
Titik berat (G) merupakan titik tangkap dari semua gaya- gaya yang bekerja ke bawah. Letak titik G tergantung daripada pembagian berat di benda. Jadi, selama tidak ada berat yang digeser, ditambah, atau dikurangi titik G tidak akan berubah walaupun benda oleng atau trim.



Gambar 2.7 Contoh Titik Berat Benda Apung
(Sumber : Barras, 2006)

2.7.2 Titik Apung (*Center of Bouyancy, B*)

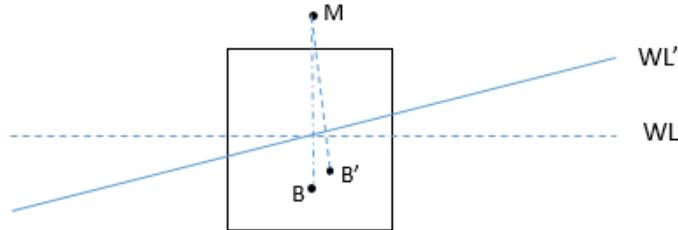
Titik Apung (*Center of Bouyancy, B*) merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan keatas dari bagian benda yang terbenam dalam air. Titik apung bukan merupakan suatu titik yang tetap, namun berpindah- pindah oleh adanya perubahan sarat dari benda. Dalam stabilitas sebuah benda, titik apung inilah yang menyebabkan benda mampu untuk tegak kembali.



Gambar 2.8 Contoh Titik Apung Benda Apung
(Sumber: Barras, 2006)

2.7.3 Titik Metasentris (M)

Titik metasentris (M) merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar benda tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Titik metasentris dapat berubah letaknya, tergantung dari besarnya sudut kemiringan. Apabila benda miring pada sudut kecil maka titik apung B bergerak di sepanjang busur di mana titik M merupakan titik pusatnya di bidang tengah benda (*center of line*) dan pada sudut kemiringan yang kecil ini perpindahan letak titik M masih sangat kecil, sehingga masih dapat dikatakan tetap.



Gambar 2.9 Contoh Titik Metasentris Benda Apung
(Sumber: Barras, 2006)

2.8 Response Amplitude Operator (RAO)

RAO merupakan perbandingan antara frekuensi dengan dan amplitudo, dimana absis grafik menunjukkan frekuensi dan ordinatnya menunjukkan rasio antara amplitudo gerakan pada mode tertentu ζ_{k0} dengan amplitudo gelombang ζ_0 . Pada sisi absis, frekuensi yang digunakan dapat berupa frekuensi gelombang insiden, frekuensi gelombang papasan atau frekuensi non-dimensi sesuai dengan keperluan.

Gerakan translasi berupa y_i , surge, sway, dan heave memiliki respon gerakan RAO berupa perbandingan langsung antara amplitudo gerakannya dibandingkan dengan amplitudo gelombang insiden dimana keduanya dalam satuan panjang.

$$RAO = \zeta_{k0} / \zeta_0 \text{ (m/m)}$$

Gerakan rotasi, y_o , roll, pitch, and yaw merupakan respon non dimensi yang diperoleh dari perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi dengan kemiringan gelombang yang merupakan perkalian antara angka gelombang dengan amplitudo gelombang, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RAO = \zeta_{k0} / (k_w \zeta_0) = \zeta_{k0} / ((\omega^2/g) \zeta_0) \text{ (rad/rad)}$$

2.9 Computational Fluids Dynamic (CFD)

Metode CFD memanfaatkan komputer untuk menghasilkan informasi mengenai fluida yang mengalir pada suatu kondisi tertentu. CFD juga dapat membuat prediksi aliran fluida dalam suatu system dengan kondisi yang ditentukan. CFD lebih ekonomis daripada uji eksperimen, eksperimen menuntut banyak sumber daya seperti listrik,

peralatan mahal, pemantauan data, dan data *Post-Processing* (Jamshed, 2015). CFD menggunakan persamaan dasar dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Persamaan-persamaan ini merupakan pernyataan matematis untuk tiga prinsip dasar fisika :

1. Hukum Kekekalan Massa (*The Conservation of Mass*)
2. Hukum Kedua Newton (*Newton Second Law of Motion*)
3. Hukum Kekekalan Energi

Computational Fluids Dynamic (CFD) merupakan system yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena terkait. Proses dalam CFD terbagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. *Pre-Processor*

Pada tahap ini terdiri dari input masalah aliran untuk CFD melalui interface dan mengubahnya menjadi bentuk yang dikehendaki sesuai dengan solver. Input yang perlu dilakukan pada tahap ini adalah :

- a. Membentuk geometri benda dan daerah pada sekeliling benda sebagai domain komputasi
- b. Membentuk grid atau membagi domain yang sudah dibentuk menjadi lebih kecil (sub-domain)
- c. Menentukan kondisi pada batas model
- d. Menentukan besar kecilnya atau kekasaran grid (mesh)

Jumlah cell pada grid (mesh) menentukan akurasi penyelesaian CFD.

2. *Solver*

Secara umum, metode numerik solver terdiri dari langkah-langkah :

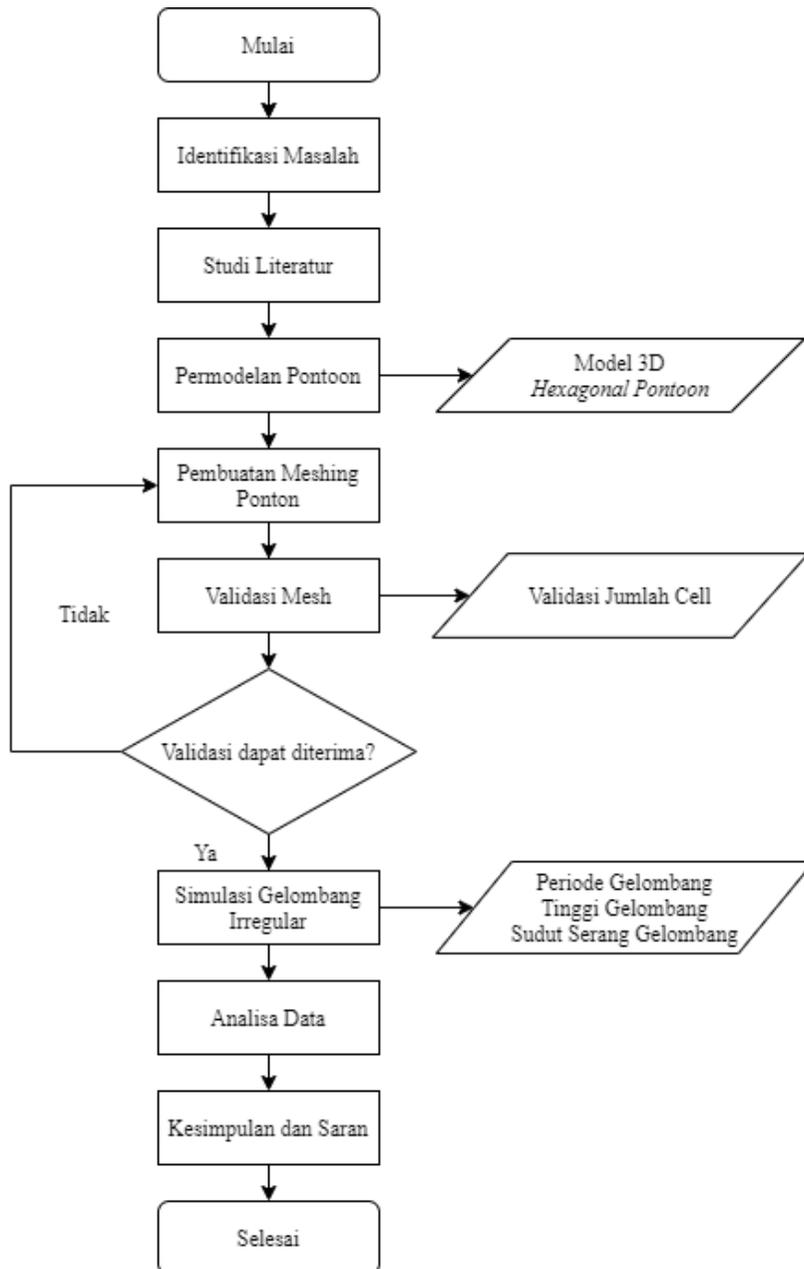
- a. Perkiraan variable yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana
- b. Diskretisasi dengan substitusi perkiraan-perkiraan tersebut dengan persamaan aliran yang berlaku dan berbagai manipulasi matematika.
- c. Penyelesaian dari persamaan aljabar
3. *Post Processor*

Pada bagian ini ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, data yang dihasilkan dapat berupa data numerik ataupun data visual aliran fluida pada model.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini ditunjukkan dengan langkah-langkah berikut :



Gambar 3.1 Diagram alur pengerjaan

3.2 Identifikasi Masalah

Pada Tugas Akhir ini, masalah diidentifikasi menjadi dua yaitu berupa input dan output. Dimana inputnya adalah berupa model *hexagonal pontoon* dengan *float leg* dari penelitian sebelumnya. Output dari penelitian ini berupa data hasil dari simulasi respon gerak dan data momen dari *hexagonal pontoon*.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi penelitian sebelumnya mengenai respon gerak dari ponton PLTGL. Referensi tersebut yang berkaitan dengan Analisa respon gerak ponton terhadap gelombang irreguler. Bentuk dari refensi literatur dalam tugas akhir ini yaitu jurnal, buku, internet, tugas akhir, serta paper.

3.4 Permodelan Ponton

Permodelan hexagonal ponton ini didapat dari penelitian sebelumnya, dan pada penelitian ini dibuat model 3 Dimensi menggunakan aplikasi SolidWorks dengan menggunakan skala model, yaitu 1:1 dari *prototype* ponton.

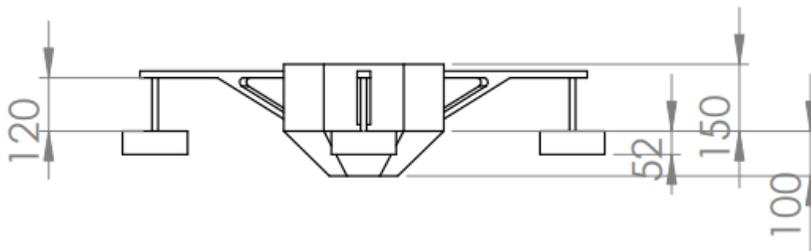


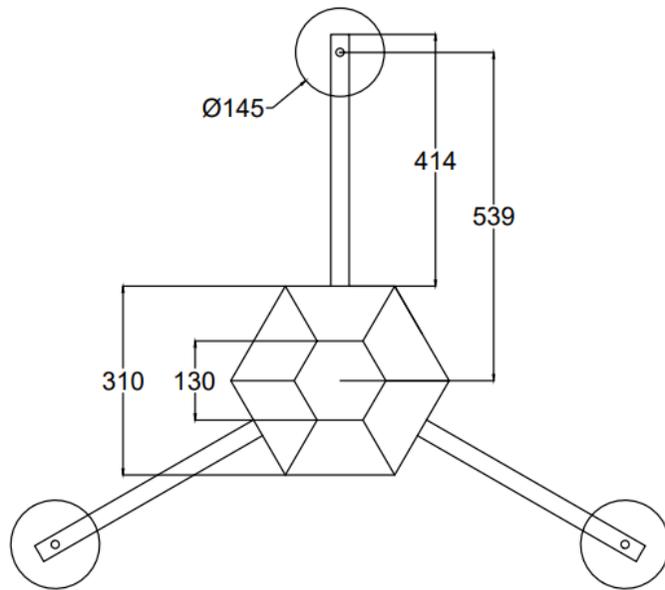
Gambar 3.2 Bentuk prototype ponton

Pembuatan 3D model ponton dibuat dengan menggunakan bantuan aplikasi SolidWorks. Pembuatan model disesuaikan dengan dimensi ponton yang sudah di rancang sebelumnya. Dimensi dari ponton dapat dilihat dari tabel dan gambar 2 berikut:

Tabel 3.1 Tabel Dimensi Ponton dengan Floater Leg

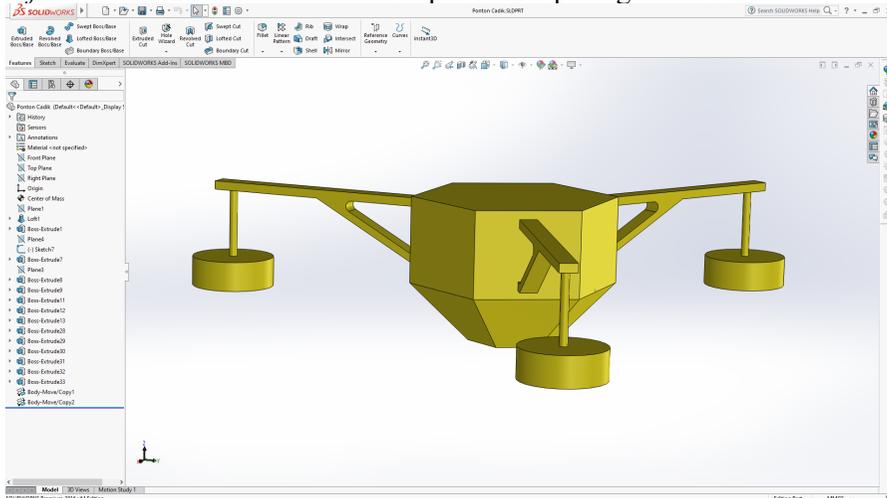
No	Parameter	Dimensi (mm)
1	Panjang Lengan	414
2	Jarak titik tengah ponton dengan titik tengah floater	539
3	Diameter floater	145
4	Lebar deck ponton	310
5	Lebar ponton bawah	130
6	Tinggi ponton	250
7	Sarat ponton	100
8	Tinggi Floater	52
9	Tinggi penghubung lengan dengan floater	120

**Gambar 3.3** Anotasi Tampak Samping Ponton



Gambar 3.4 Anotasi Tampak Bawah Ponton

Selain untuk permodelan 3 Dimensi, aplikasi Solidworks juga dapat membantu untuk menentukan letak *center of mass*, selain itu SolidWorks dapat menentukan massa ponton dan momen inersia dengan menambahkan massa jenis dari bahan baku pembuatan ponton, dimana ponton dibuat dengan akrilik dengan massa jenis sebesar $1,18 \text{ g/cm}^3$. Bentuk 3 Dimensi, nilai *center of mass* dan nilai momen inersia dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.5 Bentuk 3 Dimensi Ponton dengan SolidWorks

Density = 1180.00 kilograms per cubic meter		
Mass = 3.79 kilograms		
Volume = 0.00 cubic meters		
Surface area = 1.28 square meters		
Center of mass: (meters)		
X = 0.00		
Y = 0.00		
Z = 0.04		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (kilograms * square meters)		
Taken at the center of mass.		
lx = (0.40, 0.91, 0.00)	Px = 0.23	
ly = (-0.91, 0.40, 0.00)	Py = 0.23	
lz = (0.00, 0.00, 1.00)	Pz = 0.41	
Moments of inertia: (kilograms * square meters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.		
Lxx = 0.23	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 0.23	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 0.41
Moments of inertia: (kilograms * square meters)		
Taken at the output coordinate system.		
lxx = 0.24	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 0.24	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 0.41

Gambar 3.6 Nilai Center of Mass dan Nilai Momen Inersia dengan SolidWorks

3.5 Pembuatan Meshing Ponton

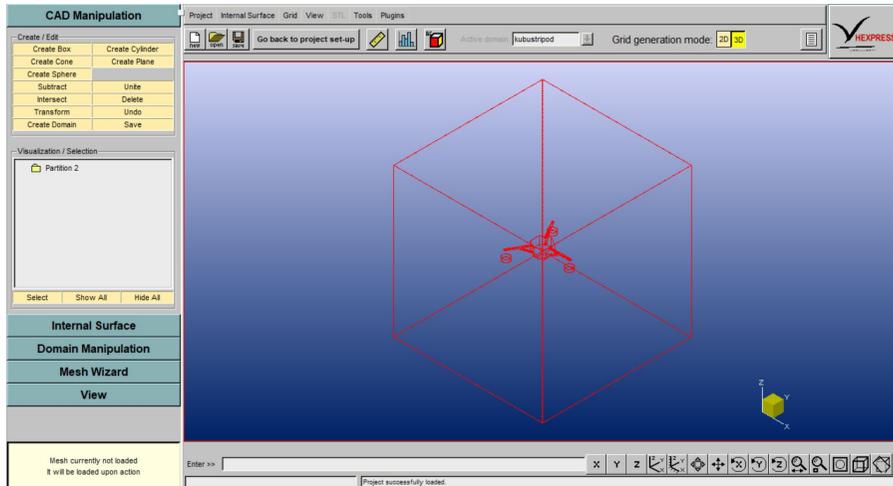
Pembuatan *meshing* ponton dibuat menggunakan aplikasi NUMECA HEXPRESS MARINE, terdapat dua tahap dari pembuatan *meshing*, yaitu pembuatan domain dan tahap *meshing*.

Permodelan yang sebelumnya sudah dibuat pada aplikasi SolidWorks disimpan dalam format parasolid text (*.x_t). File model dengan format tersebut merupakan file yang akan digunakan dalam proses *meshing*. *Meshing* pada simulasi ini menggunakan bantuan aplikasi NUMECA HEXPRESS™. *Meshing* merupakan proses pembagian seluruh permukaan model oleh grid atau potongan persegi yang sudah diatur sebelumnya. Potongan-potongan itulah yang akan dilanjutkan untuk proses simulasi.

File parasolid dari SolidWorks selanjutnya di import ke dalam aplikasi NUMECA HEXPRESS™. Arah model ponton pada sumbu x,y,z pada aplikasi NUMECA HEXPRESS™ sama dengan arah x,y,z pada saat pembuatan model ponton pada aplikasi SolidWorks. Jika arah model tidak sesuai, arah model dapat diatur dengan mengubah arah ponton pada menu *Transform* di *CAD Manipulation*. Titik pusat model ponton juga sangat berpengaruh pada saat pembuatan model. Pada saat kita akan membuat domain, kita harus mengetahui titik pusat model agar dapat menyesuaikan dimensi dari domain. Arah sumbu x merupakan arah datangnya gelombang pada simulasi ini, sumbu y merupakan lebar dari model, sedangkan sumbu z merupakan tinggi dan kedalaman.

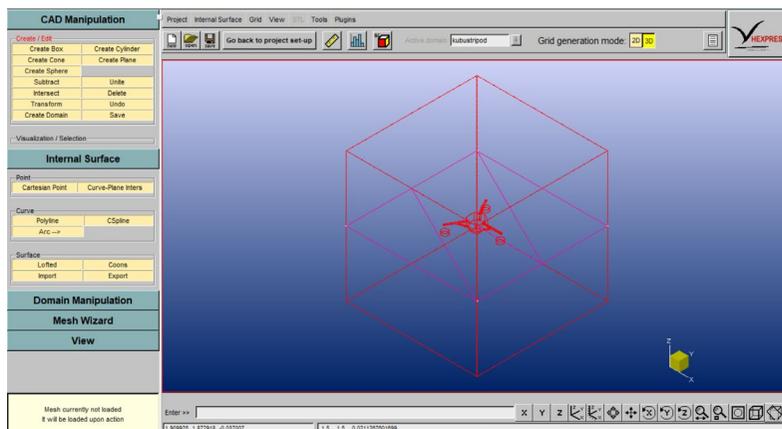
Setelah model ponton berhasil di import, langkah selanjutnya adalah membuat domain *box*. Pembuatan *box* dapat dibuat dengancara memilih *create box* pada menu *CAD Manipulation*. Kita dapat menentukan panjang, lebar dan tinggi domain. Panjang domain yang kita tentukan dihitung dari titik pusat model yang dibuat sebelumnya. Setelah *box* dibuat tahap selanjutnya adalah memotong *box* dengan ponton. *Box* dan

ponton merupakan model yang solid sehingga dipotong dengan fitur *subtract* pada *CAD Manipulation*. Box dan model ponton yang di *subtract* akan menghasilkan satu model yang solid. Tahap selanjutnya, adalah membentuk domain pada menu *Create Domain*. Domain yang dipakai pada simulasi ini adalah 3 m x 3 m x 3 m.



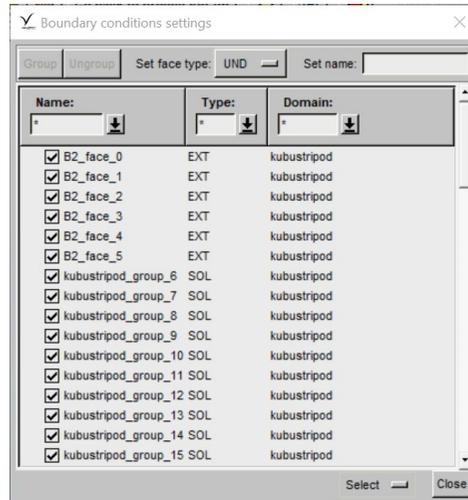
Gambar 3.7 Pembuatan domain

Tahap selanjutnya adalah dengan membentuk *internal surface* (batas air). *Internal surface* dapat dibuat dengan cara memasukkan koordinat yang sejajar dengan sumbu pada domain pada setiap ujung domain. Pada saat membentuk *internal surface* garis air yang dibuat tidak boleh berlawanan, karena dapat berpengaruh pada pembentukan *surface*.



Gambar 3.8 Pembuatan Internal Surface

Setelah domain terbentuk, tahap selanjutnya adalah menentukan *boundary condition* dari box yang sudah dibuat. Pada menu *boundary condition*, kita bisa mengubah nama *layer* pada setiap bagian *box* dan bagian model ponton. Selain itu, kita juga harus mengubah *type* dari setiap layer tersebut sesuai dengan fungsinya.



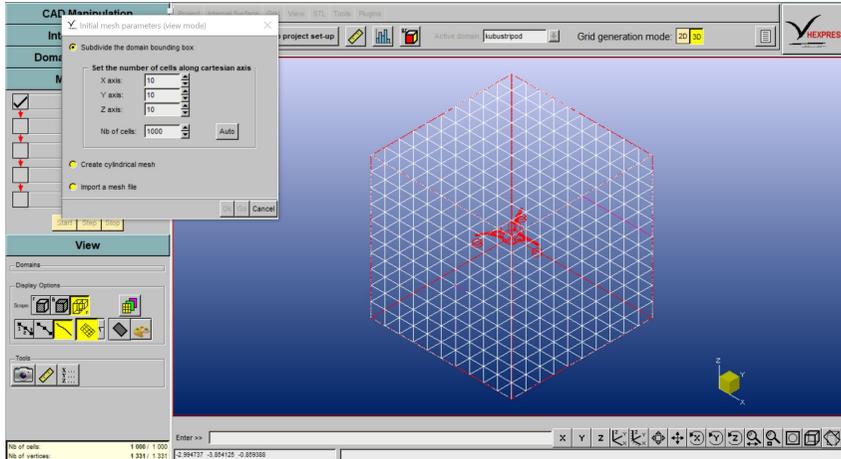
Gambar 3.9 Penentuan Boundary Condition

Setelah domain dan boundary condition telah si tentukan, Tahap selanjutnya adalah proses *meshing* pada *Mesh Wizard*. *Meshing* pada *Mesh Wizard* terdiri dari beberapa *sub-function* yang harus dilalui dan semua tahap harus benar. Pada *Mesh Wizard* terdapat *sub-function* *Initial Mesh*, *Adapt to Geometry*, *Snap to Geometry Optimize* dan *Viscous Layer*. Hasil *meshing* yang benar dapat dilihat dari centang pada *box*. Jika *box* menunjukkan centang hijau, maka hasil pada tahapan tersebut sudah benar. Namun jika menunjukkan centang merah, ada yang salah pada tahapan tersebut dan harus diperbaiki.



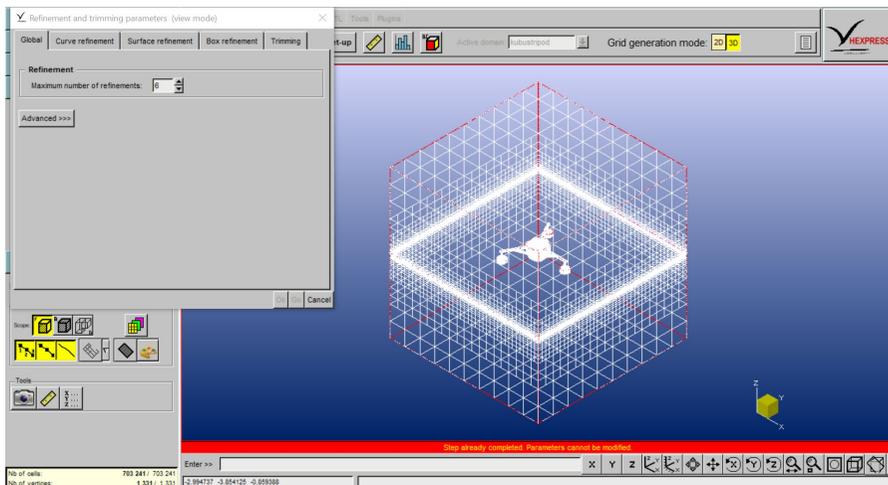
Gambar 3.10 Tahapan Meshing

Tahap yang pertama pada proses *meshing* adalah *Initial Mesh*. Pada tahap ini luasan *boundary layer* dibagi menjadi beberapa persegi yang berukuran kecil. Pembagian *boundary layer* sesuai dengan sumbu x, y, z. Angka-angka pada sumbu x, y, z tersebut merupakan jumlah pembagian persegi pada setiap sumbu.



Gambar 3.11 Tahap *Initial Mesh*

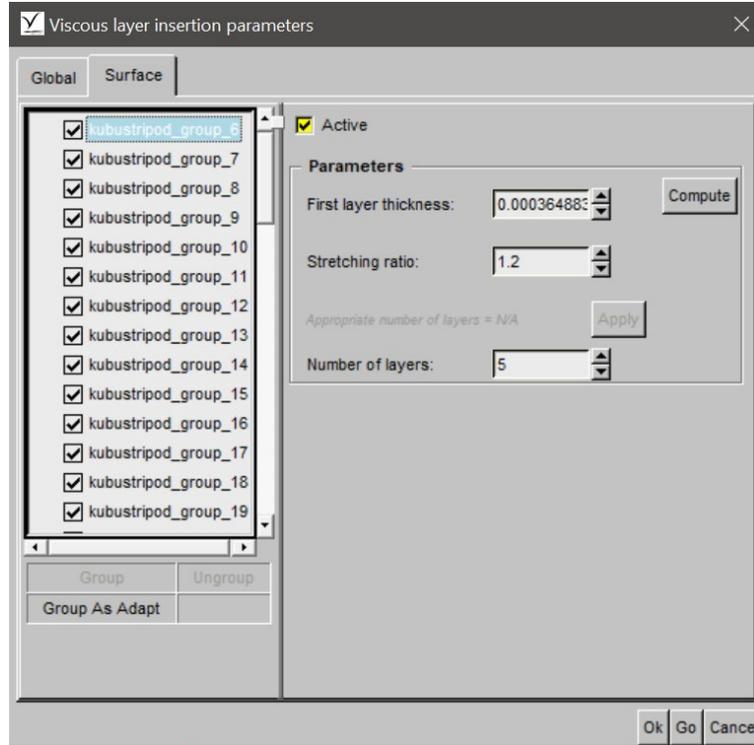
Tahap selanjutnya adalah *Adapt to Geometry*. Pada tahap ini kita dapat memperhalus meshing dengan mengubah angka pada nilai *maximum number refinements*.



Gambar 3.12 Tahap *Adapt to Geometry*

Tahap selanjutnya adalah *Snap to Geometry* dan *Optimize*. Pada tahap *Snap to Geometry* kita dapat mengetahui apakah bagian persegi dari *meshing* sudah melingkupi semua bagian model. Untuk memperbaiki kualitas meshing dapat dilakukan dengan cara mencentang *Optimize*.

Pada menu *Optimize* juga terdapat tahap *Viscous Layer* yang berfungsi untuk menambah lapisan pada model ponton dan jumlah lapisannya bisa diatur dengan memasukkan panjang ponton dan kecepatan aliran, secara otomatis program akan menyarankan jumlah layer yang bisa diberikan pada model yang diinginkan.

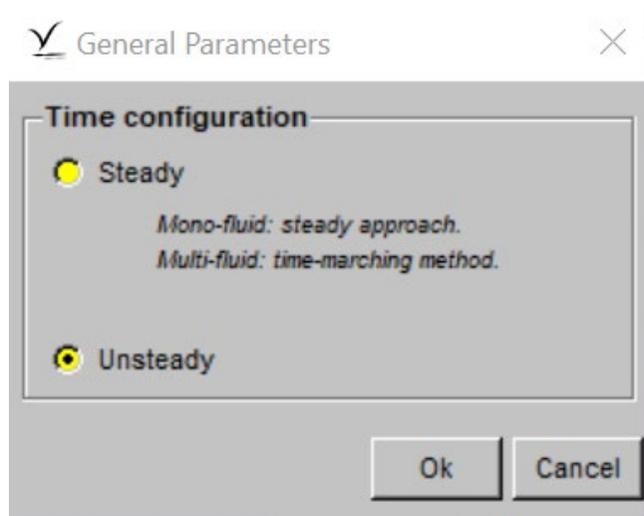


Gambar 3.13 Tahap *Viscous Layer*

3.6 Validasi *Mesh*

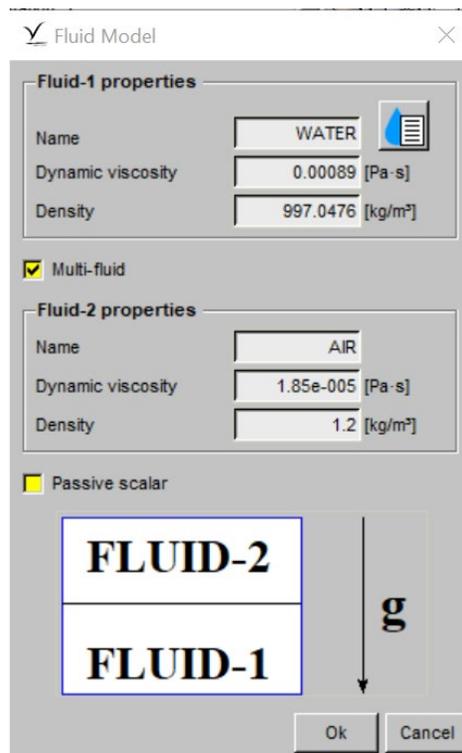
Sebelum dilakukannya variasi simulasi, dilakukan validasi *mesh* dengan cara membandingkan hasil simulasi dengan variasi jumlah cell yang berbeda. Proses simulasi menggunakan aplikasi NUMECA FINE Marine.

Pada tahap ini, akan diberikan input beberapa parameter data yang berdasarkan gambaran kondisi *boundary* serta pendefinisian model ponton. Parameter yang pertama adalah *General Parameter*, disini kita memilih bentuk simulasi yang akan di lakukan apakah bentuk *steady* atau *unsteady*. Karena dalam perencanaanya menggunakan gelombang yang bersifat dinamis, maka dipilih parameter *unsteady*.



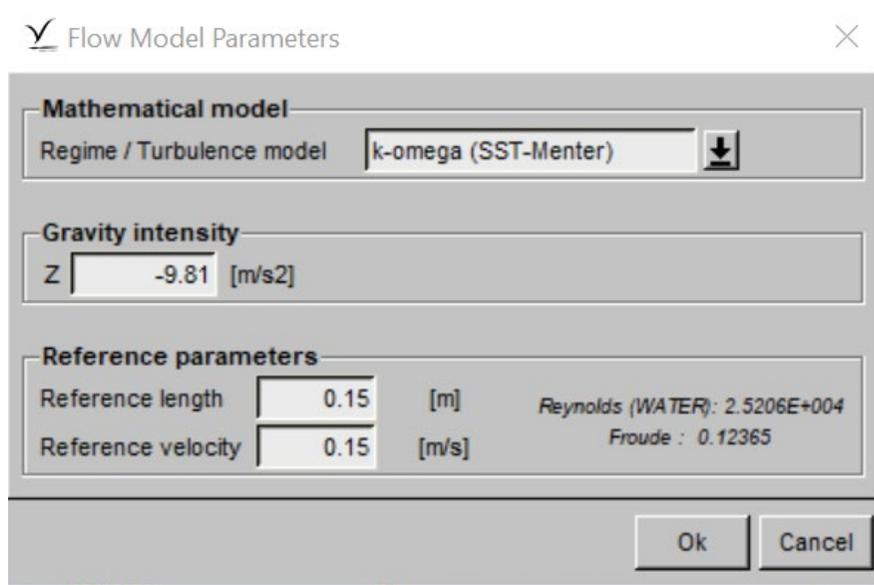
Gambar 3.14 Bentuk simulasi

Yang kedua adalah memilih jenis fluida yang digunakan. Karena dalam perencanaanya model ini mengapung di kolam ujicoba, maka fluida yang dipilih adalah *multi fluid* air tawar dan udara.



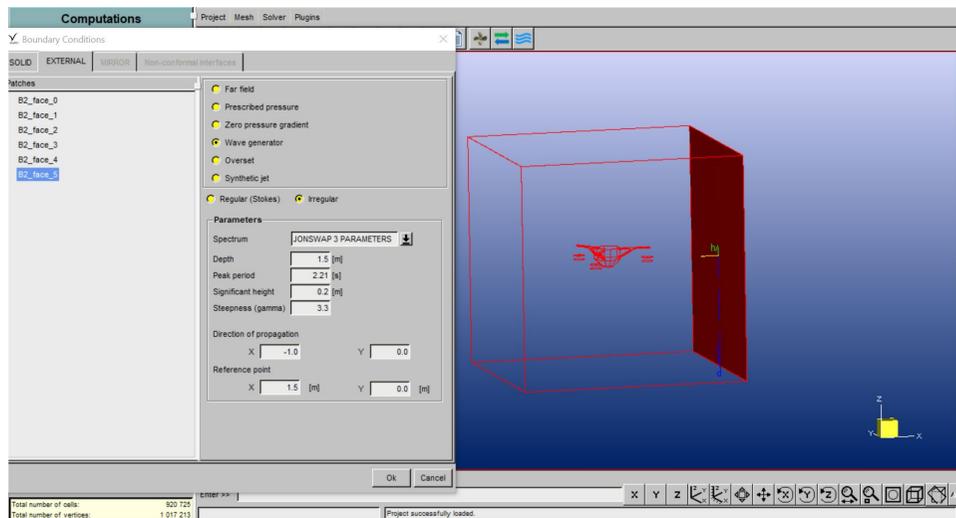
Gambar 3.15 Tahap fluid mode

Yang ketiga adalah penentuan jenis aliran yang mengalir pada model ponton. Terdapat dua macam bentuk aliran fluida, yaitu turbulence dan laminar. Bentuk aliran yang terjadi bergantung pada Reynolds number (Re) dan Froude number (Fn).



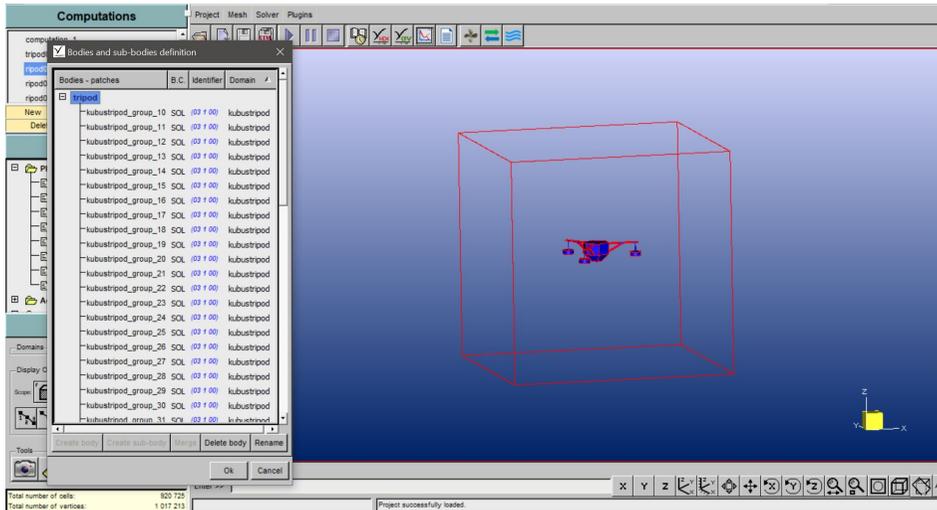
Gambar 3.16 Tahap flow model

Yang keempat adalah mendefinisikan boundary sesuai dengan kondisi lingkungan yang direncanakan, dimana pada simulasi ini input data yang digunakan adalah karakteristik gelombang berupa spektrum gelombang, periode gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman.



Gambar 3.17 Tahap Boundary Conditions

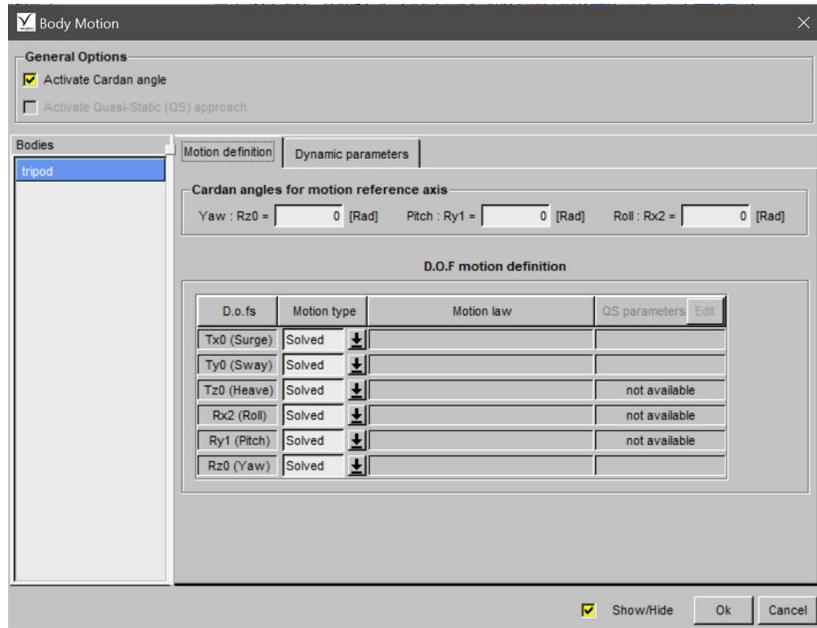
Yang kelima adalah membentuk grup untuk bagian ponton yang mempunyai fungsi solid.



Gambar 3.18 Tahap body definition

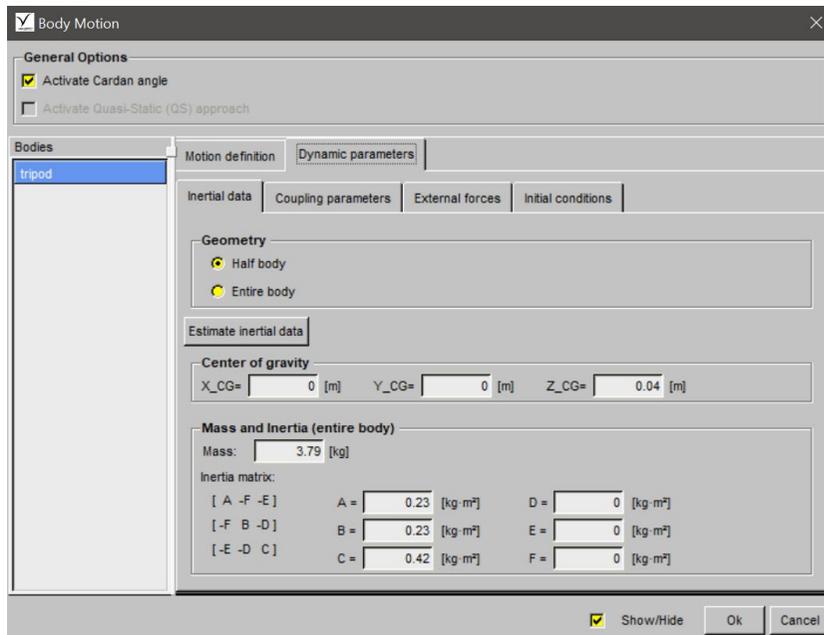
Yang keenam adalah parameter gerakan. Terdapat dua macam Gerakan (*motion*) yaitu Gerakan rotasi (R_x , R_y , R_z) dan Gerakan translasi (T_x , T_y , T_z). Terdapat tiga macam pilihan untuk mendefinisikan Gerakan-gerakan tersebut, yaitu :

1. *Imposed*
Pada sumbu tersebut akan disimulasikan berupa gelombang dengan macam-macam bentuk gelombang.
2. *Fixed*
Pada pilihan ini, model tidak akan bergerak terhadap sumbu.
3. *Solved*
Model akan bergerak pada sumbu yang dikehendaki.
Pada simulasi ini, semua gerakan translasi dan rotasi diaktifkan



Gambar 3.19 Motion Definition

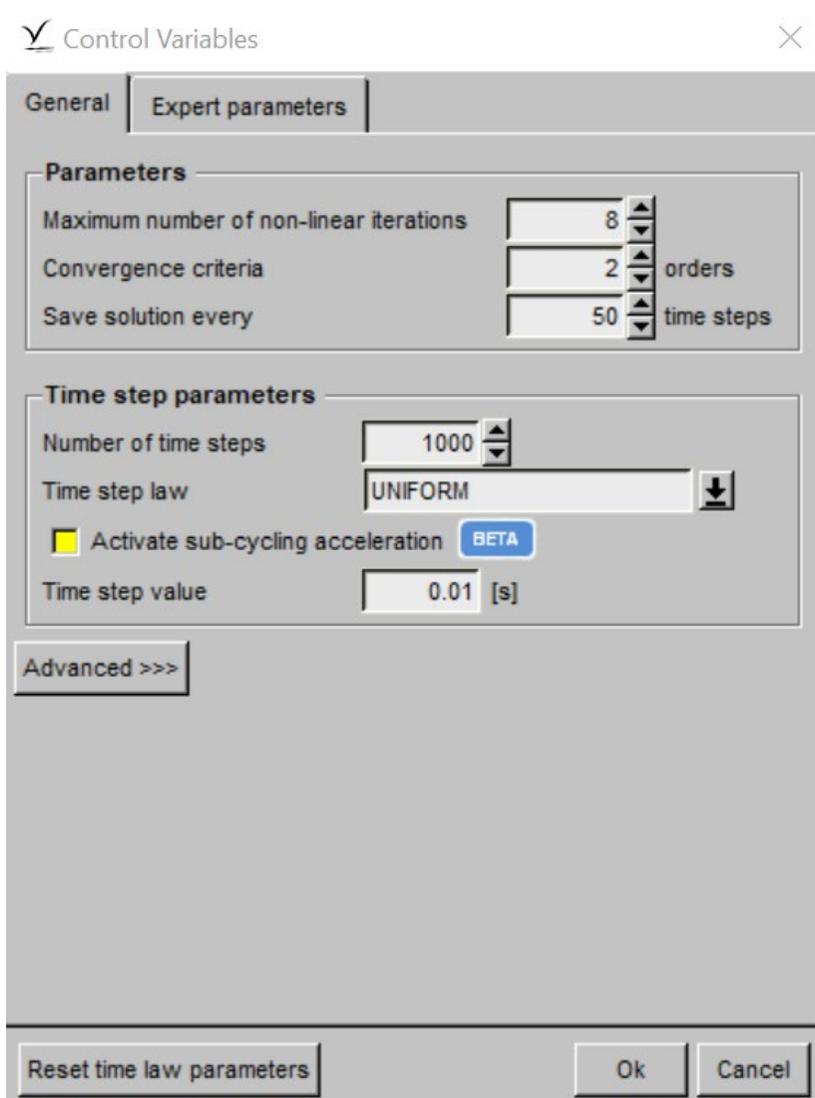
Selain definisi Gerakan, parameter lain yang dijadikan sebagai data input adalah *dynamic parameter*. Pada bagian ini yang menjadi input adalah *center of gravity*, massa, dan matriks inersia.



Gambar 3.20 Input Dynamic Parameters

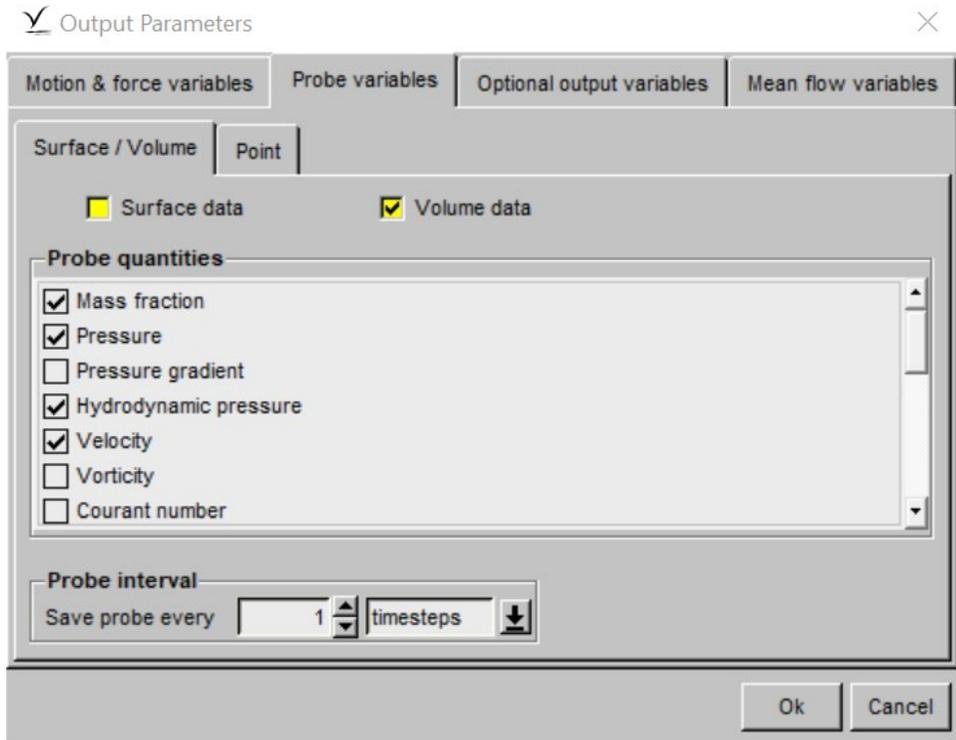
3.7 Timestep atau waktu iterasi

Semakin besar timestep yang digunakan, maka akan semakin bagus hasil simulasi selama residualnya tidak mengalami divergensi atau putus-putus. Pada penelitian ini, timestep diatur sebanyak 1000 untuk semua variasi. Untuk 1000 *timestep*, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 model grafik kurang lebih selama 20 jam. Jadi, untuk 18 variasi dibutuhkan kurang lebih 360 jam.



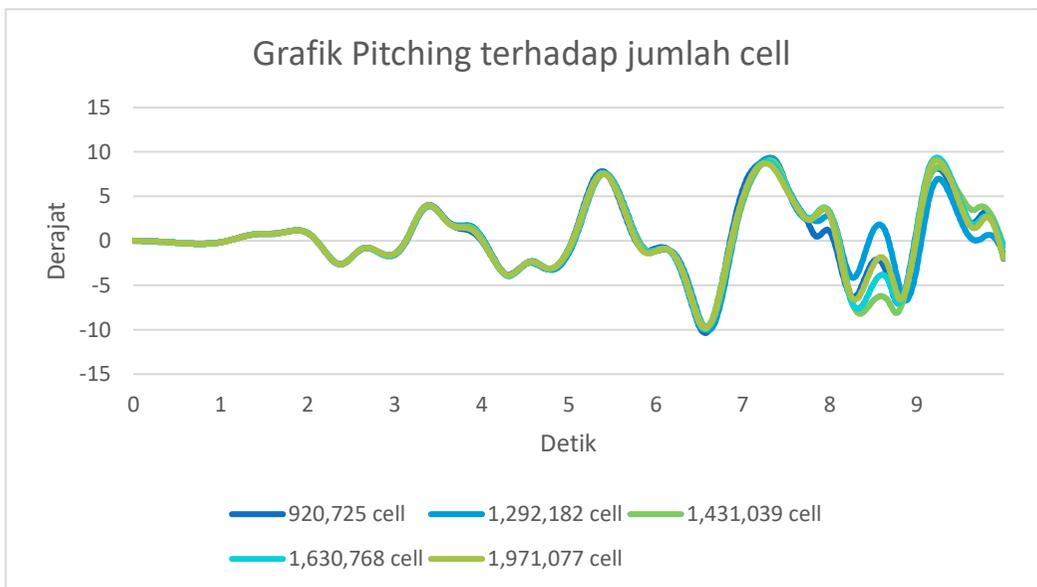
Gambar 3.21 Tahap control variables

Selain itu, untuk membantu pengambilan gambar dan mendokumentasikan Gerakan bisa dilakukan dengan mengaktifkan *probe variable*.



Gambar 3.22 Penentuan probe variables

Pada validasi ini diambil nilai eror terkecil dari rata-rata gerakan. Grafik variasi cel dapat dilihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 Grafik validasi mesh

Tabel 3.2 Tabel eror pada variasi cell

Jumlah cell	Rata-rata tiap cell	Rata-rata	Error
920,725	0.323	0.327	1.2%
1,292,182	0.338		3.3%
1,431,039	0.266		18.8%
1,630,768	0.339		3.5%
1,971,077	0.370		13.1%

Pada tabel eror diatas dapat dilihat bahwa eror terkecil terdapat pada variasi cell 927,725 cell dengan eror sebesar 1.2%.

3.8 Simulasi Variasi Gelombang Irreguler

Dari hasil simulasi validasi *mesh*, selanjutnya disimulasikan kembali menggunakan aplikasi NUMECA FINE Marine, dengan variasi sebagai berikut:

a. Periode gelombang

Periode gelombang merupakan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kaligetaran. Periode gelombang yang di variasikan adalah sebesar :

1. $T = 2.21$ detik
2. $T = 1.8$ detik
3. $T = 1.2$ detik

b. Tinggi gelombang

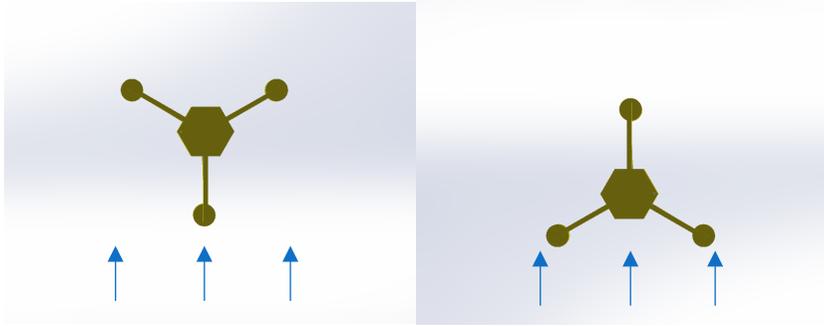
Tinggi gelombang diukur dari jarak tinggi gelombang dan lembah gelombang. Variasi tinggi gelombang yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. $H = 0.1$ m
2. $H = 0.2$ m
3. $H = 0.3$ m

c. Sudut serang gelombang

Sudut serang gelombang merupakan arah gelombang yang mengenai ponton. Sudut masuk gelombang yang di variasikan pada penelitian ini adalah sebesar:

1. 0 derajat terhadap floater
2. 60 derajat terhadap floater



Gambar 3.24 Variasi Sudut Serang Gelombang 0 derajat (kiri) dan 60 derajat (kanan)

Atau variasi simulasi pontoon dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Tabel Variasi Simulasi Pontoon

Variasi Sudut Serang Gelombang	Periode Gelombang (detik)	Tinggi Gelombang (m)	Spektrum Gelombang
0 derajat	2.21	0.1	Jonswap
		0.2	
		0.3	
	1.8	0.1	
		0.2	
		0.3	
	1.2	0.1	
		0.2	
		0.3	
60 derajat	2.21	0.1	
		0.2	
		0.3	
	1.8	0.1	
		0.2	
		0.3	
	1.2	0.1	
		0.2	
		0.3	

3.9 Analisa Data

Data respon gerakan di dapatkan dari hasil simulasi sebelumnya, dari simulasi tersebut di dapatkan hasil dari variasi-variasi yang di lakukan sebelumnya. Dari data tersebut diambil variasi yang memberikan nilai respon gerakan terbaik pada gerakan translasi *surge*, *sway* dan *heave* serta gerakan rotasi yaitu *roll*, *pitch*, *yaw* dan variasi yang memiliki nilai momen terbesar pada sumbu M_x dan sumbu M_y .

3.10 Kesimpulan dan Saran

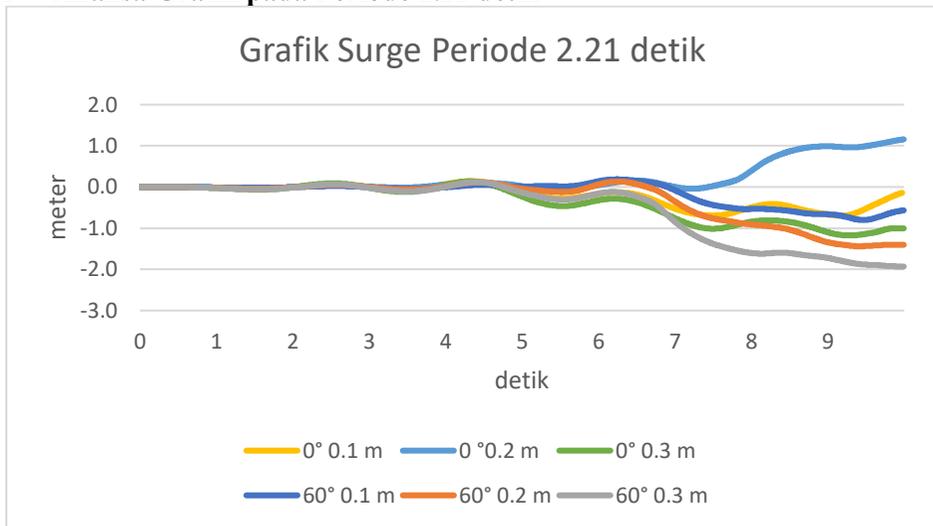
Kesimpulan di dapatkan dari hasil analisa data yang telah di diperoleh dari hasil simulasi. Kesimpulan menjawab tentang tujuan masalah sebelumnya, yaitu variasi dengan respon gerak terbaik dan variasi dengan nilai momen yang terbesar.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Gerakan Ponton pada Grafik

Pada simulasi ini model akan diuji sesuai dengan variasi yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil dari iterasi yang akan dilakukan akan menghasilkan grafik motion, pada simulasi ini diambil data grafik Translasi Tx (*surge*), Ty (*sway*) dan Tz (*surge*) dan grafik gerakan rotasi Rx(*roll*), Ry (*pitch*) dan Rz (*yaw*).

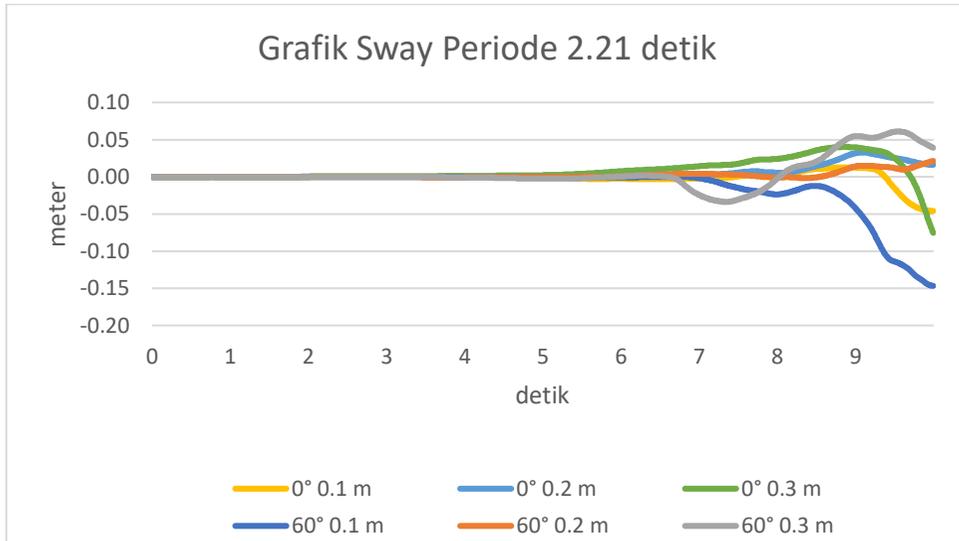
4.1.1 Analisa Grafik pada Periode 2.21 detik



Gambar 4.1. Grafik surge pada periode 2.21 detik

Gambar menunjukkan grafik *surge* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 2.21 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negatif menunjukkan arah ponton.

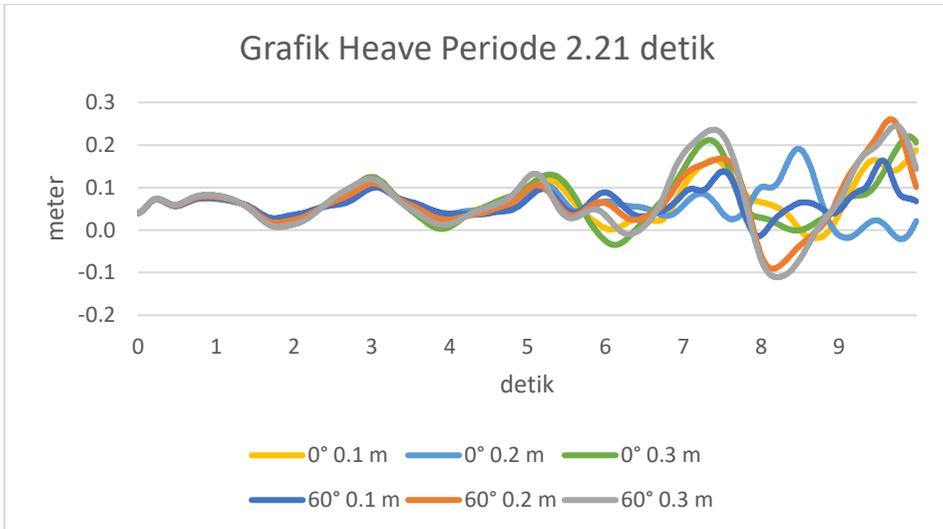
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.3 m yaitu senilai -1.93 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.1 m yaitu senilai -0.7 m. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin tinggi gelombang nilai *surge* nya juga akan semakin besar.



Gambar 4.2. Grafik sway pada periode 2.21 detik

Gambar menunjukkan grafik *sway* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 2.21 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

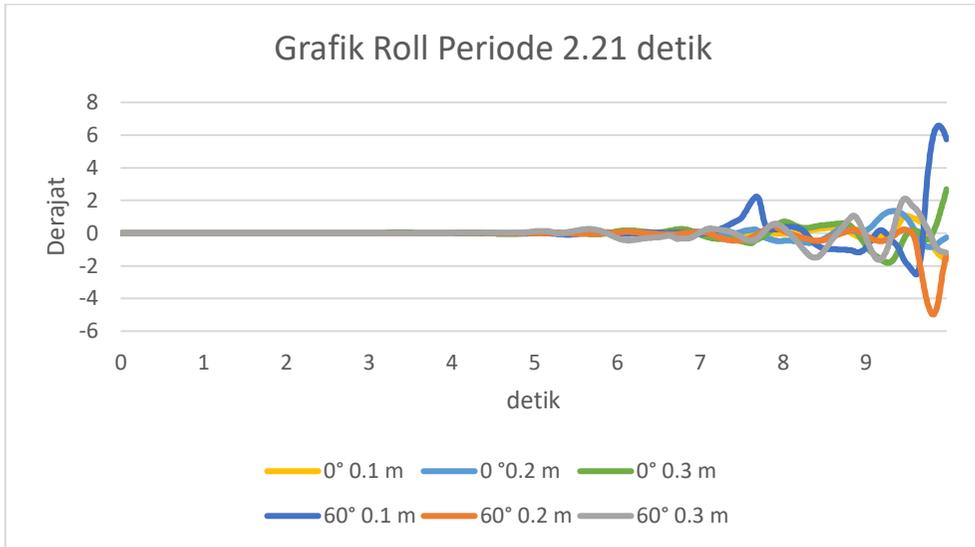
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m yaitu senilai -0.15 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai -0.02 m.



Gambar 4.3. Grafik heave pada periode 2.21 detik

Gambar menunjukkan grafik *heave* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 2.21 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

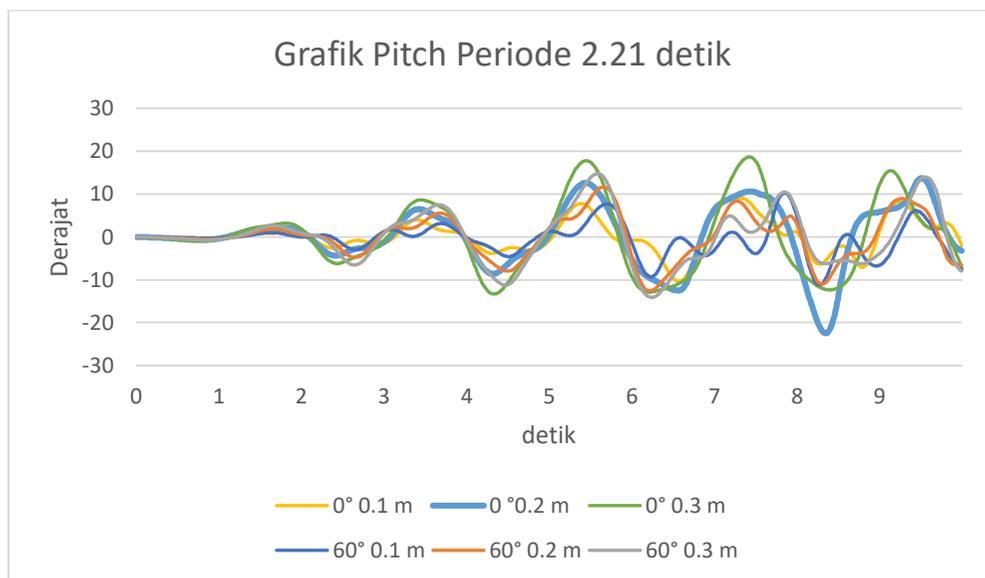
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai 0.26 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m yaitu senilai 0.16 m.



Gambar 4.4. Grafik roll pada periode 2.21 detik

Gambar menunjukkan grafik hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 2.21 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m.

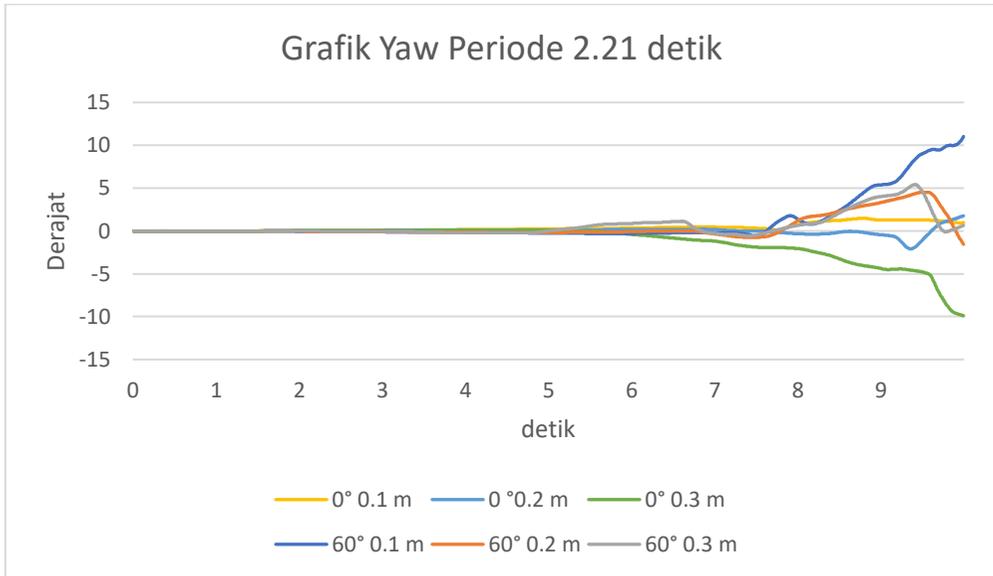
Titik 0 pada derajat menunjukkan ponton dalam keadaan sejajar tanpa ada gerakan sudut kemiringan kearah sumbu positif maupun sumbu negatif. Nilai positif dan negative hanya menunjukkan arah gerakan ponton terhadap sumbu dari posisi semula. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *roll* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m dengan nilai *roll* senilai 6.58 derajat.



Gambar 4.5 Grafik Pitch pada periode 2.21 detik

Gambar menunjukkan grafik hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 2.21 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m.

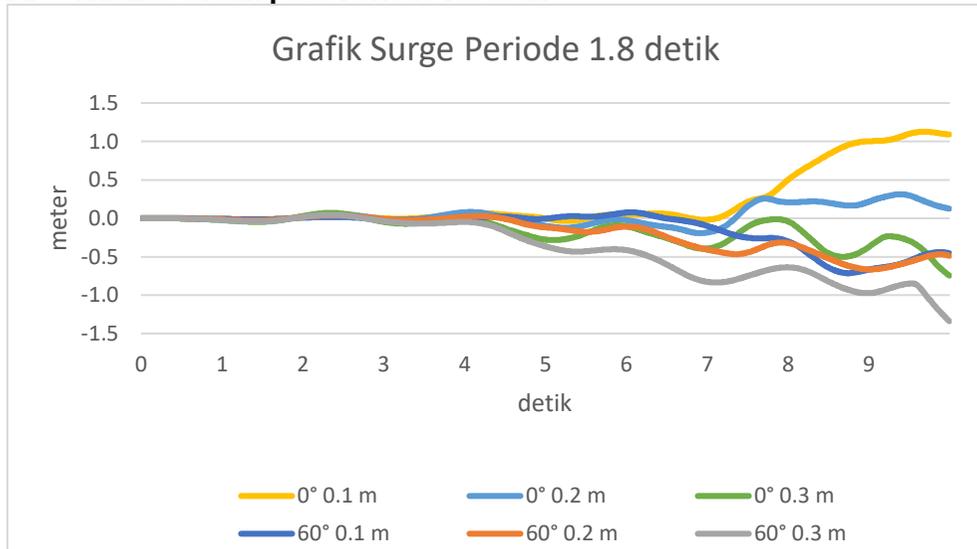
Titik 0 pada derajat menunjukkan ponton dalam keadaan sejajar tanpa ada Gerakan sudut kemiringan kearah sumbu positif maupun sumbu negatif. Gerakan yang bernilai positif dapat ditunjukkan dengan timbulnya puncak gelombang pada grafik, pada simulasi ini sumbu positif merupakan gerakan *pitching* ponton yang berlawanan arah dengan arah datangnya gelombang. Sebaliknya, gerakan yang bernilai negatif dapat ditunjukkan dengan timbulnya lembah gelombang pada grafik, pada simulasi ini sumbu positif merupakan gerakan *pitching* ponton yang searah dengan arah datangnya gelombang. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *pitching* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.1 m dengan nilai *pitching* senilai -22.49 derajat.



Gambar 4.6 Grafik Yaw pada periode 2.21 detik

Gambar diatas menunjukkan grafik yaw pada periode 2.21 detik. Semakin besar nilai yaw, sudut serang gelombang terhadap ponton akan mengalami perubahan. Pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.1 m memiliki nilai yaw terkecil, yaitu sebesar 1.47 derajat. Gerakan yaw terbesar terjadi pada variasi variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m yang memiliki nilai yaw sebesar 11.03 derajat.

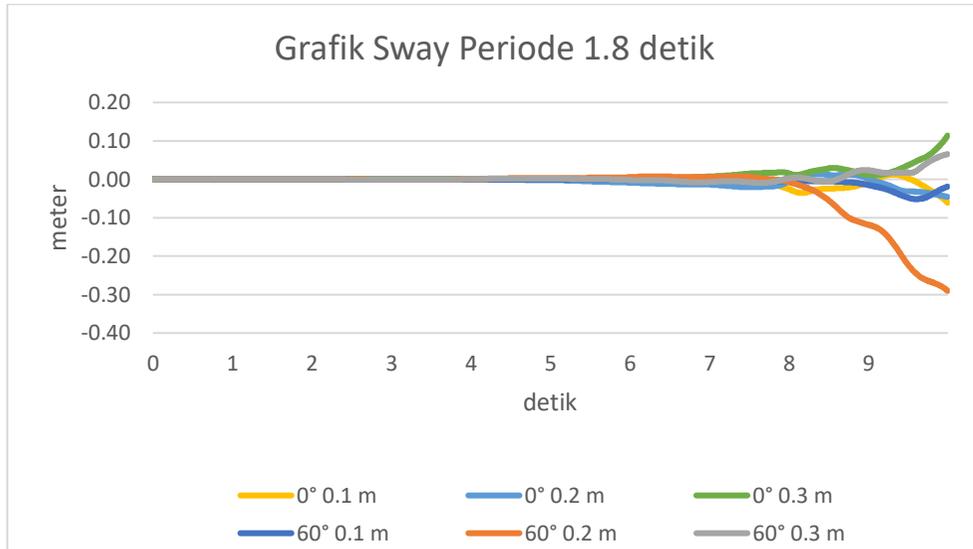
4.1.2 Analisa Grafik pada Periode 1.8 detik



Gambar 4.7. Grafik surge pada periode 1.8 detik

Gambar menunjukkan grafik *surge* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.8 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

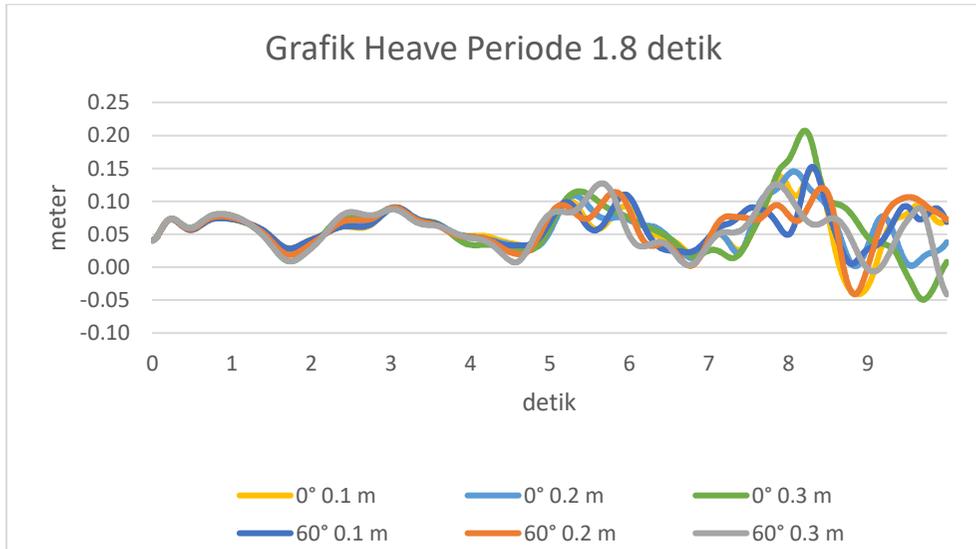
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.3 m yaitu senilai -1.34 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai 0.31 m.



Gambar 4.8. Grafik sway pada periode 1.8 detik

Gambar menunjukkan grafik *sway* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.8 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

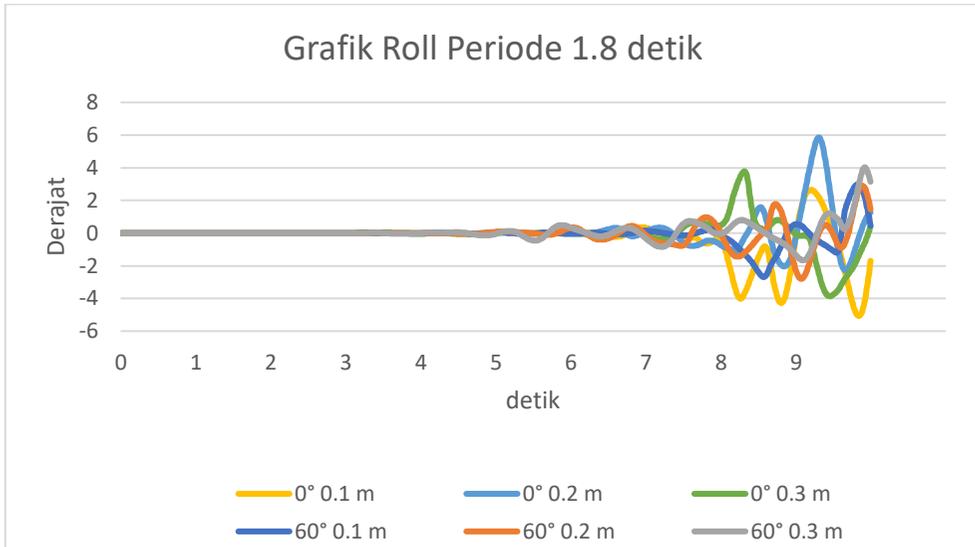
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai -0.29 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m dan 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m yaitu senilai -0.05 m.



Gambar 4.9. Grafik heave pada periode 1.8 detik

Gambar menunjukkan grafik *heave* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.8 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

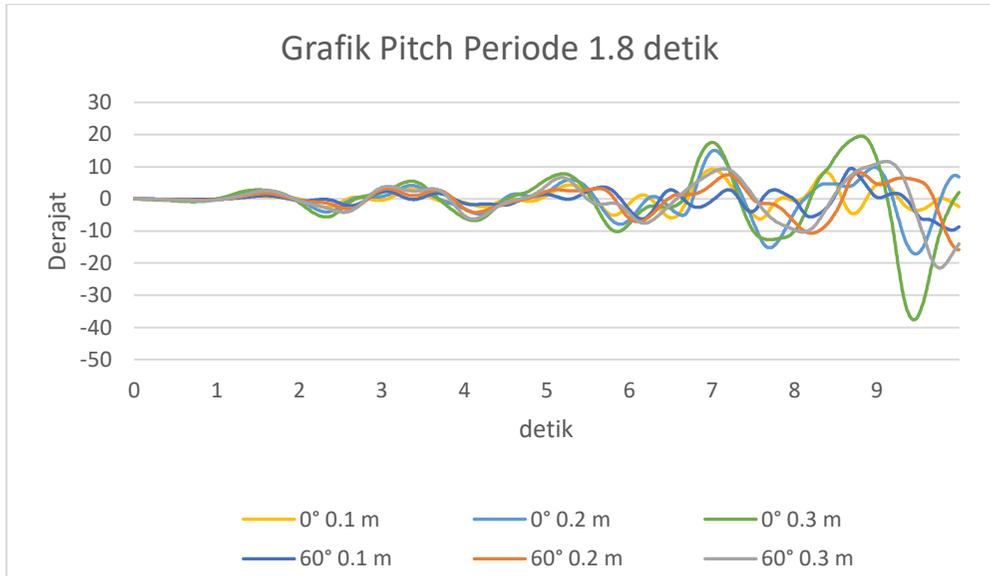
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m yaitu senilai 0.21 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai 0.12 m.



Gambar 4.10. Grafik roll pada periode 1.8 detik

Gambar menunjukkan grafik hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.8 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m.

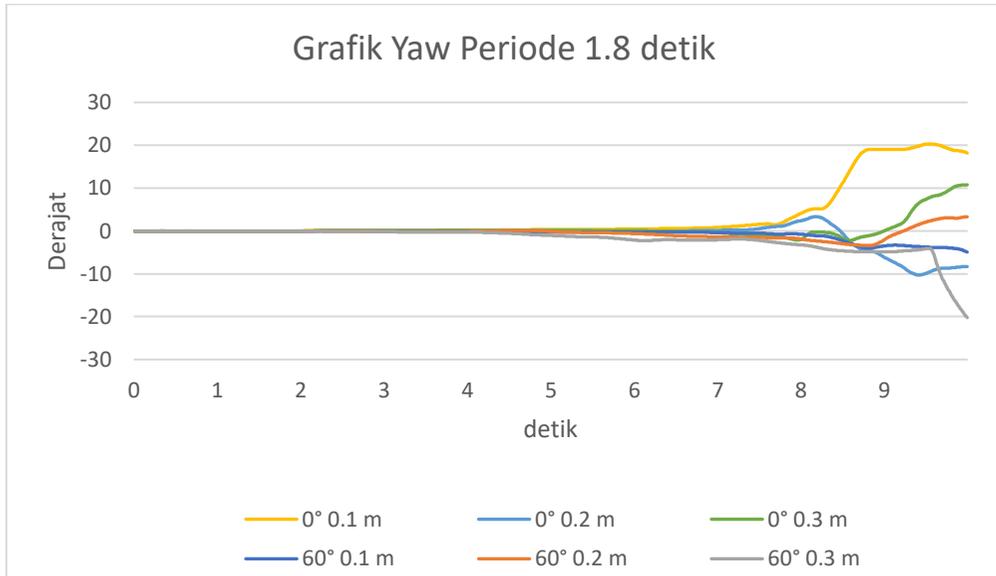
Titik 0 pada derajat menunjukkan ponton dalam keadaan sejajar tanpa ada gerakan sudut kemiringan kearah sumbu positif maupun sumbu negatif. Nilai positif dan negatif hanya menunjukkan arah gerakan ponton terhadap sumbu dari posisi semula. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *roll* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m dengan nilai *roll* senilai 5.86 derajat.



Gambar 4.11. Grafik Pitch pada periode 1.8 detik

Gambar menunjukkan grafik hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.8 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m.

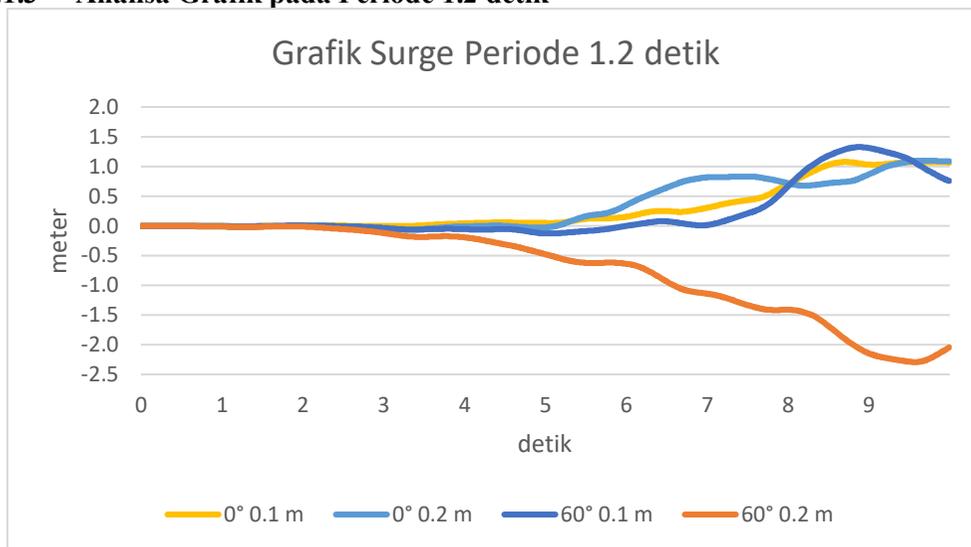
Titik 0 pada derajat menunjukkan ponton dalam keadaan sejajar tanpa ada Gerakan sudut kemiringan kearah sumbu positif maupun sumbu negatif. gerakan yang bernilai positif dapat ditunjukkan dengan timbulnya puncak gelombang pada grafik, pada simulasi ini sumbu positif merupakan gerakan *pitching* ponton yang berlawanan arah dengan arah datangnya gelombang. Sebaliknya, gerakan yang bernilai negatif dapat ditunjukkan dengan timbulnya lembah gelombang pada grafik, pada simulasi ini sumbu positif merupakan gerakan *pitching* ponton yang searah dengan arah datangnya gelombang. Dari grafik diatas, dapat dilihat Gerakan *pitching* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m dengan nilai *pitching* senilai -37.66 derajat.



Gambar 4.12 Grafik Yaw pada periode 1.8 detik

Gambar diatas menunjukkan grafik yaw pada periode 1.8 detik. Semakin besar nilai yaw, sudut serang gelombang terhadap ponton akan mengalami perubahan. Gerakan yaw terbesar terjadi pada variasi variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m yang juga memiliki nilai *pitching* terbesar dengan nilai yaw sebesar -20.23 derajat. dengan tinggi gelombang 0.1 m yang memiliki nilai yaw sebesar 11.03 derajat. Sedangkan Gerakan yaw terkecil terjadi pada variasi variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m yang memiliki nilai yaw sebesar 3.29 derajat.

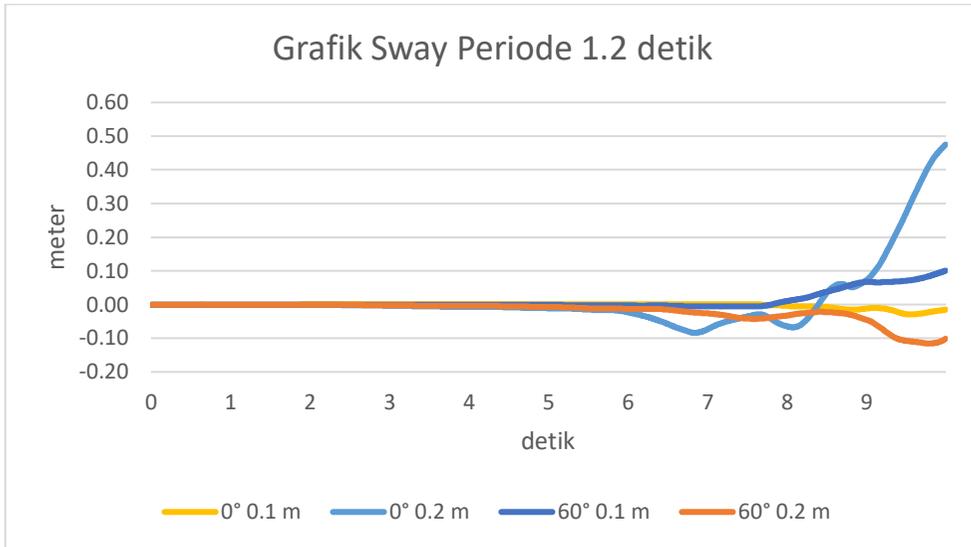
4.1.3 Analisa Grafik pada Periode 1.2 detik



Gambar 4.13. Grafik surge pada periode 1.2 detik

Gambar menunjukkan grafik *surge* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.2 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negatif menunjukkan arah ponton.

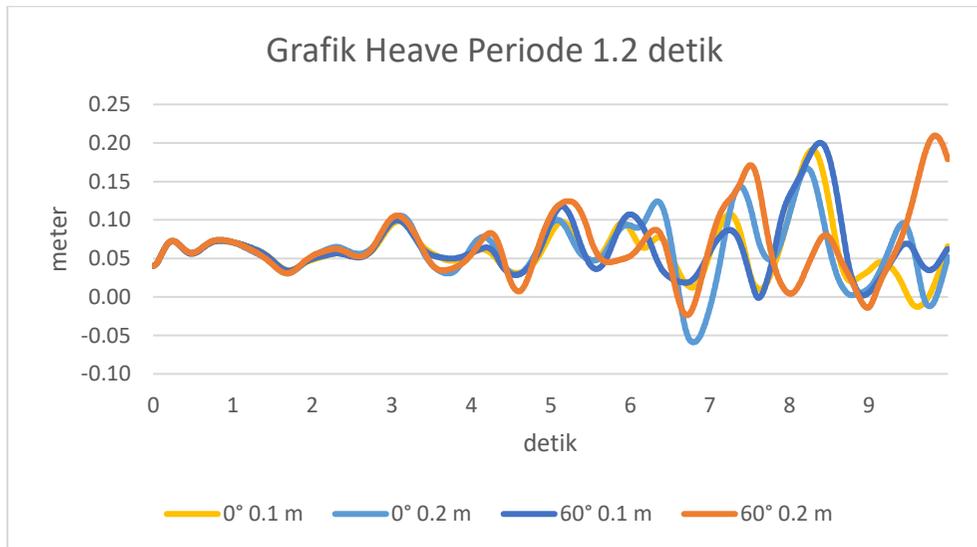
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai -2.29 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.1 m yaitu senilai 1.07 m. Variasi 60° memiliki nilai yang lebih besar daripada variasi 0° .



Gambar 4.14. Grafik sway pada periode 1.2 detik

Gambar menunjukkan grafik *sway* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.2 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

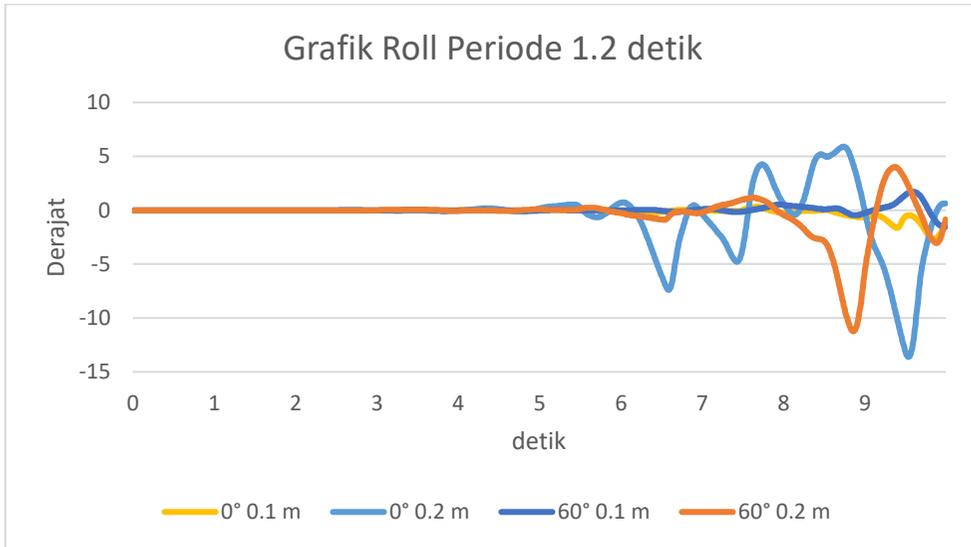
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai 0.48 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.1 m d yaitu senilai -0.03 m.



Gambar 4.15. Grafik heave pada periode 1.2 detik

Gambar menunjukkan grafik *heave* hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.2 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m. Nilai sumbu vertikal menunjukkan simpangan ponton terhadap posisi awal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu simulasi ponton. Nilai positif dan negative menunjukkan arah ponton.

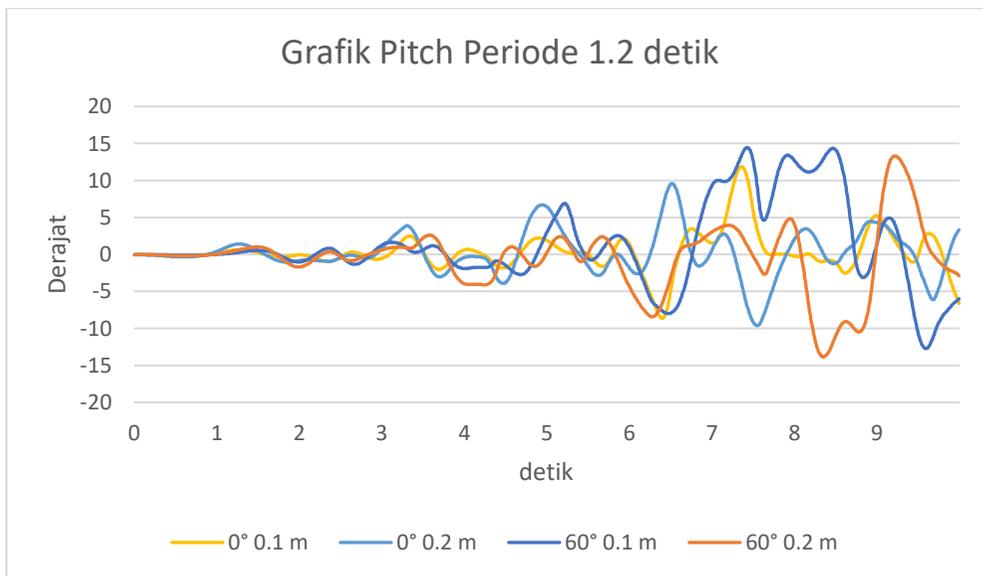
Pada variasi ini, simpangan terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai 0.21 m. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m yaitu senilai 0.17 m.



Gambar 4.16. Grafik roll pada periode 1.2 detik

Gambar menunjukkan grafik hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.2 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m.

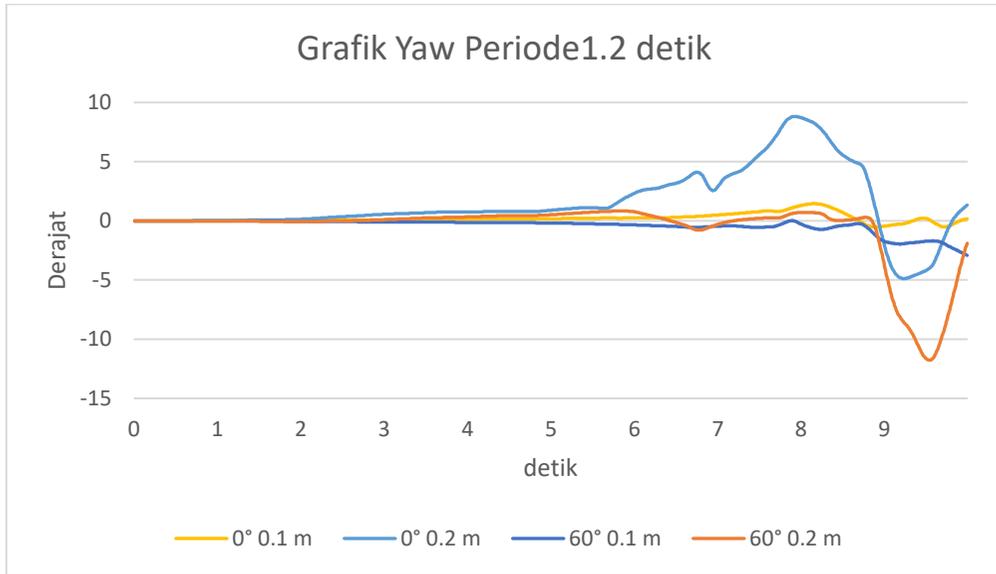
Titik 0 pada derajat menunjukkan ponton dalam keadaan sejajar tanpa ada gerakan sudut kemiringan kearah sumbu positif maupun sumbu negatif. Nilai positif dan negatif hanya menunjukkan arah gerakan ponton terhadap sumbu dari posisi semula. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *roll* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.2 m dengan nilai *roll* senilai -11.23 derajat.



Gambar 4.17 Grafik Pitch pada periode 1.2 detik

Gambar menunjukkan grafik hasil simulasi ponton dengan sudut serang gelombang 0° dan 60° pada periode 1.2 detik. Terdapat tiga variasi ketinggian gelombang, yang pada grafik tersebut yaitu ketinggian 0.1 m, 0.2 m dan 0.3 m.

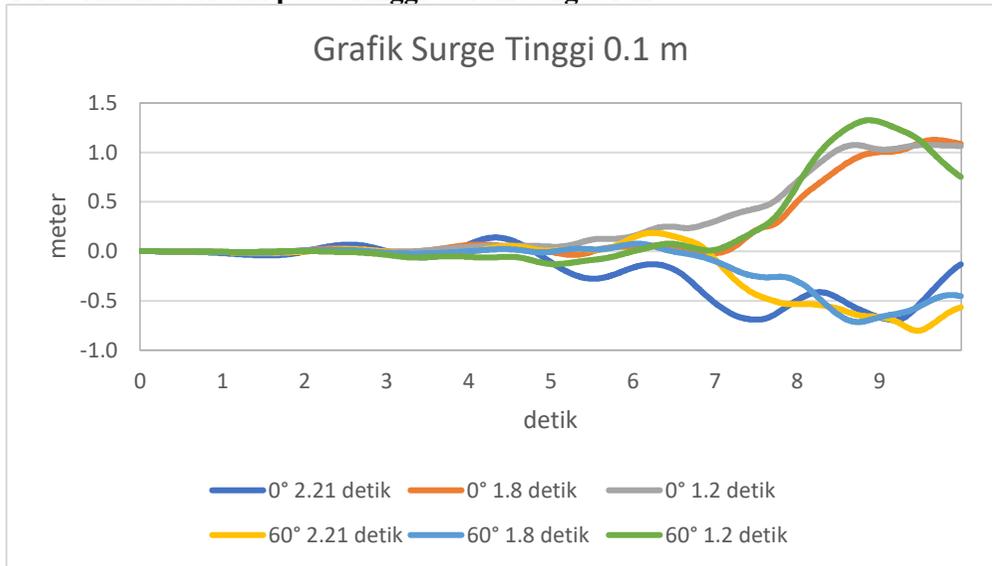
Titik 0 pada derajat menunjukkan ponton dalam keadaan sejajar tanpa ada Gerakan sudut kemiringan kearah sumbu positif maupun sumbu negatif. Gerakan yang bernilai positif dapat ditunjukkan dengan timbulnya puncak gelombang pada grafik, pada simulasi ini sumbu positif merupakan gerakan *pitching* ponton yang berlawanan arah dengan arah datangnya gelombang. Sebaliknya, gerakan yang bernilai negatif dapat ditunjukkan dengan timbulnya lembah gelombang pada grafik, pada simulasi ini sumbu positif merupakan gerakan *pitching* ponton yang searah dengan arah datangnya gelombang. Pada grafik diatas variasi 0° dan 60° pada ketinggian 0.3 m mengalami kegagalan iterasi di waktu 4 detik pada aplikasi NUMECA FINEMARINE. Selain dari dua variasi tersebut, gerakan *pitching* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m dengan nilai *pitching* senilai 14.45 derajat.



Gambar 4.18 Grafik Yaw pada periode 1.2 detik

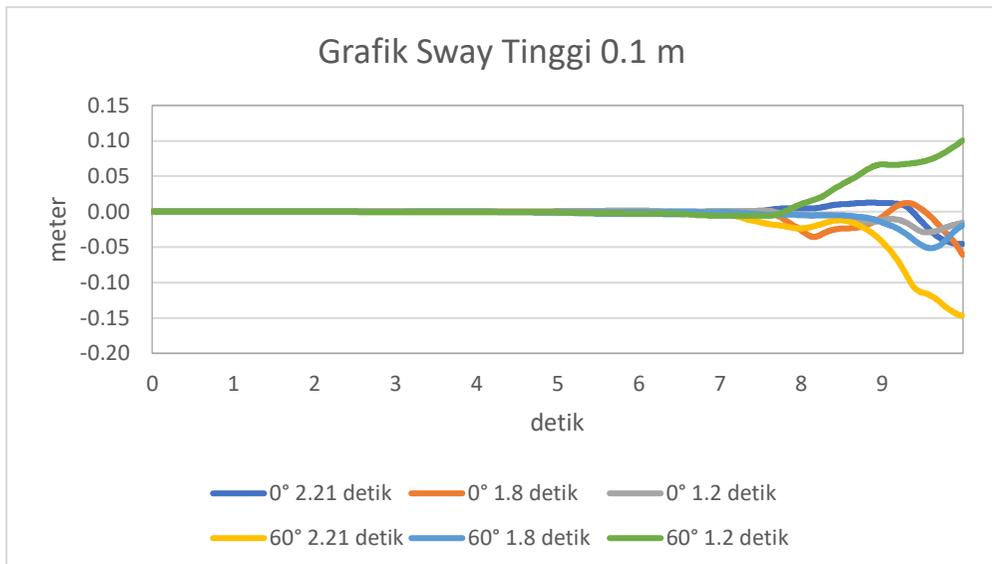
Gambar diatas menunjukkan grafik *yaw* pada periode 1.2 detik. Semakin besar nilai *yaw*, sudut serang gelombang terhadap ponton akan mengalami perubahan. Pada grafik diatas variasi 0° dan 60° pada ketinggian 0.3 m mengalami kegagalan iterasi di waktu 4 detik pada aplikasi NUMECA FINEMARINE. Kegagalan iterasi disebabkan oleh gelombang yang terlalu besar dan cepat mengenai ponton sebelum ponton kembali ke posisi semula. Variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.1 m yang memiliki nilai *pitching* terbesar memiliki nilai *yaw* sebesar -2.92 derajat. Selain dari dua variasi tersebut, gerakan *yaw* terbesar terjadi pada variasi 60° dengan tinggi gelombang 0.2 m yang memiliki nilai *yaw* sebesar -11.7 derajat. Sedangkan Gerakan *yaw* terkecil terjadi pada variasi variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.1 m yang memiliki nilai *yaw* sebesar 1.45 derajat.

4.1.4 Analisa Grafik pada Tinggi Gelombang 0.1 m



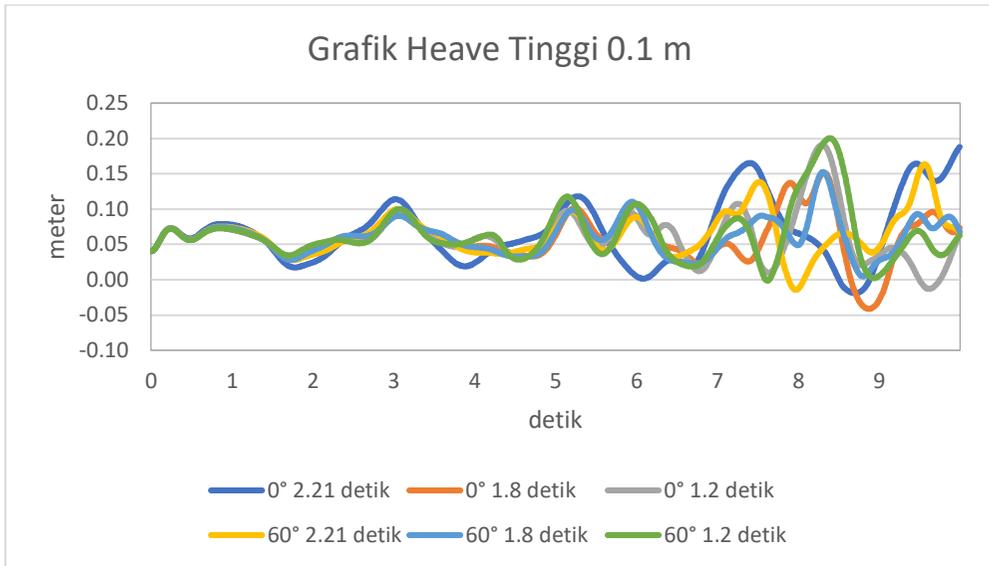
Gambar 4.19. Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil simulasi *surge* pada ketinggian gelombang 0.1 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *surge* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 1.2 detik yaitu sebesar 1.33 m.



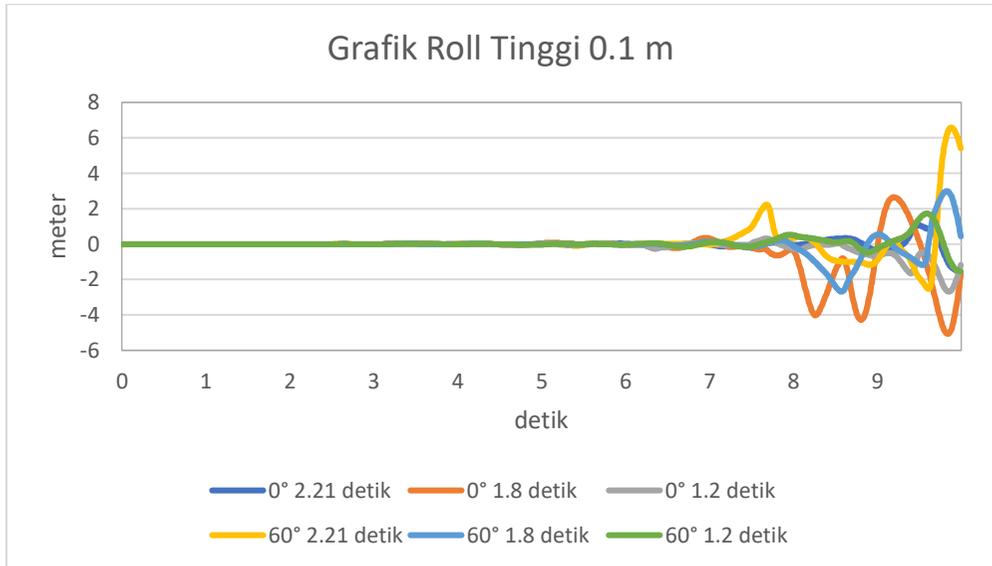
Gambar 4.20. Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

Gambar 4.20. menunjukkan grafik hasil simulasi *sway* pada ketinggian gelombang 0.1 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *sway* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 2.21 detik yaitu sebesar -0.15 m.



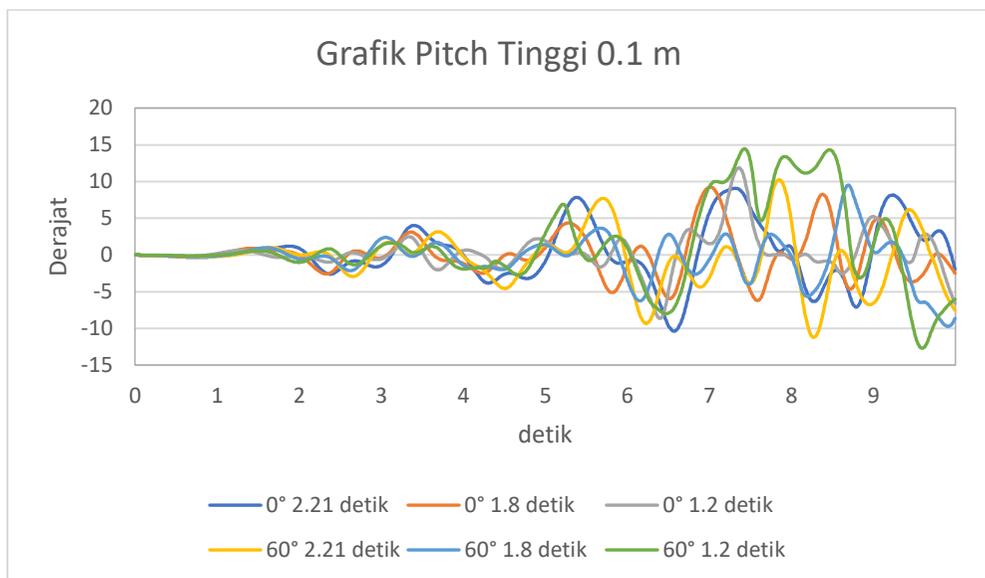
Gambar 4.21. Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil simulasi *heave* pada ketinggian gelombang 0.1 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *heave* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 1.2 detik yaitu sebesar 0.21 m.



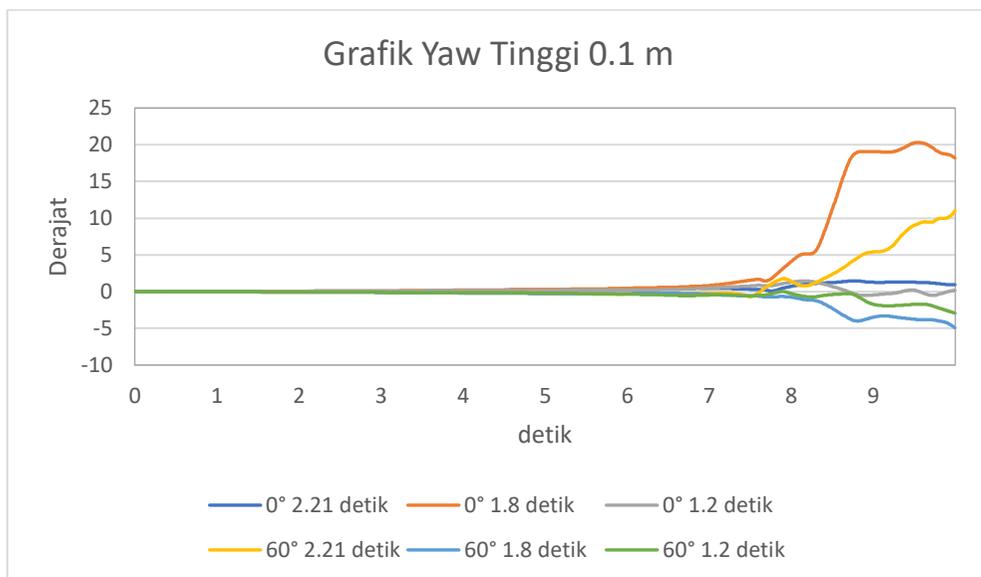
Gambar 4.22. Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

Gambar diatas menunjukkan variasi grafik *roll* pada ketinggian gelombang 0.1 m. Terdapat dua variasi sudut serang gelombang yaitu 0° dan 60° dari *floate*r dengan variasi periode sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *roll* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 2.21 detik dengan nilai pitching senilai 6.58 derajat.



Gambar 4.23 Grafik Pitch pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

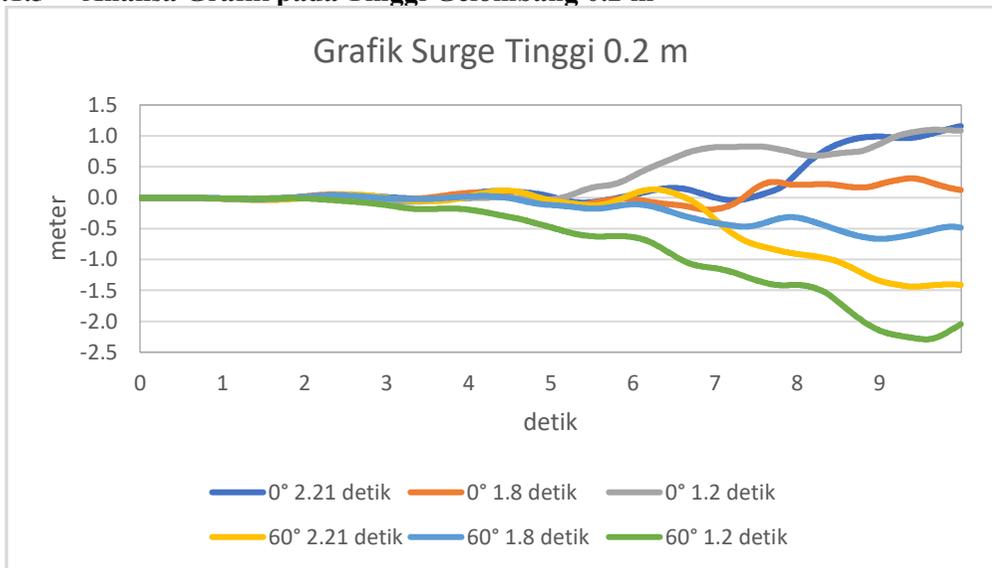
Gambar 4.23. menunjukkan variasi grafik *pitch* pada ketinggian gelombang 0.1 m. Terdapat dua variasi sudut serang gelombang yaitu 0° dan 60° dari *floater* dengan variasi periode sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat Gerakan *pitching* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 1.2 detik dengan nilai *pitching* senilai 14.45 derajat.



Gambar 4.24 Grafik Yaw pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

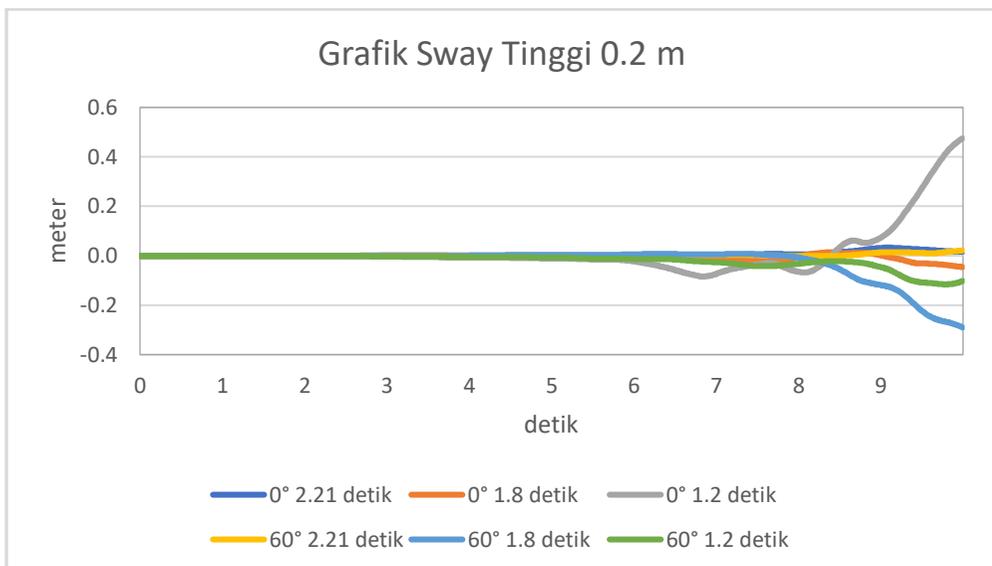
Gambar diatas menunjukkan perbandingan grafik *yaw* pada variasi tinggi gelombang 0.1 m. Variasi 60° dengan periode 1.2 yang memiliki Gerakan *pitching* terbesar memiliki nilai *yaw* sebesar 1.45 derajat yang menunjukkan ponton stabil terhadap Gerakan *yaw*. Pada grafik *yaw* diatas, variasi dengan sudut serang 0 derajat dan periode 1.8 detik memiliki nilai *yaw* terbesar dengan nilai sebesar 20.34 derajat.

4.1.5 Analisa Grafik pada Tinggi Gelombang 0.2 m



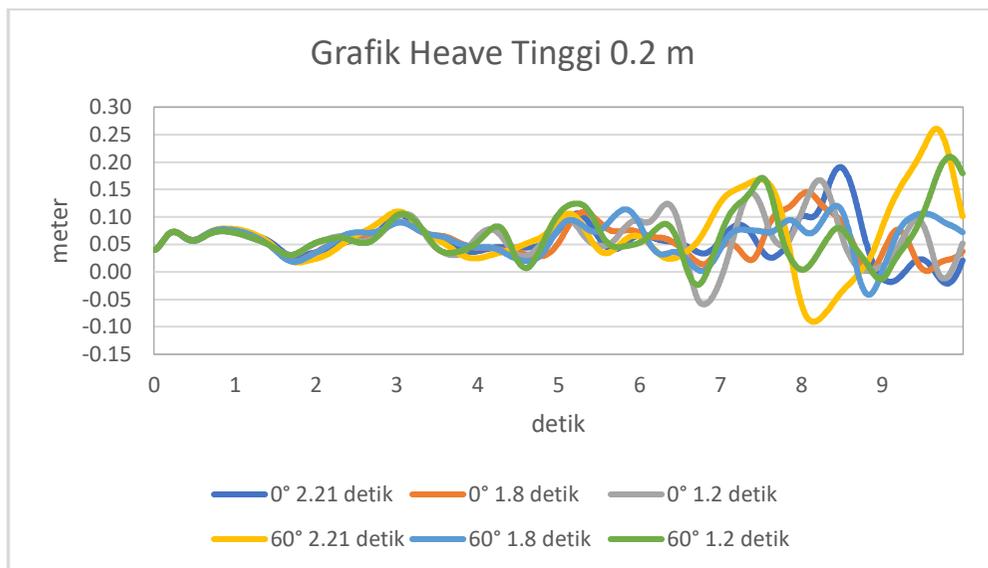
Gambar 4.25. Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil simulasi *surge* pada ketinggian gelombang 0.2 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *surge* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 1.2 detik yaitu sebesar 2.29 m.



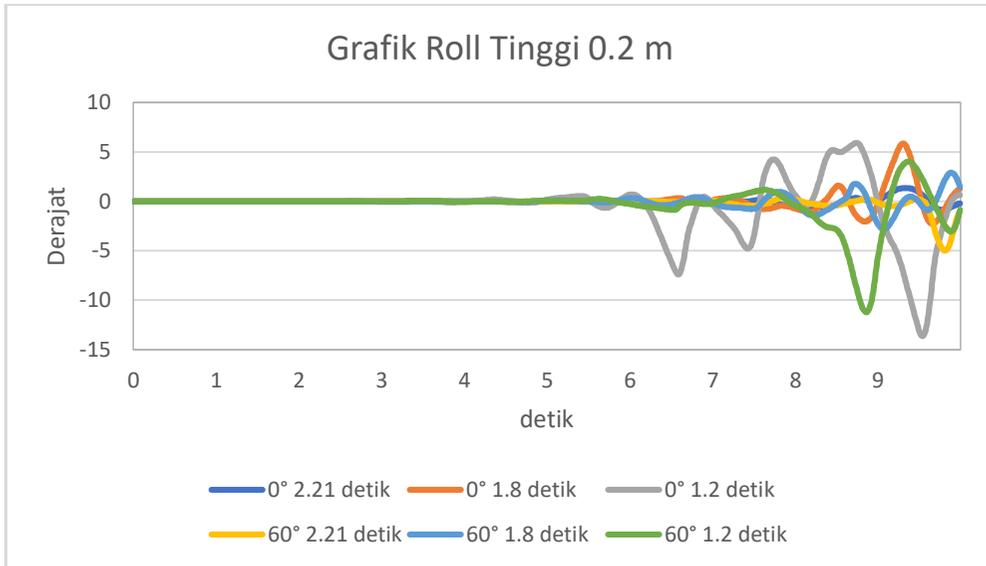
Gambar 4.26. Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

Gambar 4.26. menunjukkan grafik hasil simulasi *sway* pada ketinggian gelombang 0.2 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *sway* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan periode 1.2 detik yaitu sebesar 0.48 m.



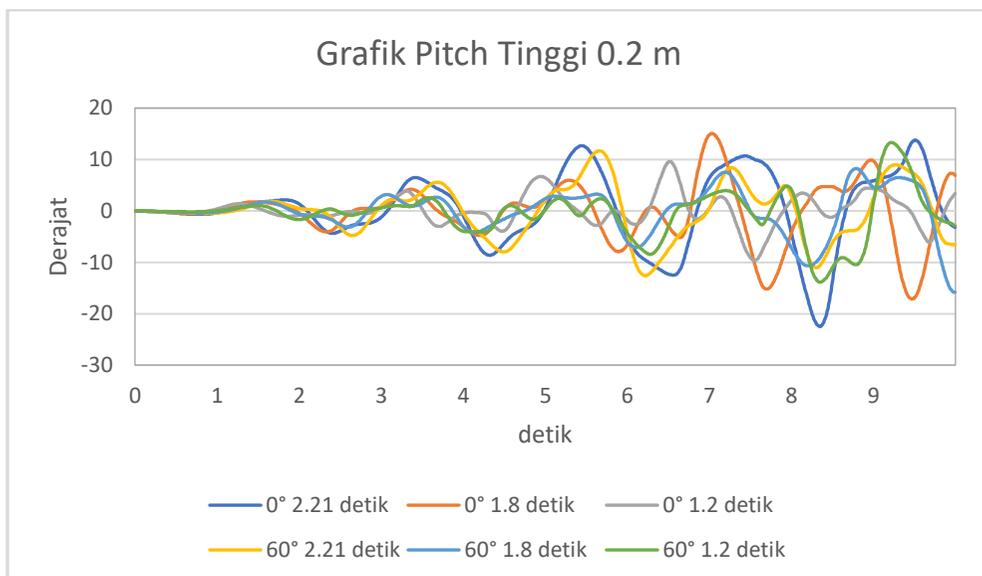
Gambar 4.27. Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil simulasi *heave* pada ketinggian gelombang 0.2 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *heave* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 2.21 detik yaitu sebesar 0.26 m.



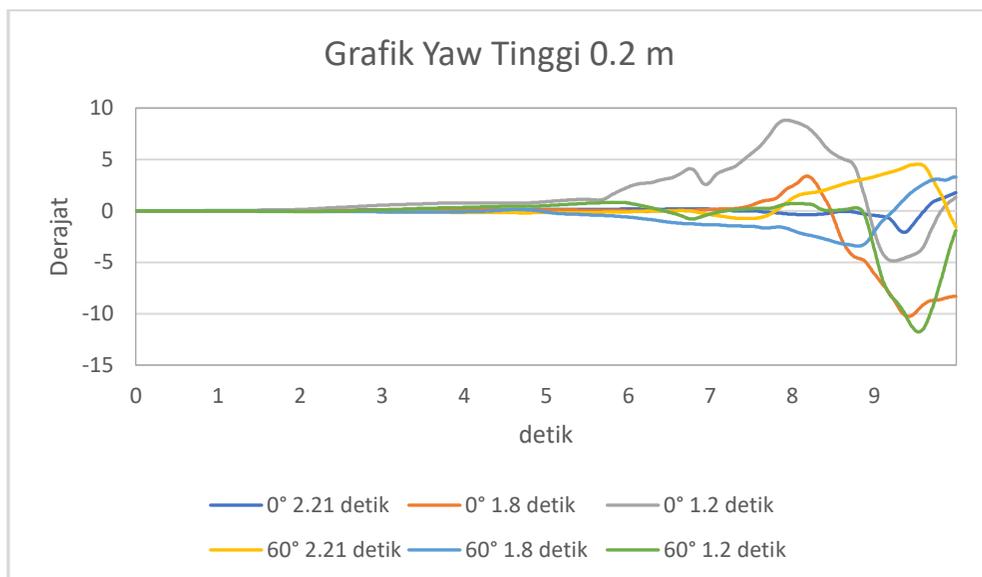
Gambar 4.28. Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

Gambar diatas menunjukkan variasi grafik *roll* pada ketinggian gelombang 0.2 m. Terdapat dua variasi sudut serang gelombang yaitu 0° dan 60° dari *floate*r dengan variasi periode sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *roll* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan periode 1.2 detik dengan nilai pitching senilai -10.27 derajat.



Gambar 4.29 Grafik Pitch pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

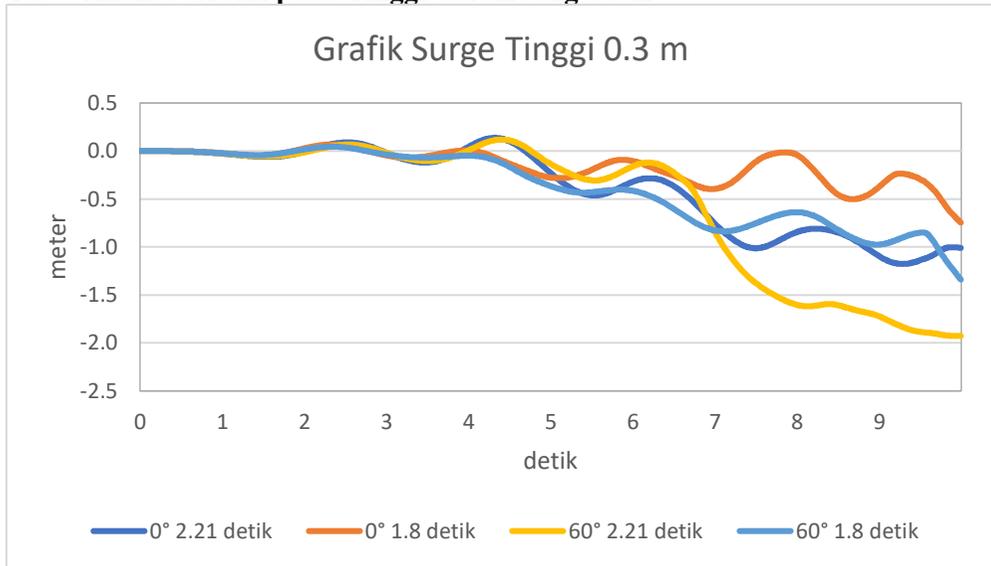
Gambar 4.29. diatas menunjukkan variasi grafik *pitch* pada ketinggian gelombang 0.2 m. Terdapat dua variasi sudut serang gelombang yaitu 0° dan 60° dari *floater* dengan variasi periode sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat Gerakan pitching terbesar terdapat pada variasi 0° dengan periode 2.21 detik dengan nilai pitching senilai -22.49 derajat.



Gambar 4.30 Grafik Yaw pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

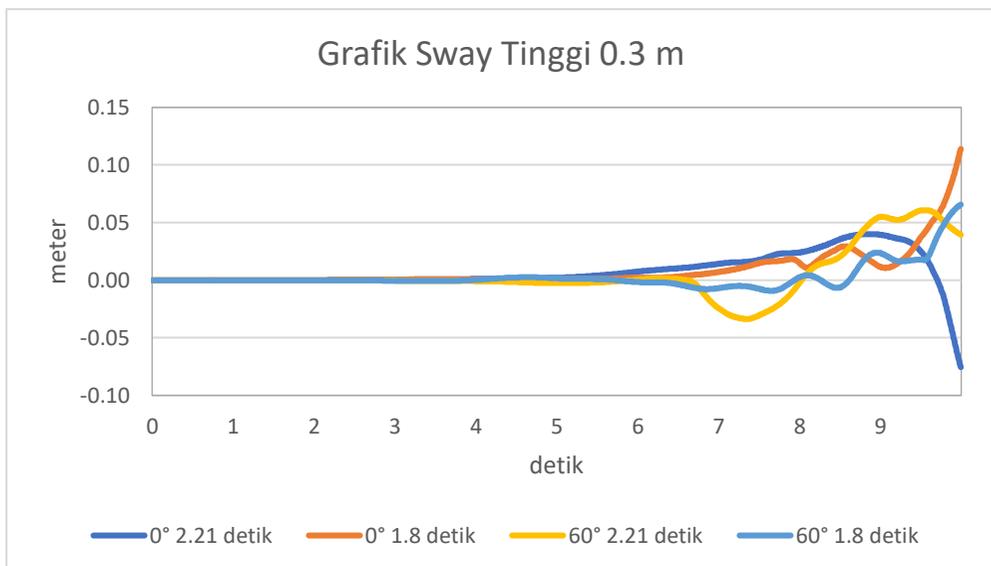
Gambar diatas menunjukkan perbandingan grafik *yaw* pada variasi tinggi gelombang 0.2 m. Pada grafik *yaw* diatas, variasi 0° dengan periode 2.21 detik yang memiliki nilai *pitching* terbesar memiliki nilai *yaw* sebesar -2.09 dan merupakan variasi dengan nilai *yaw* terkecil. Variasi dengan sudut serang 60 derajat dan periode 1.2 detik memiliki nilai *yaw* terbesar dengan nilai sebesar -11.77 derajat.

4.1.6 Analisa Grafik pada Tinggi Gelombang 0.3 m



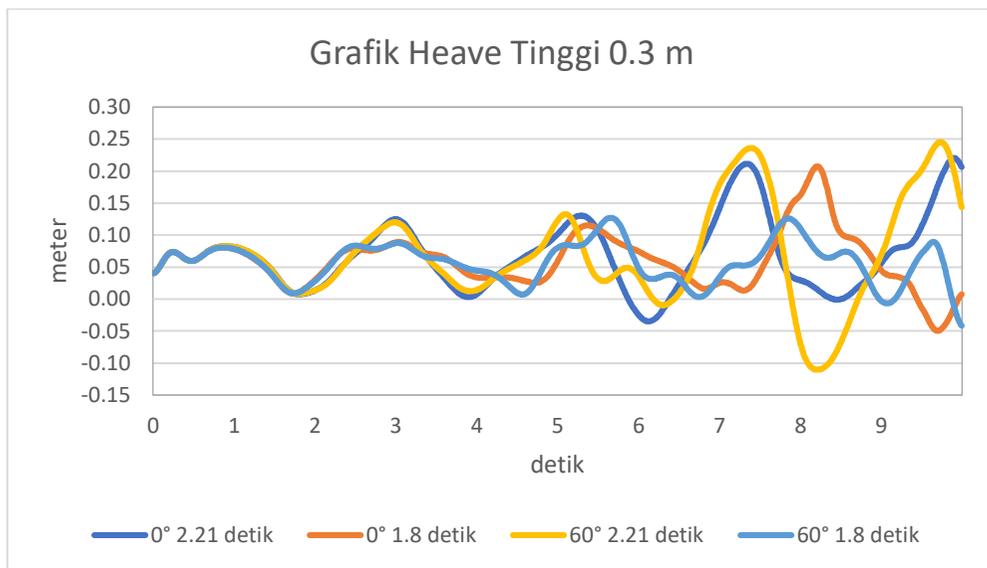
Gambar 4.31. Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil simulasi *surge* pada ketinggian gelombang 0.3 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *surge* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 2.21 detik yaitu sebesar -1.93 m.



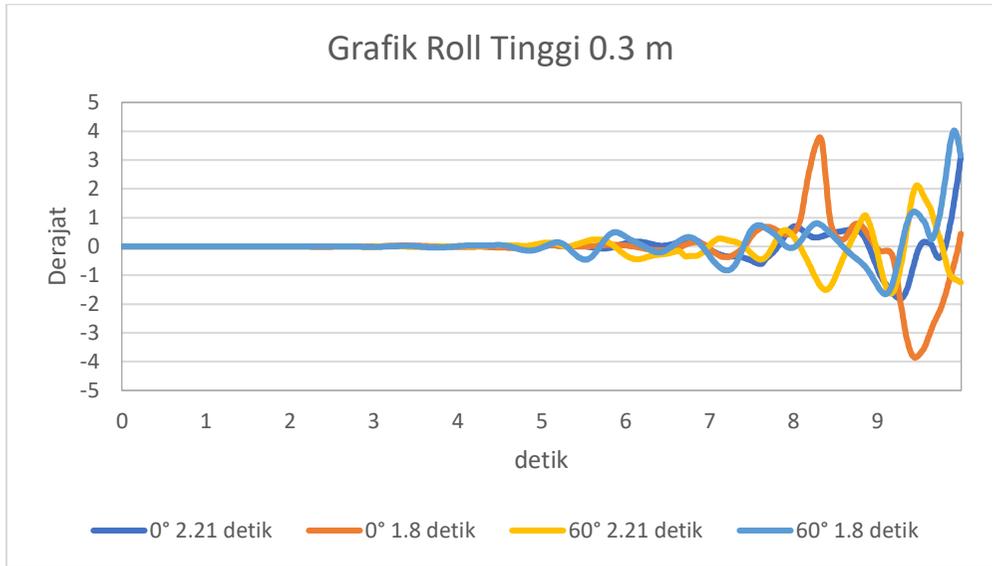
Gambar 4.32. Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

Gambar 4.32. menunjukkan grafik hasil simulasi *sway* pada ketinggian gelombang 0.3 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *sway* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan periode 1.8 detik yaitu sebesar 0.11 m.



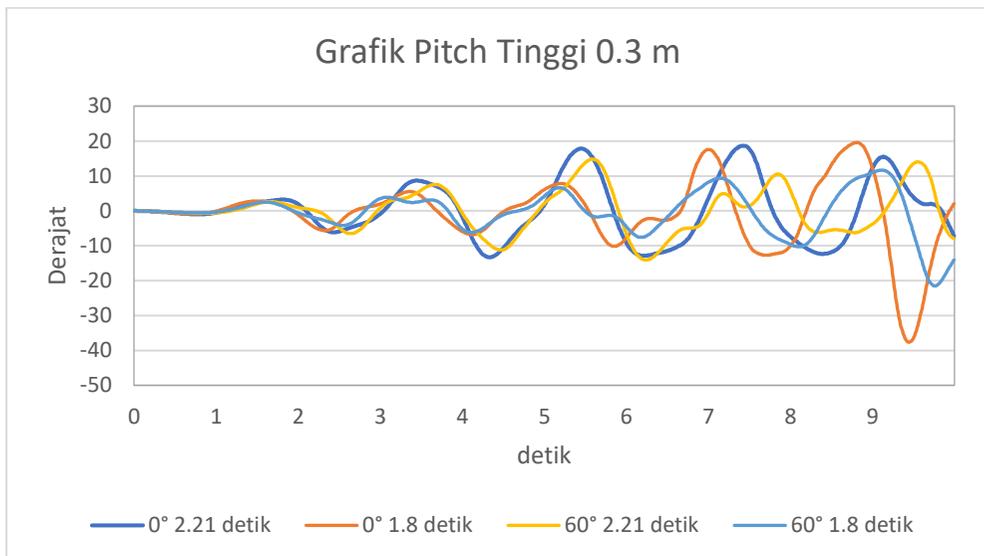
Gambar 4.33. Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil simulasi *heave* pada ketinggian gelombang 0.3 m dengan variasi sudut gelombang 0° dan 60° dengan variasi periode 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *heave* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 2.21 detik yaitu sebesar 0.25 m.



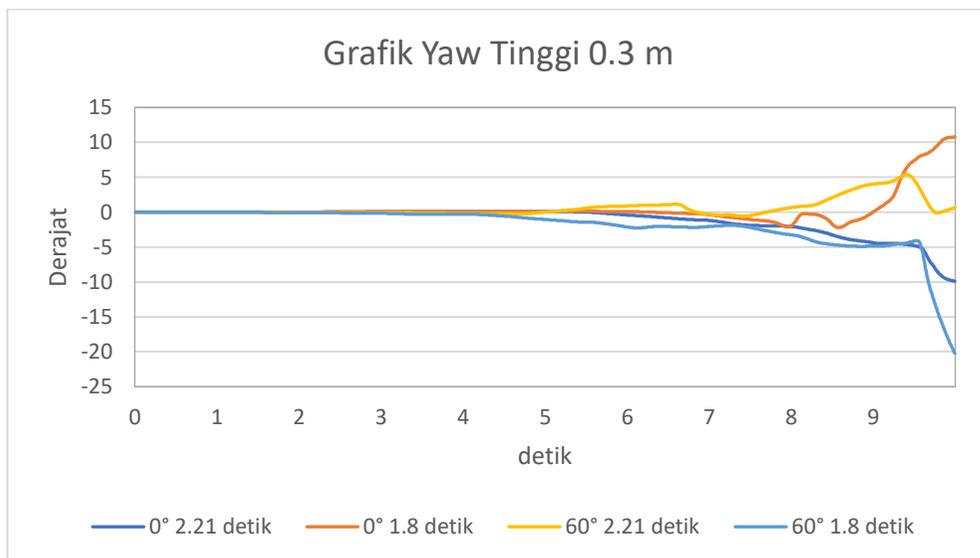
Gambar 4.34. Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

Gambar diatas menunjukkan variasi grafik *roll* pada ketinggian gelombang 0.3 m. Terdapat dua variasi sudut serang gelombang yaitu 0° dan 60° dari *floate*r dengan variasi periode sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Dari grafik diatas, dapat dilihat gerakan *roll* terbesar terdapat pada variasi 60° dengan periode 1.8 detik dengan nilai pitching senilai 4.03 derajat.



Gambar 4.35 Grafik Pitch pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

Gambar 4.35. diatas menunjukkan variasi grafik *pitch* pada ketinggian gelombang 0.2 m. Terdapat dua variasi sudut serang gelombang yaitu 0° dan 60° dari *float* dengan variasi periode sebesar 2.21 detik, 1.8 detik dan 1.2 detik. Pada variasi 0 derajat dan 60 derajat dengan periode 1.2 detik, kedua variasi tersebut mengalami kegagalan iterasi pada aplikasi NUMECA FINEMARINE. Selain dari kedua variasi tersebut, variasi yang memiliki nilai *pitching* terbesar terdapat pada variasi 0° dengan periode 1.8 detik dengan nilai *pitching* senilai -37.66 derajat.



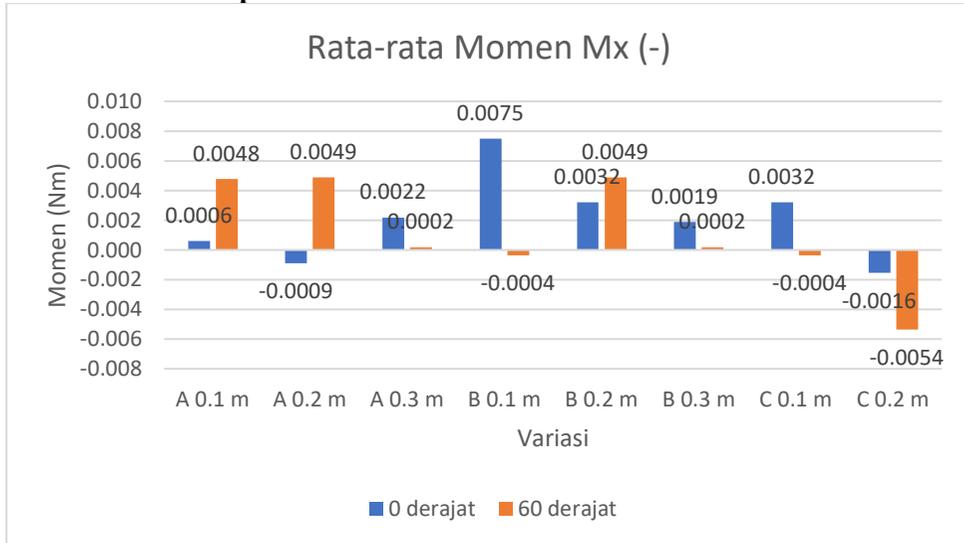
Gambar 4.36. Grafik Yaw pada Ketinggian Gelombang 0.2 m

Gambar diatas menunjukkan perbandingan grafik *yaw* pada variasi tinggi gelombang 0.2 m. Pada variasi 0° dengan periode 1.8 detik yang memiliki nilai *pitching* terbesar, memiliki nilai *yaw* 10.79 derajat. Pada variasi 0 derajat dan 60 derajat dengan periode 1.2 detik, kedua variasi tersebut mengalami kegagalan iterasi pada aplikasi NUMECA FINEMARINE. Kegagalan iterasi disebabkan oleh gelombang yang terlalu besar dan cepat mengenai ponton sebelum ponton kembali ke posisi semula. Selain dari kedua variasi diatas, variasi dengan sudut serang 60 derajat dan periode 1.2 detik memiliki nilai *yaw* terbesar dengan nilai sebesar -20.23 derajat. Sedangkan nilai *yaw* terkecil terdapat pada variasi 60 derajat dengan periode 2.21 detik yang memiliki nilai *yaw* sebesar -5.42 derajat.

4.2 Nilai Momen Hasil Simulasi

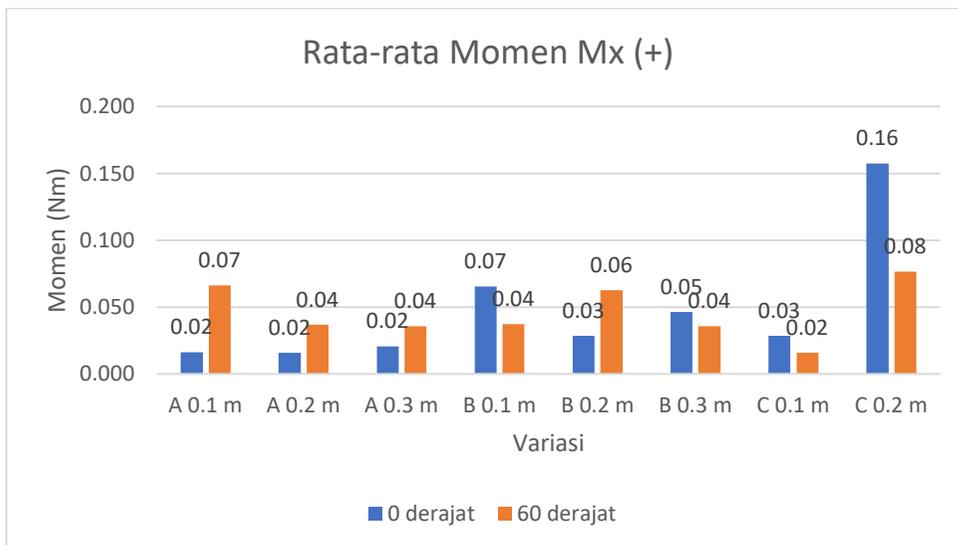
Dari variasi simulasi yang telah dilakukan, juga didapatkan nilai momen yang dihasilkan pada ponton. Data momen ponton yang dihasilkan selanjutnya diambil nilai rata-rata momen pada setiap variasi. Pada simulasi ini didapat momen pada sumbu Mx dan My. A, B, C menunjukkan variasi periode yaitu 2.21 detik.

4.2.1 Nilai Momen pada Sumbu Mx



Gambar 4.37 Nilai Momen Mx Negatif

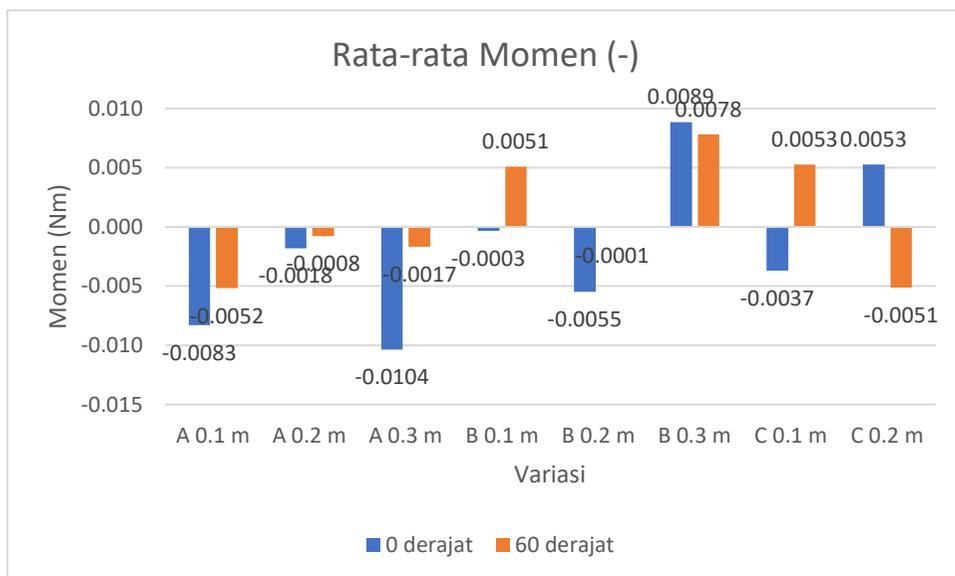
Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata momen dari setiap variasi. Pada grafik ini, nilai momen yang bernilai negatif tetap djumlahkan sehingga nilai rata-rata momen terlihat kecil. Nilai negatif dan positif menunjukkan arah momen. Pada grafik diatas, nilai momen Mx yang terbesar adalah variasi sudut serang gelombang 0 derajat, dengan variasi periode 1.8 detik dan tinggi gelombang 0.1 m dengan momen sebesar 0.0075 Nm.



Gambar 4.38 Nilai Momen Mx Positif

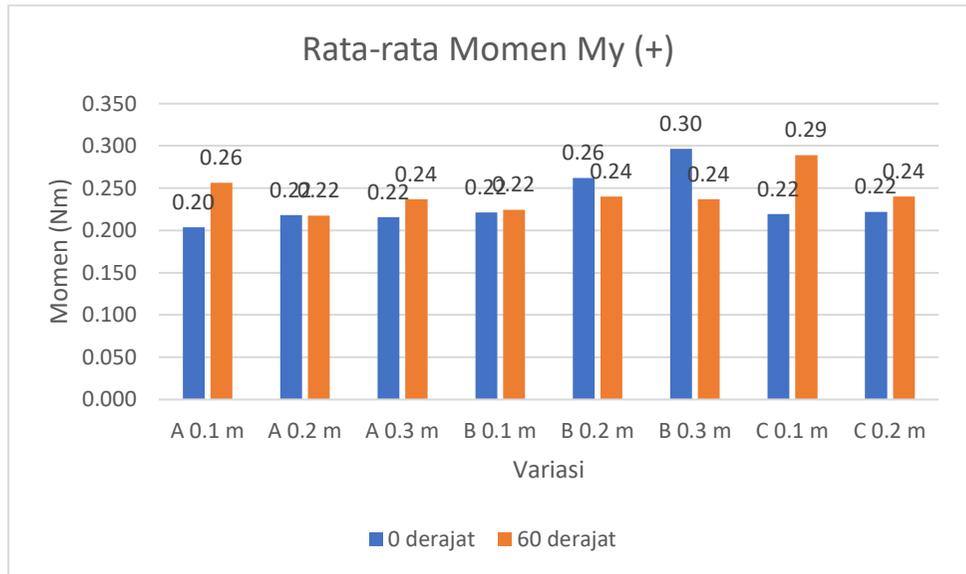
Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata momen dari setiap variasi. Pada grafik ini, arah momen diabaikan sehingga nilai momen dianggap positif. Pada grafik diatas, nilai momen Mx yang terbesar adalah variasi sudut serang gelombang 0 derajat, dengan variasi periode 1.8 detik dan tinggi gelombang 0.2 m dengan momen sebesar 0.16 Nm.

4.2.2 Nilai Momen pada Sumbu My



Gambar 4.39. Nilai Momen My Negatif

Grafik 4.40. menunjukkan nilai rata-rata momen dari setiap variasi. Pada grafik ini, nilai momen yang bernilai negatif tetap dijumlahkan sehingga nilai rata-rata momen terlihat kecil. Nilai negatif dan positif menunjukkan arah momen. Pada grafik diatas, nilai momen M_y yang terbesar adalah variasi sudut serang gelombang 0 derajat, dengan variasi periode 2.21 detik dan tinggi gelombang 0.3 m dengan momen sebesar -0.0104 Nm.



Gambar 4.40 Nilai Momen M_y Positif

Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata momen dari setiap variasi. Pada grafik ini, arah momen diabaikan sehingga nilai momen dianggap positif. Pada grafik diatas, nilai momen M_x yang terbesar adalah variasi sudut serang gelombang 0 derajat, dengan variasi periode 1.8 detik dan tinggi gelombang 0.3 m dengan momen sebesar 0.30 Nm.

4.3 Hasil Simulasi

Dari proses simulasi dengan berbagai variasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil running simulasi seperti dibawah ini :

Tabel 4.1. Tabel Gerakan Translasi Hasil Simulasi Ponton

Sudut Serang Gelombang	Periode (detik)	Tinggi Gelombang (m)	Surge	Sway	Heave
			max (m)	max (m)	max (m)
0 derajat	2.21	0.1	-0.7	-0.05	0.19
		0.2	1.16	0.03	0.19
		0.3	-1.18	-0.08	0.22
	1.8	0.1	1.13	-0.06	0.15
		0.2	0.31	-0.05	0.15
		0.3	-0.75	0.11	0.21
	1.2	0.1	1.07	-0.03	0.19
		0.2	1.1	0.48	0.17
		0.3	Gagal		
60 derajat	2.21	0.1	-0.8	-0.15	0.16
		0.2	-1.44	0.02	0.26
		0.3	-1.93	0.06	0.25
	1.8	0.1	-0.71	-0.05	0.15
		0.2	-0.67	-0.29	0.12
		0.3	-1.34	0.07	0.13
	1.2	0.1	1.33	0.1	0.2
		0.2	-2.29	-0.12	0.21
		0.3	Gagal		

Tabel diatas merupakan hasil simulasi dari variasi yang dilakukan, didapatkan nilai *surge*, *sway*, dan *heave*. Data pada tabel diatas merupakan nilai simpangan maksimal gerakan yang terjadi pada ponton. Variasi dengan sudut serang 0 derajat dan 60 derajat dengan ketinggian gelombang 0.3 meter dan periode 1.2 detik mengalami kegagalan iterasi pada aplikasi NUMECA FINEMARINE.

Tabel 4.2. Tabel Gerakan Rotasi Hasil Simulasi Ponton

Serang Gelomba	Periode (detik)	Gelombang (m)	Roll (derajat)		Pitch (derajat)		Yaw (derajat)	
			Max	Min	max	min	max	min
0 derajat	2.21	0.1	1.06	-1.74	9.09	-10.38	0.24	-0.39
		0.2	1.36	0.86	13.76	-22.49	1.77	-2.09
		0.3	3.09	-1.82	18.67	-13.33	0.13	-9.9
	1.8	0.1	2.65	-5.07	9.24	-6.21	20.34	0
		0.2	5.86	-2.28	15.07	-17.13	3.38	-10.27
		0.3	3.79	-3.86	19.57	-37.66	10.79	-2.21
	1.2	0.1	0.32	-2.69	11.86	-8.65	1.45	-0.53
		0.2	5.9	-13.62	9.59	-9.63	8.82	-4.88
		0.3	Gagal					
60 derajat	2.21	0.1	6.58	-2.53	10.24	-11.22	11.03	-0.7
		0.2	0.53	-4.99	11.69	-12.59	4.52	-1.56
		0.3	2.12	-1.64	14.79	-14.09	-5.42	-0.57
	1.8	0.1	3.00	-2.69	9.51	-9.75	0.00	-4.92
		0.2	2.91	-2.8	8.23	-15.83	3.29	-3.42
		0.3	4.03	-1.66	11.68	-21.53	0.00	-20.23
	1.2	0.1	1.73	-1.53	14.45	-12.71	-2.92	0.03
		0.2	4.01	-11.23	13.31	-13.86	0.83	-11.77
		0.3	Gagal					

Dari semua variasi yang telah dilakukan, dua variasi yaitu variasi dengan sudut serang 0 derajat dan 60 derajat dengan ketinggian gelombang 0.3 meter dan periode 1.2 detik mengalami kegagalan iterasi pada aplikasi NUMECA FINEMARINE. Dari variasi tersebut, yang memiliki respon gerakan terbaik adalah variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m dan periode 1.8 detik yaitu -37.66 derajat dan yaw 10.79 derajat.

Tabel 4.3 Tabel Momen Hasil Simulasi Ponton

Sudut Serang Gelombang	Periode (detik)	Tinggi Gelombang	Rata-rata Mx		Rata-rata My	
			-	+	-	+
0 derajat	2.21	0.1	0.0006	0.0163	-0.0083	0.2037
		0.2	-0.0009	0.0160	-0.0018	0.2180
		0.3	0.0022	0.0205	-0.0104	0.2157
	1.8	0.1	0.0075	0.0653	-0.0003	0.2216
		0.2	0.0032	0.0284	-0.0055	0.2620
		0.3	0.0019	0.0464	0.0089	0.2965
	1.2	0.1	0.0032	0.0284	0.0032	0.2191
		0.2	-0.0016	0.1575	0.0053	0.2217
		0.3	Gagal			
60 derajat	2.21	0.1	0.0048	0.0660	-0.0052	0.2565
		0.2	0.0049	0.0366	-0.0008	0.2173
		0.3	0.0002	0.0355	-0.0017	0.2368
	1.8	0.1	-0.0004	0.0373	0.0051	0.2245
		0.2	0.0049	0.0626	-0.0001	0.2400
		0.3	0.0002	0.0355	0.0078	0.2368
	1.2	0.1	-0.0004	0.0157	0.0053	0.2887
		0.2	-0.0054	0.0764	-0.0051	0.2400
		0.3	Gagal			

Dari data grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai momen My lebih besar daripada nilai Mx. Terdapat dua variasi yaitu variasi dengan sudut serang 0 derajat dan 60 derajat dengan ketinggian gelombang 0.3 meter dan periode 1.2 detik mengalami kegagalan iterasi pada aplikasi NUMECA FINEMARINE. Variasi yang memiliki rata-rata nilai momen terbesar adalah momen pada sumbu My yaitu pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m yaitu sebesar 0.2965 Nm. Sedangkan jika memperhatikan nilai minus pada rata-rata, momen terbesar terdapat pada sumbu My dengan variasi 0° pada periode 2.21 detik dan tinggi gelombang 0.3 m yaitu sebesar -0.0104 Nm.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan awal dari penulisan ini, yaitu mengetahui variasi gerakan terbesar terbesar dan momen terbesar terhadap gelombang irregular. maka dari hasil analisa sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi yang memiliki respon gerakan terbaik terhadap variasi periode dan tinggi gelombang adalah variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m dan periode 1.8 detik, dengan nilai *surge* -0.75 m, *sway* 0.11 m dan *heave* 0.21 m dan *roll* -3.86 derajat, *pitch* -37.66 derajat dan *yaw* 10.79 derajat.
2. Variasi yang memiliki rata-rata nilai momen terbesar adalah momen pada sumbu My yaitu pada variasi 0° dengan tinggi gelombang 0.3 m yaitu sebesar 0.2965 Nm. Sedangkan jika memperhatikan nilai minus pada rata-rata, momen terbesar terdapat pada sumbu My dengan variasi 0° pada periode 2.21 detik dan tinggi gelombang 0.3 m yaitu sebesar -0.0104 Nm.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Simulasi sebaiknya dilakukan dengan waktu gerakan ponton yang lebih lama untuk mendapatkan data grafik yang lebih baik.
2. Simulasi dilakukan pada komputer yang berspesifikasi tinggi dan memiliki ruang penyimpanan yang besar karena dalam satu kali simulasi menghasilkan file yang berukuran besar.
3. Simulasi ditambahkan variasi sudut serang gelombang yang lain, diantara 0 sampai 60 derajat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

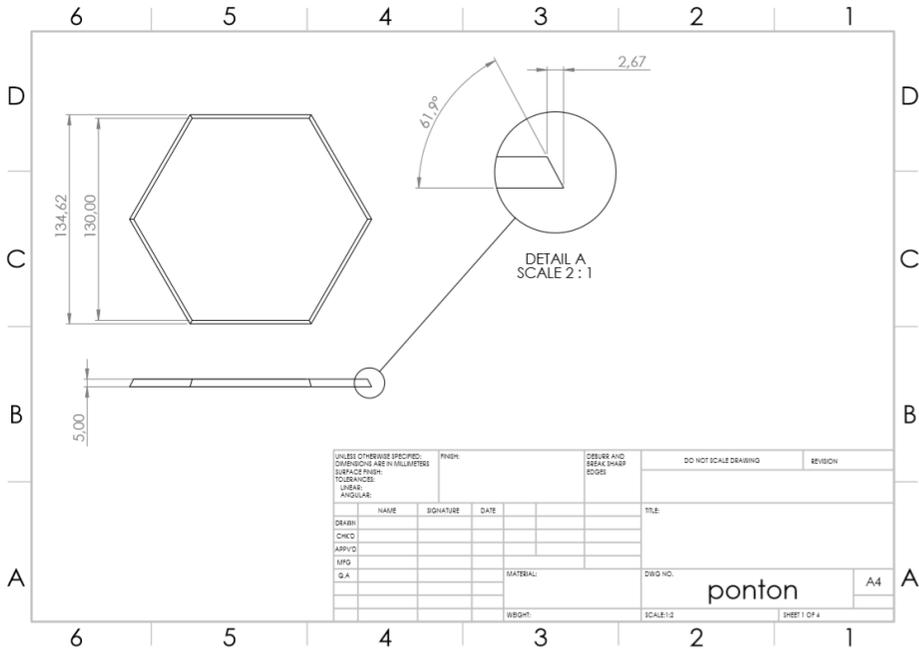
DAFTAR PUSTAKA

- Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2008. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jendral Ketenagalistrikan. Jakarta, 2019.
- T. W. Thorpe. (1999). "An Overview of Wave Energy Technologies: Status, Performance and Costs". London.
- Fatnanta, F. (2009). "Kajian Perilaku Transmisi dan Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir tipe Tenggelam". Disertasi., ITS Surabaya.
- Holthuijsen, L. (2007). *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Djarmiko, E.B. (2012). "Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak". ITS-Surabaya.
- Barras, B., & Derret, D. (2006). *Ship Stability for master and Mates*, England: Stanford Maritime.
- Indiyono, P. (2004). "Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai." Surabaya.
- Romadhoni (2016). "Analisa Olah Gerak Kapal Di Gelombang Reguler pada Kapal Tipe Axe Bow". Politeknik Negeri Bangkalis, Riau.
- Jamshed, Shamon. (2015). "Using HPC for Computational Fluid Dynamics: A Guide to High Performance Computing for CFD Engineers".
- Akhwady, Rudhy dkk. (2006). "Pengaruh Gelombang Reguler dan Irreguler Terhadap Koefisien Transmisi Peredam Gelombang Ambang Terbenam Tipe Silinder Berongga (Bottle Reef TM) "
- Ferdianto, Rian (2012). "Analisa Gerakan Ponton Akibat Gelombang Regular dan Irregular dengan Pendekatan CFD". ITS-Surabaya.
- Rifky, Haniefuddin (2019). "Uji Eksperimen Respon Gerak Hexagonal Pontoon dengan Floater Leg terhadap Gelombang untuk PLTGL-Sistem Bandul". ITS-Surabaya.
- Muhammad, Habib (2020). "Analisa Simulasi Gelombang Irreguler dengan Berbagai Model turbulensi Menggunakn Pendekatan CFD untuk Kebutuhan Penelitian Terkait Gelombang Laut". ITS-Surabaya.

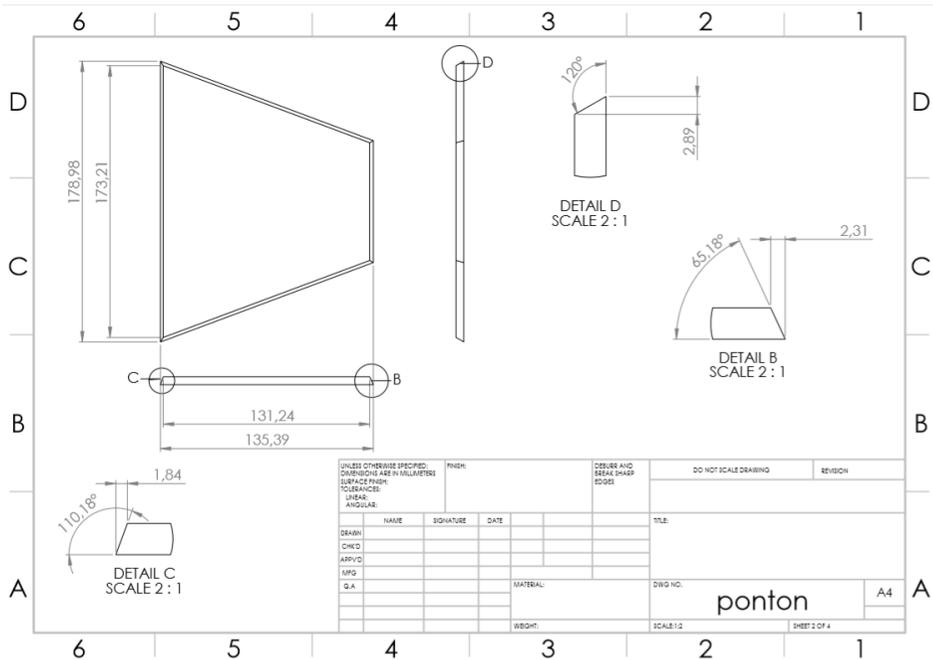
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

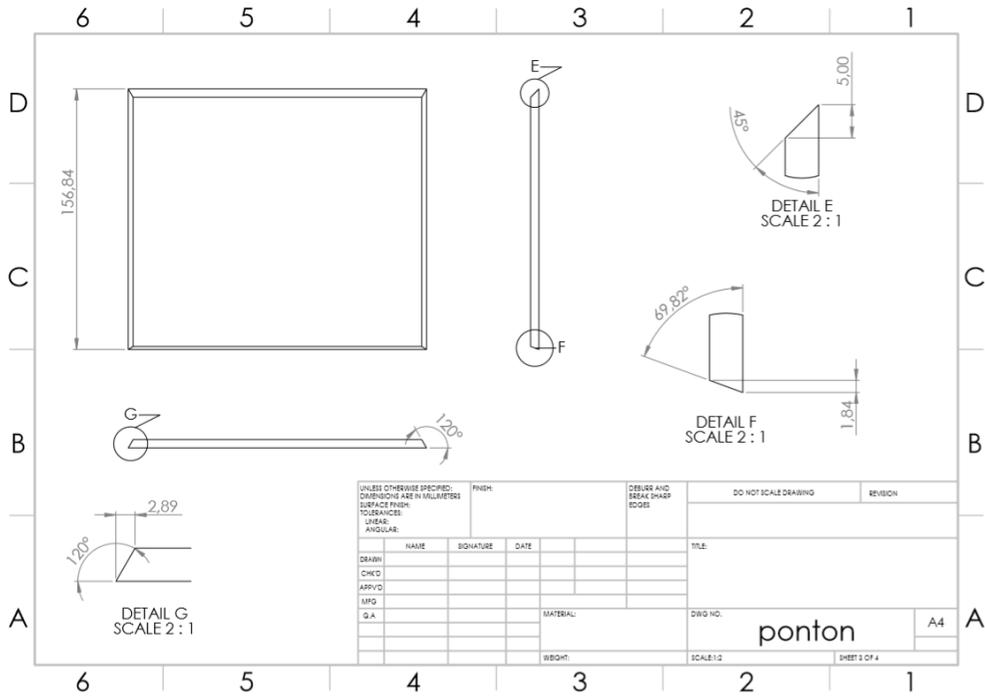
Anotasi model ponton - dasar



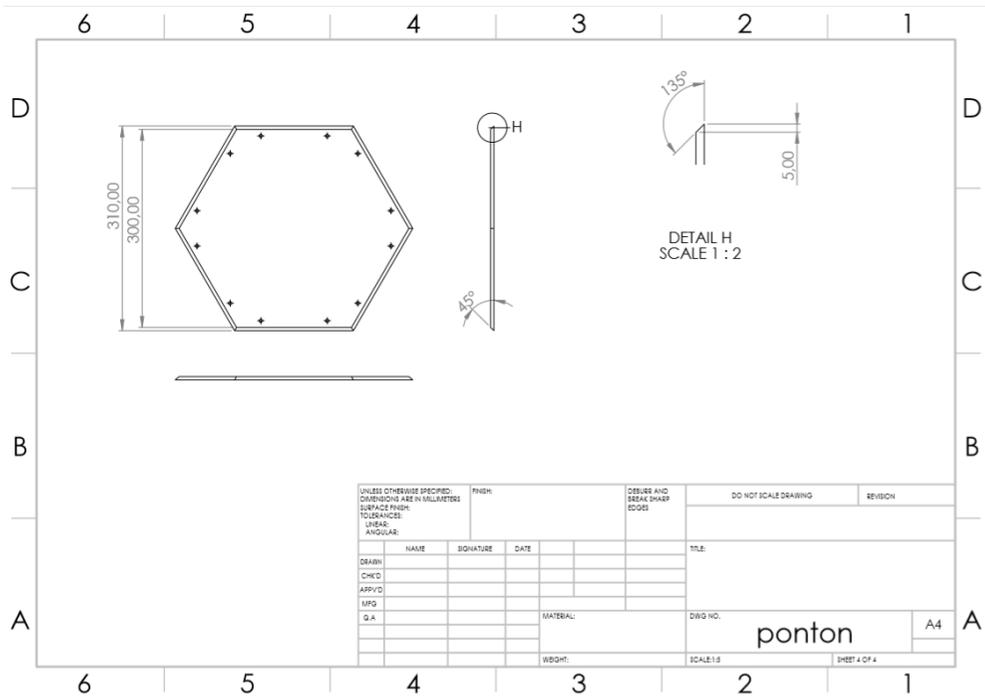
Anotasi model ponton - draft



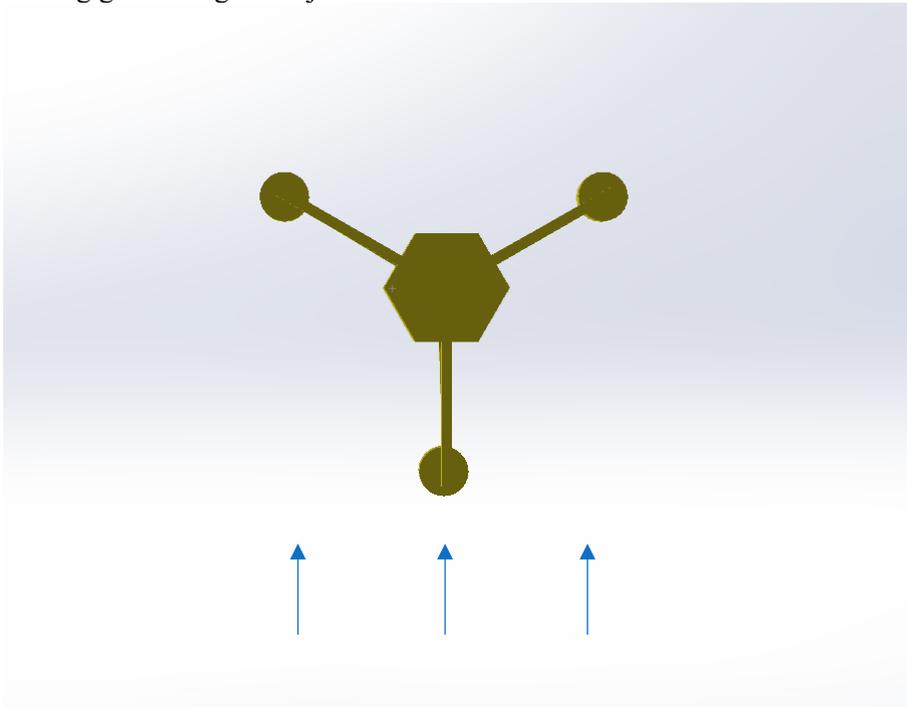
Anotasi model ponton - freeboard



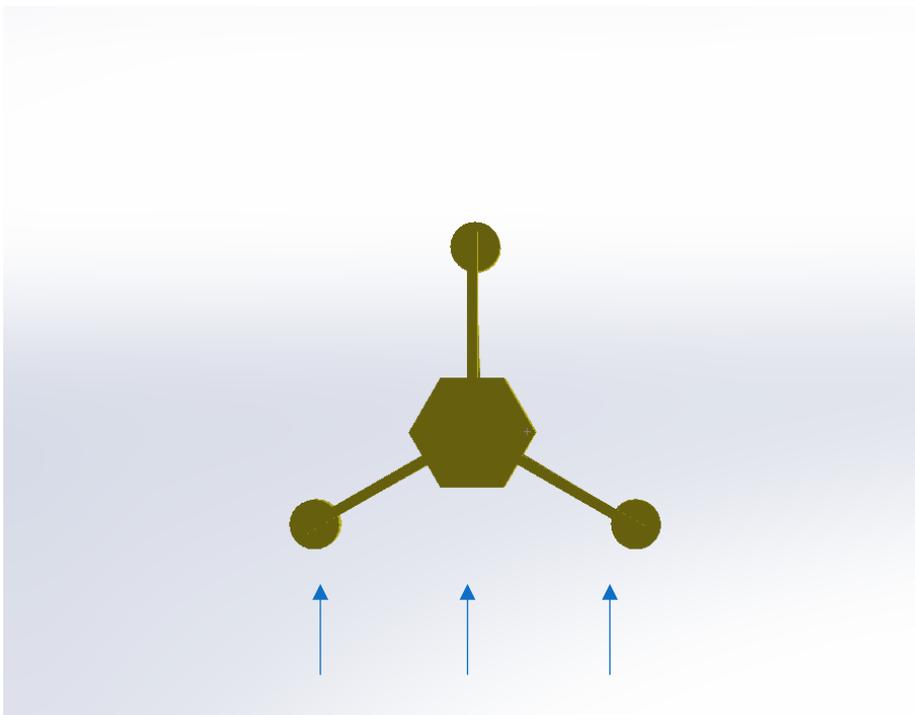
Anotasi model ponton - tutup



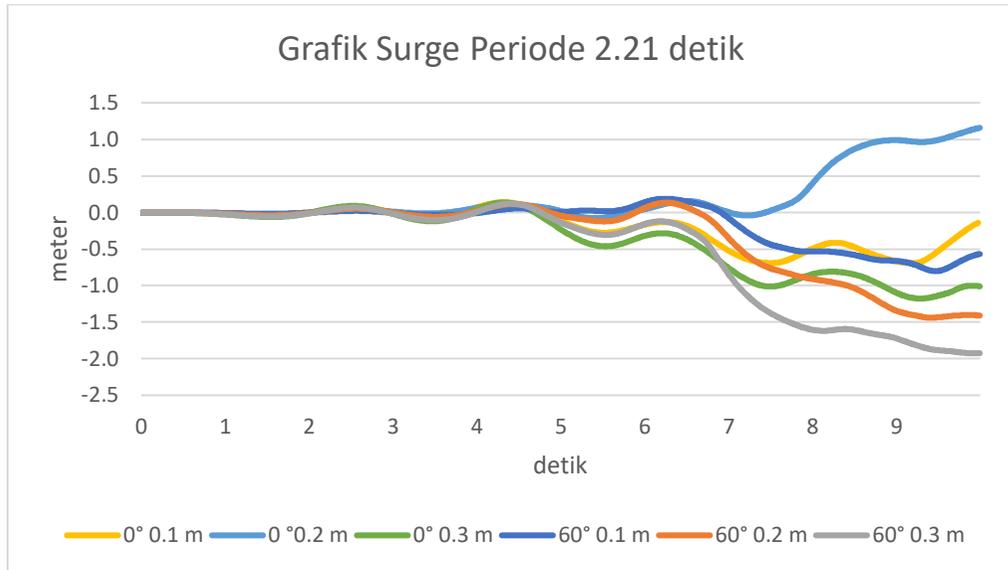
Sudut serang gelombang 0 derajat



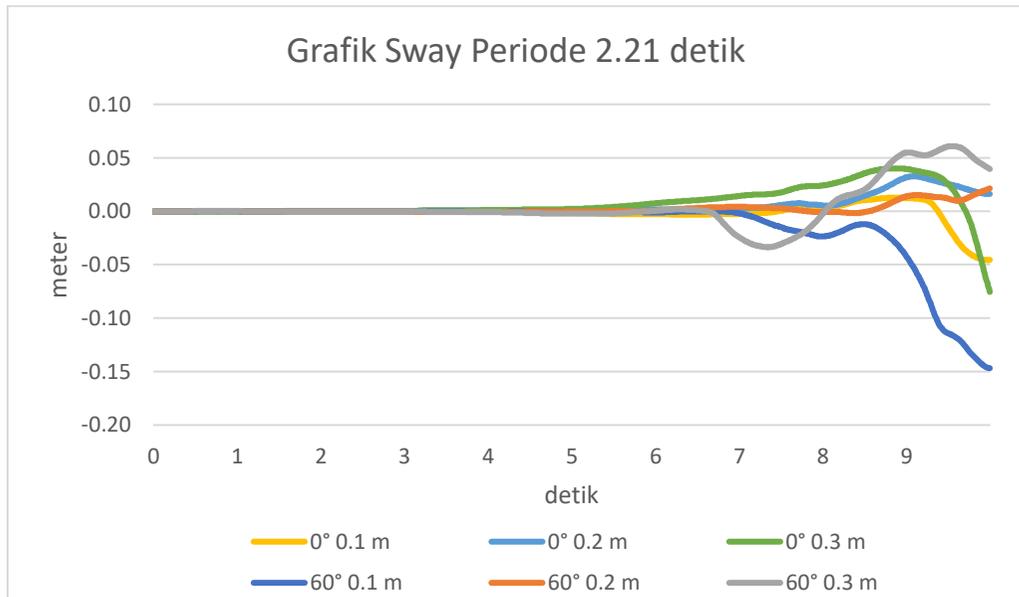
Sudut serang gelombang 60 derajat



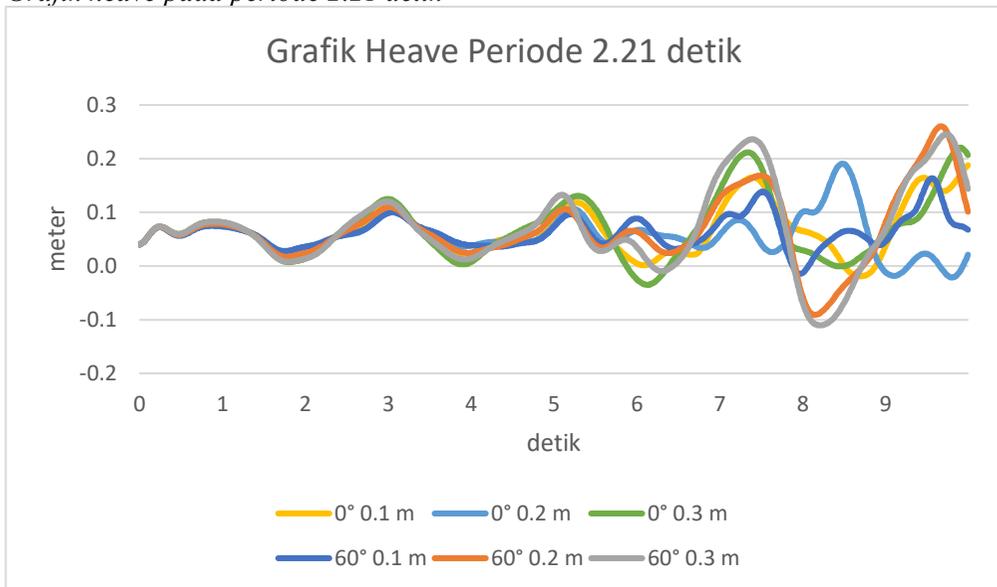
Grafik surge pada periode 2.21 detik



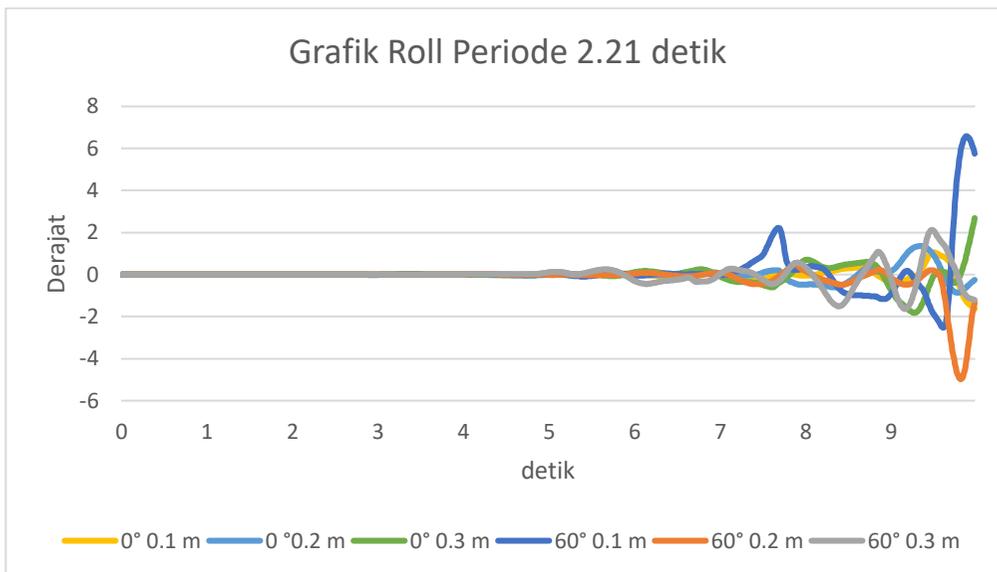
Grafik sway pada periode 2.21 detik

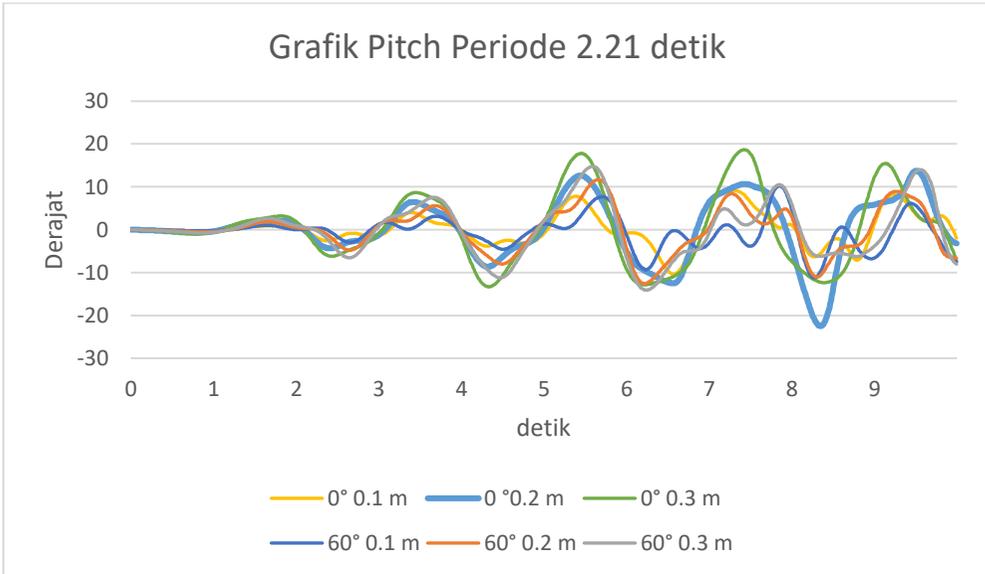
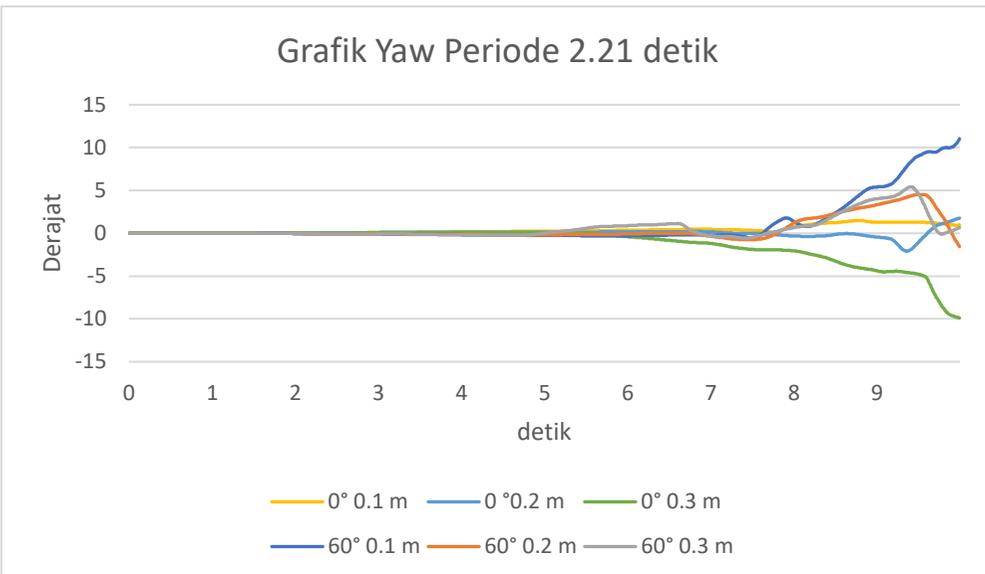


Grafik heave pada periode 2.21 detik

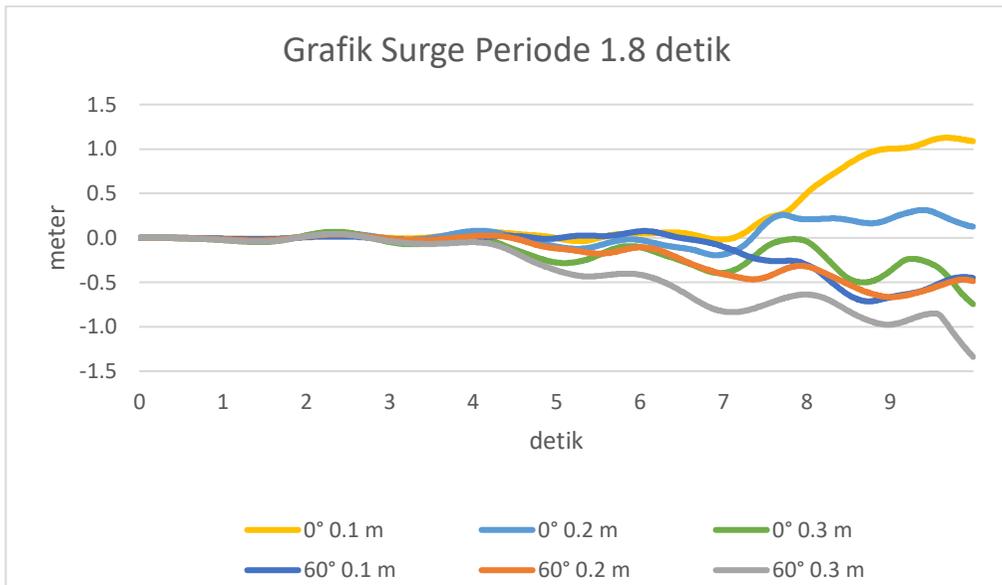


Grafik roll pada periode 2.21 detik

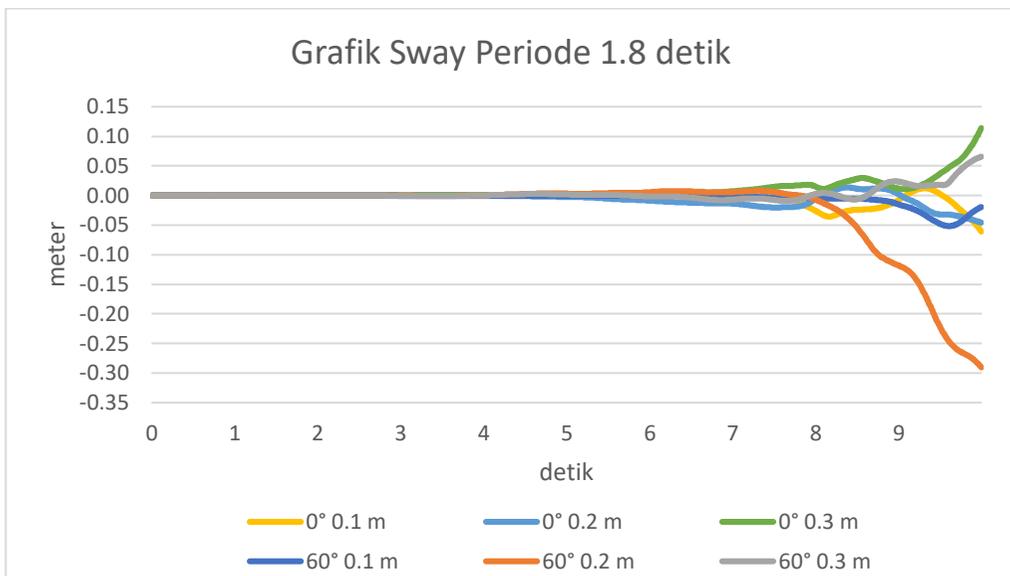


Grafik *pitch* pada periode 2.21 detikGrafik *yaw* pada periode 2.21 detik

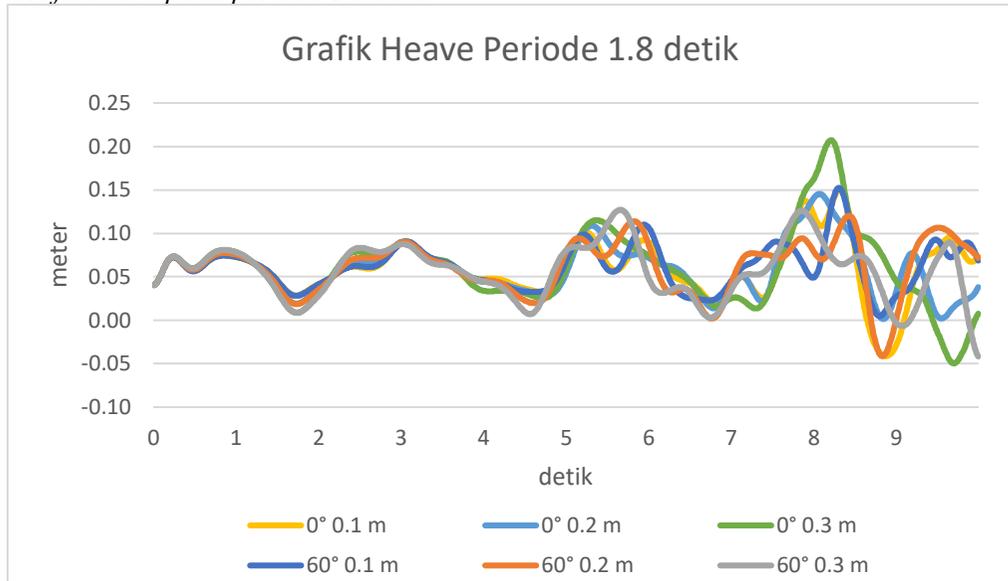
Grafik surge pada periode 1.8 detik



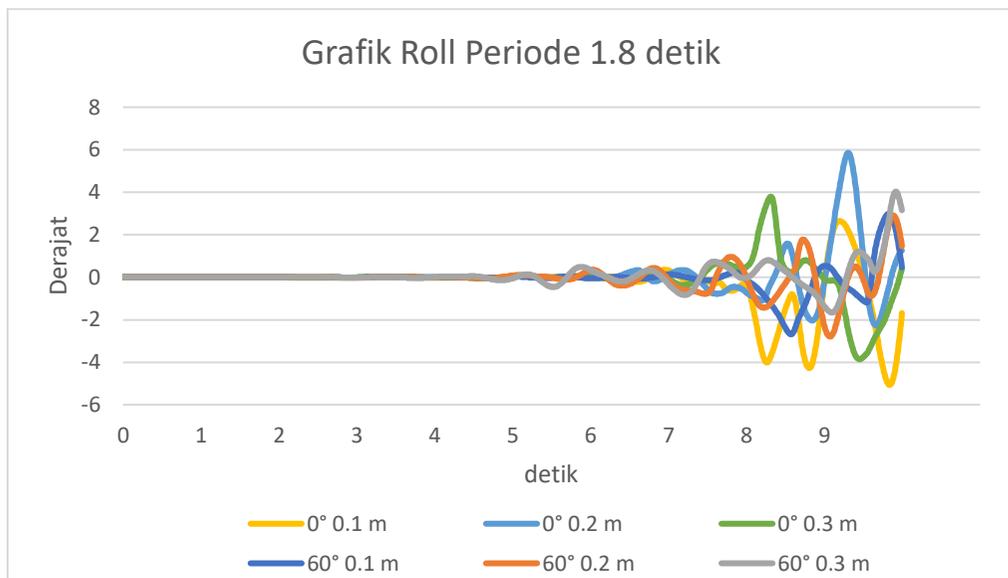
Grafik sway pada periode 1.8 detik

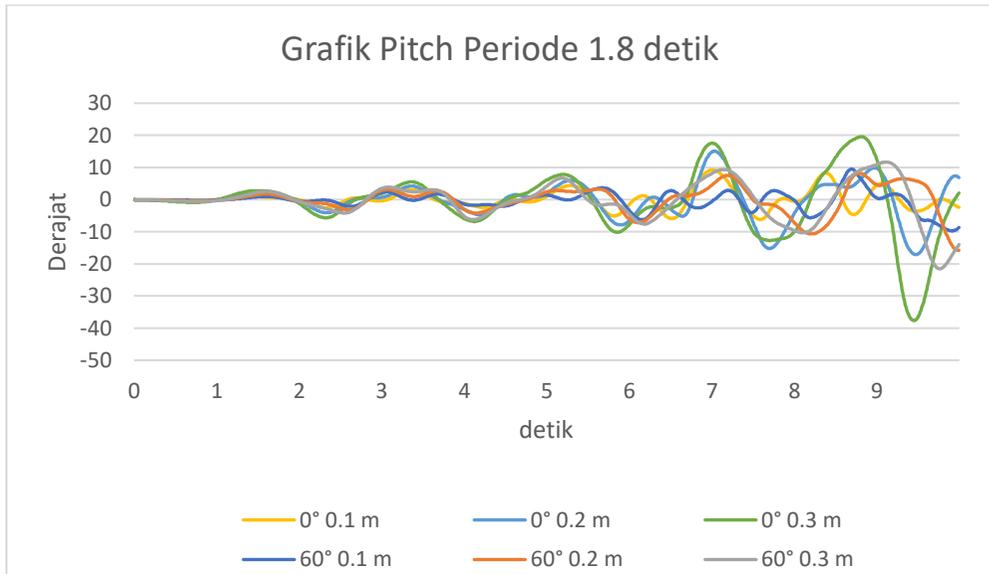
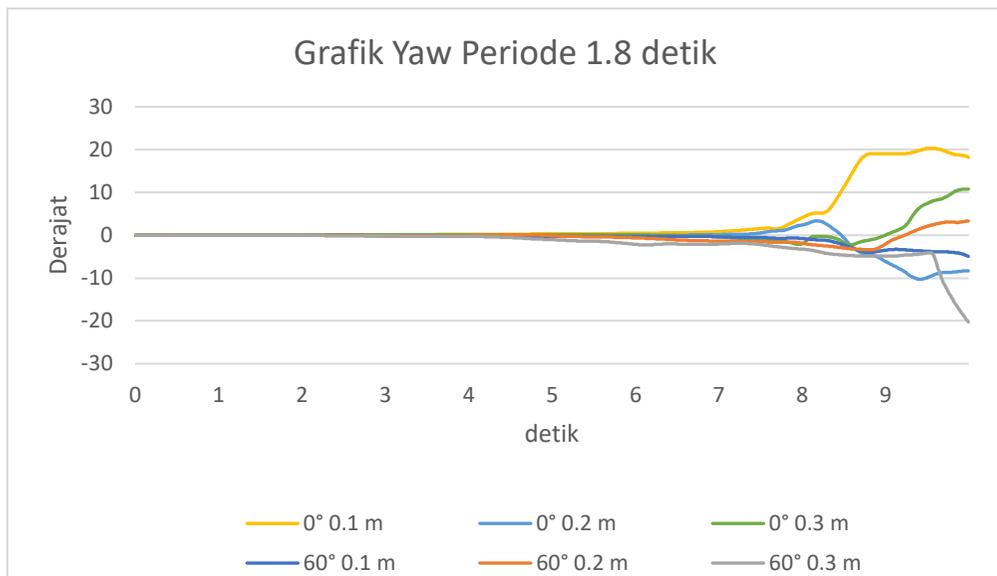


Grafik heave pada periode 1.8 detik

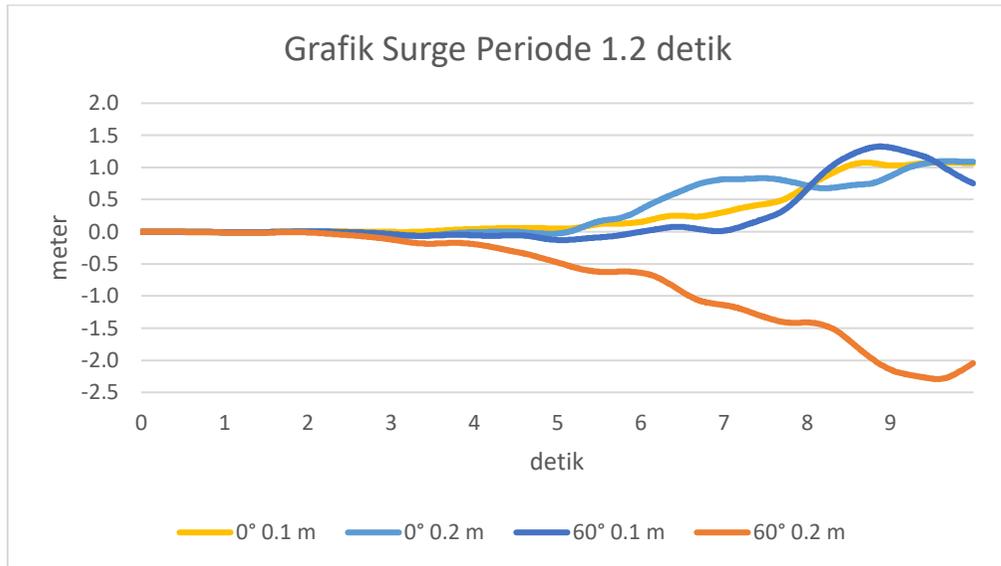


Grafik roll pada periode 1.8 detik

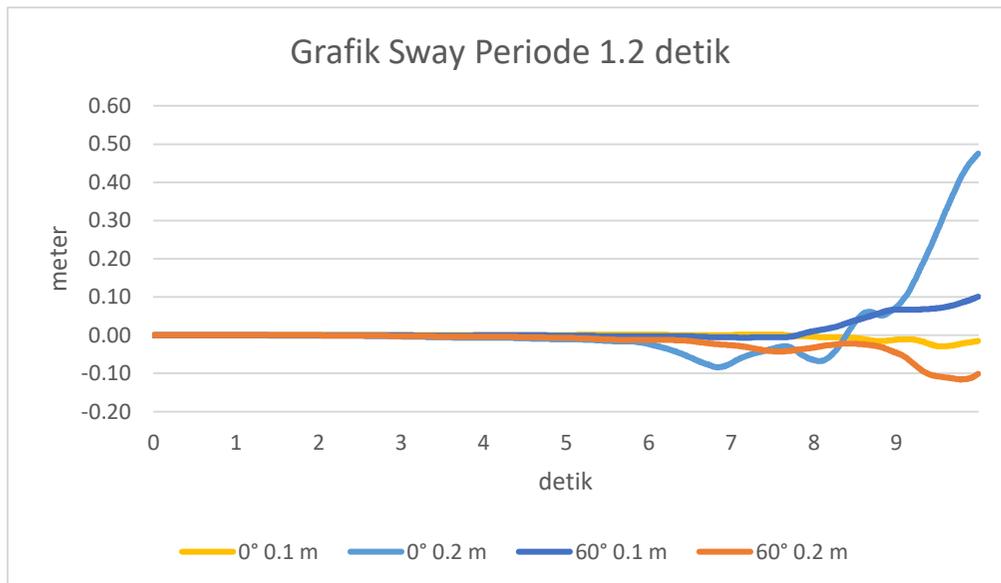


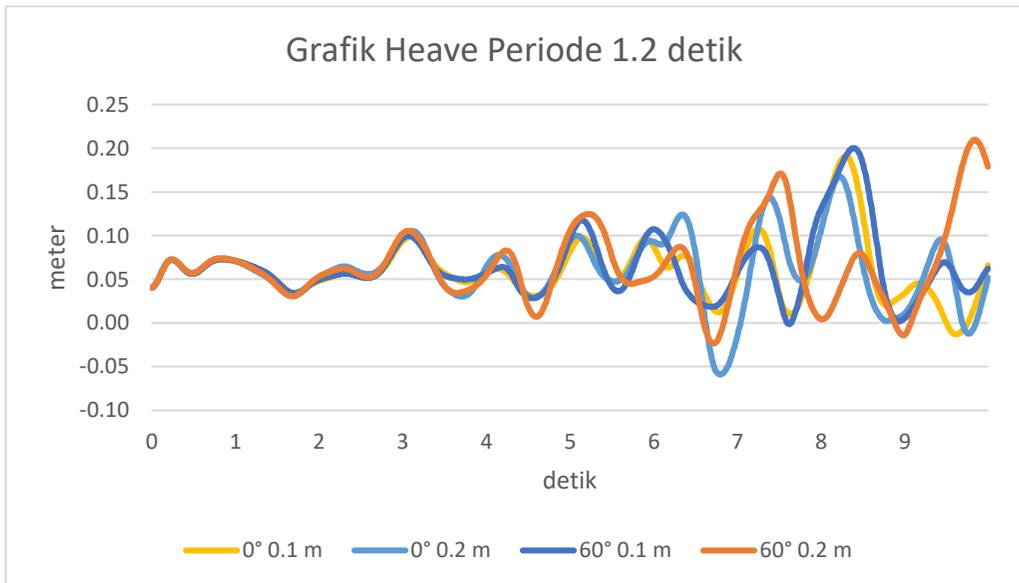
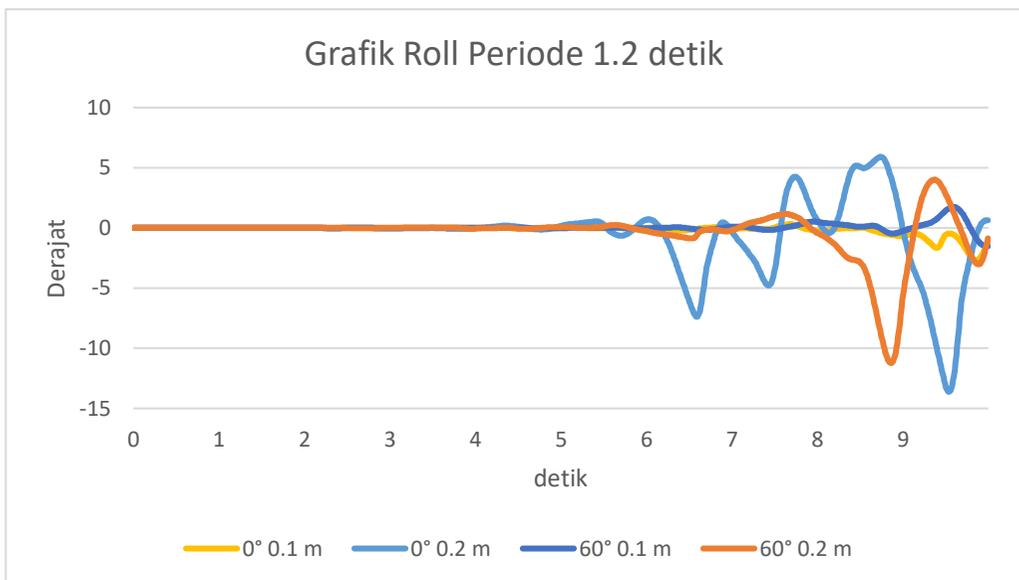
Grafik *pitch* pada periode 1.8 detikGrafik *yaw* pada periode 1.8 detik

Grafik surge pada periode 1.2 detik

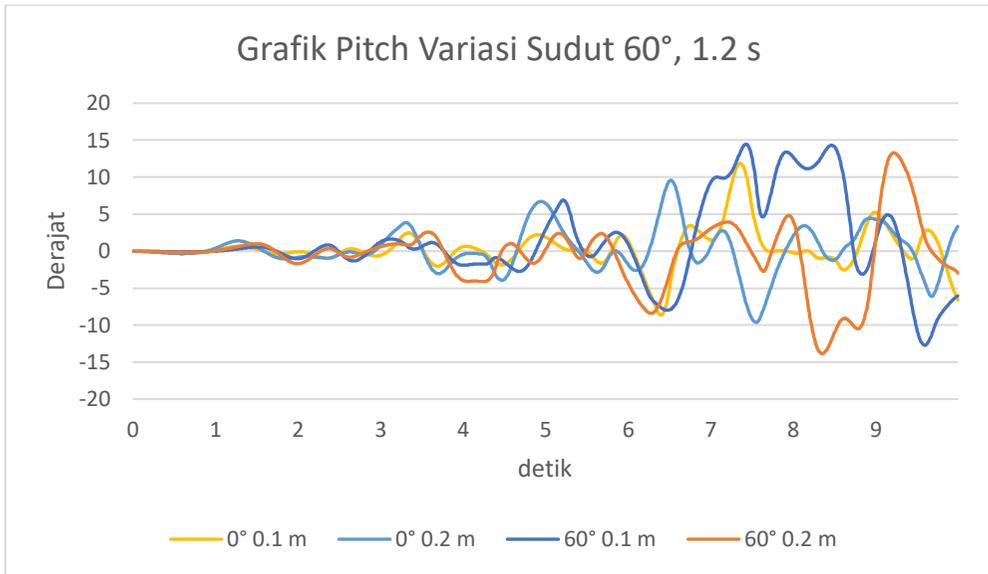


Grafik sway pada periode 1.2 detik

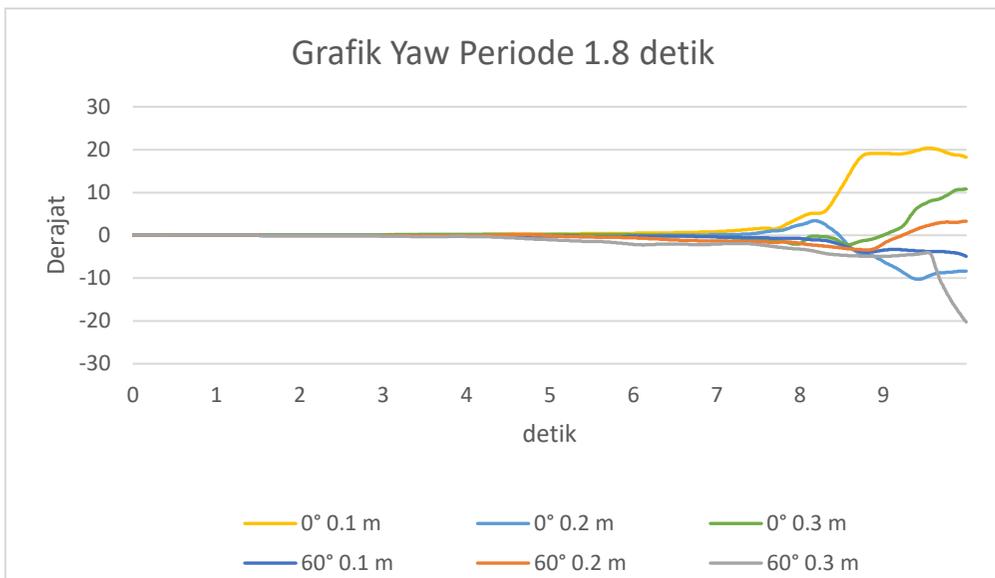


Grafik heave pada periode 1.2 detik*Grafik roll pada periode 1.2 detik*

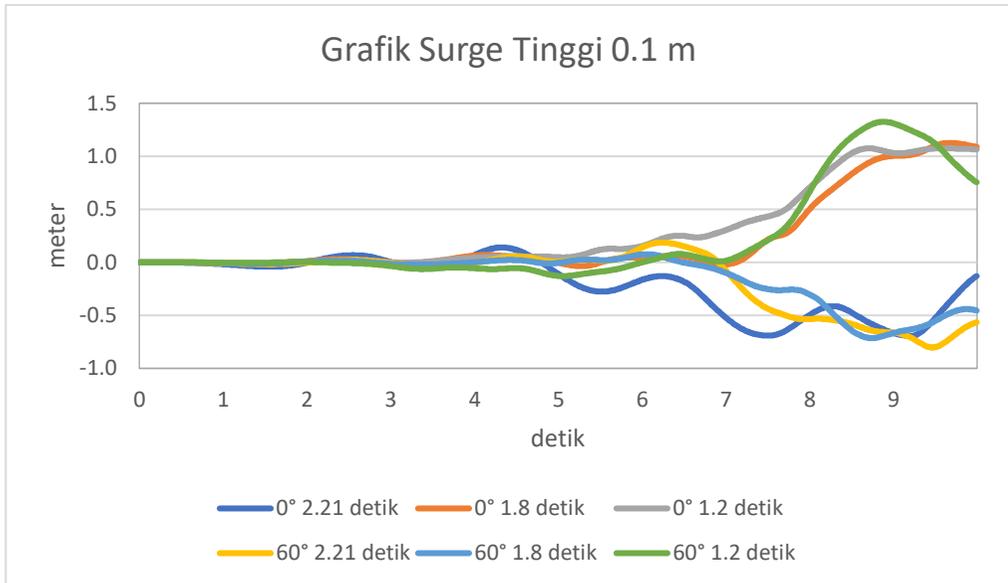
Grafik *pitch* pada periode 1.2 detik



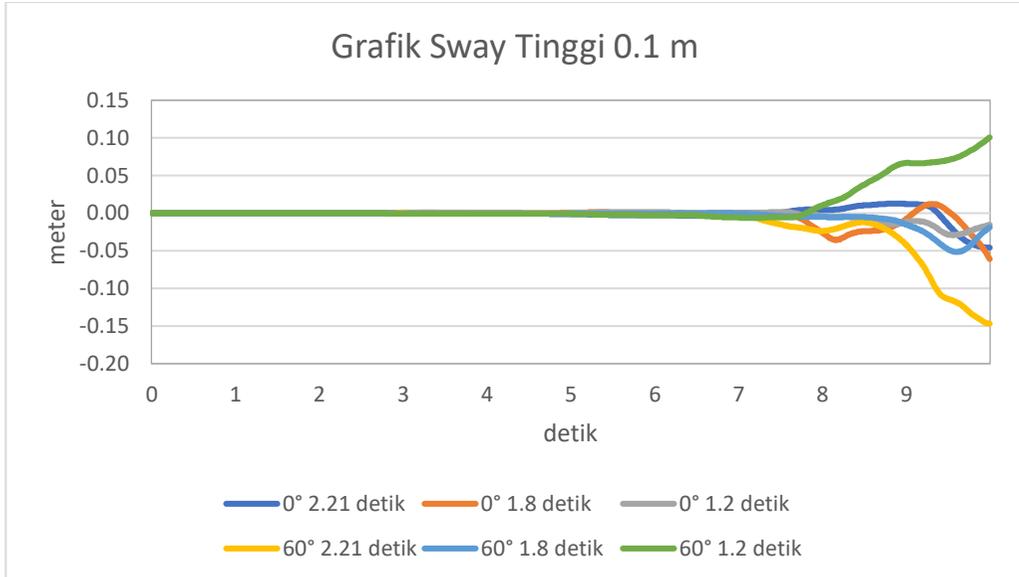
Grafik *yaw* pada periode 1.2 detik



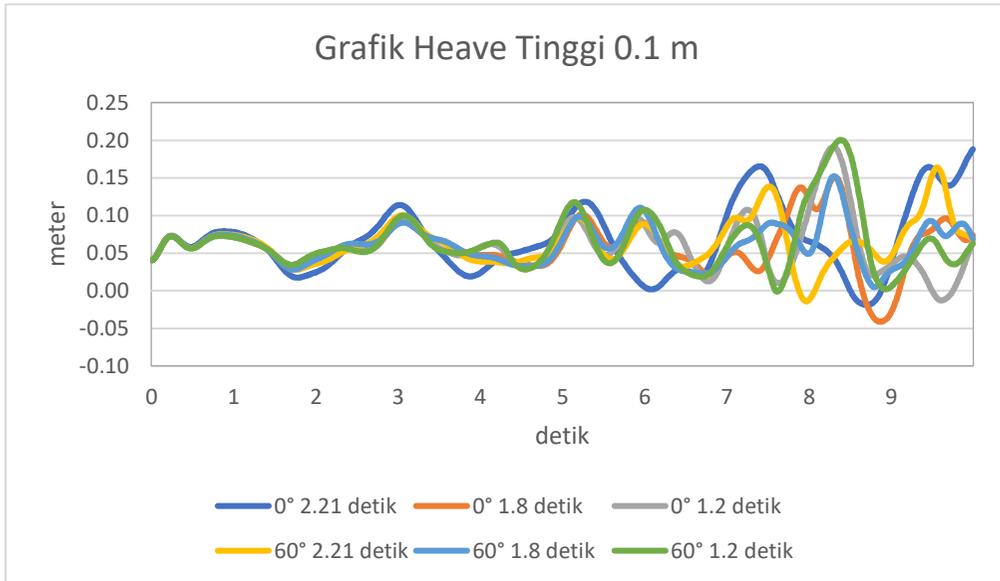
Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.1 m



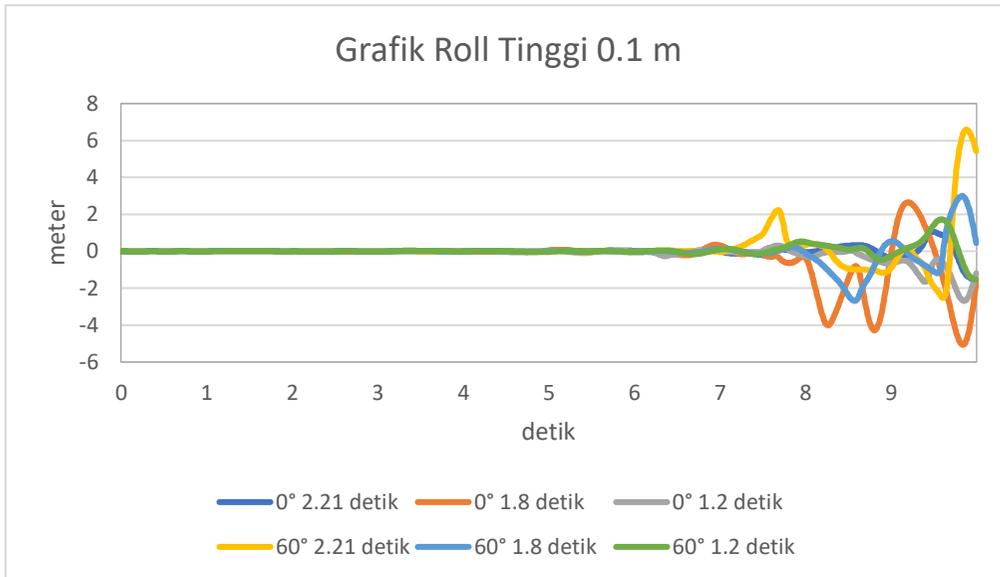
Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

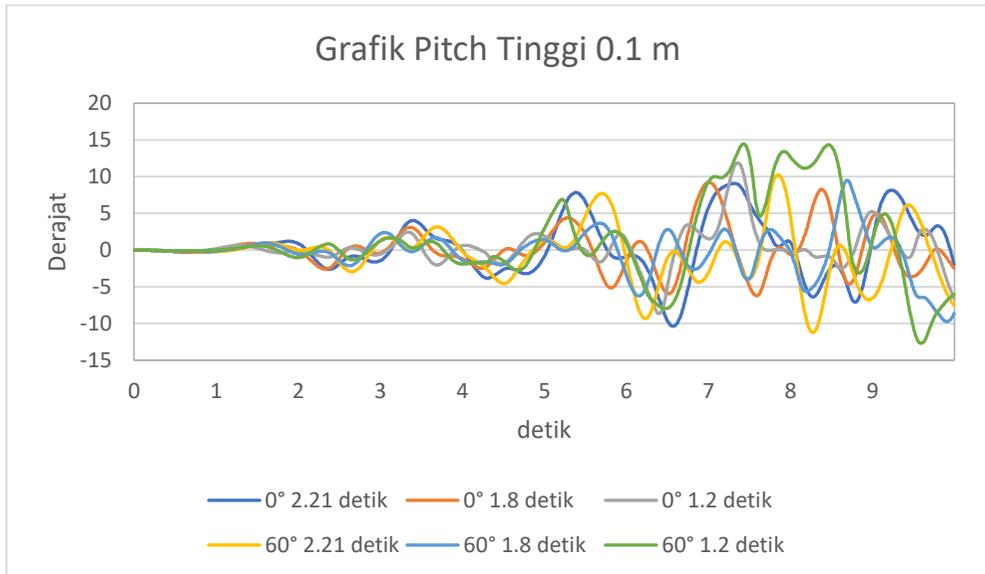
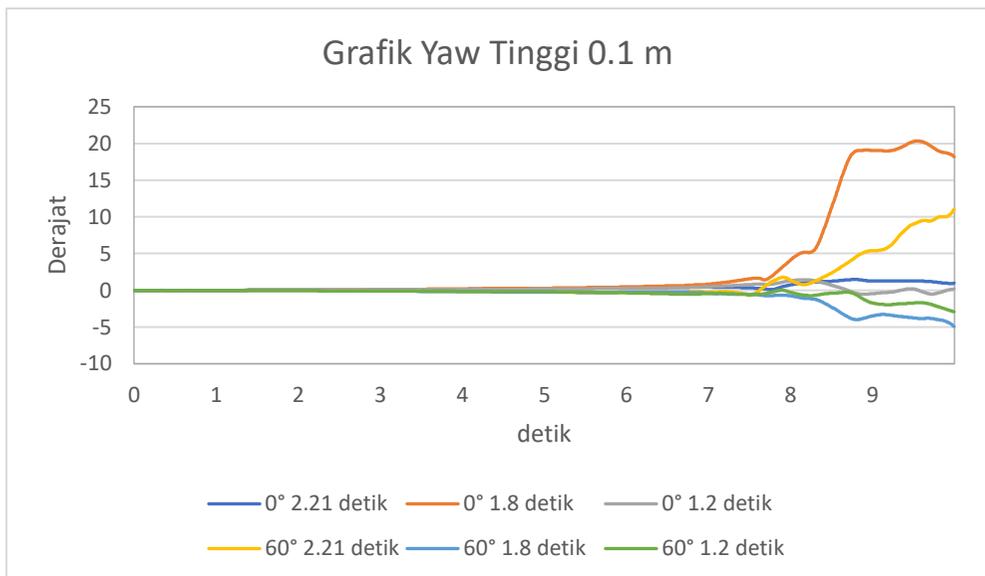


Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

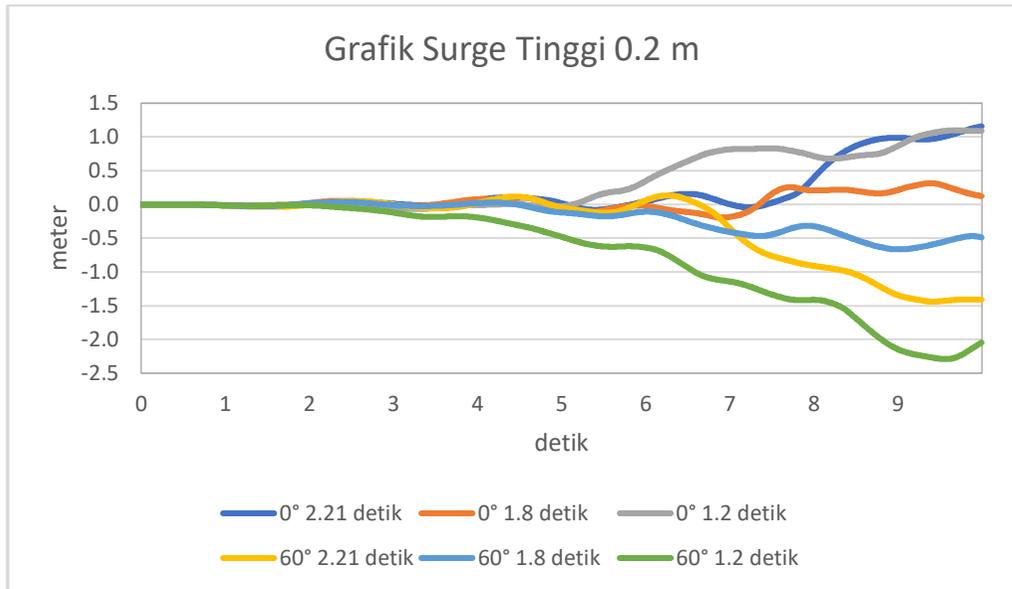


Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.1 m

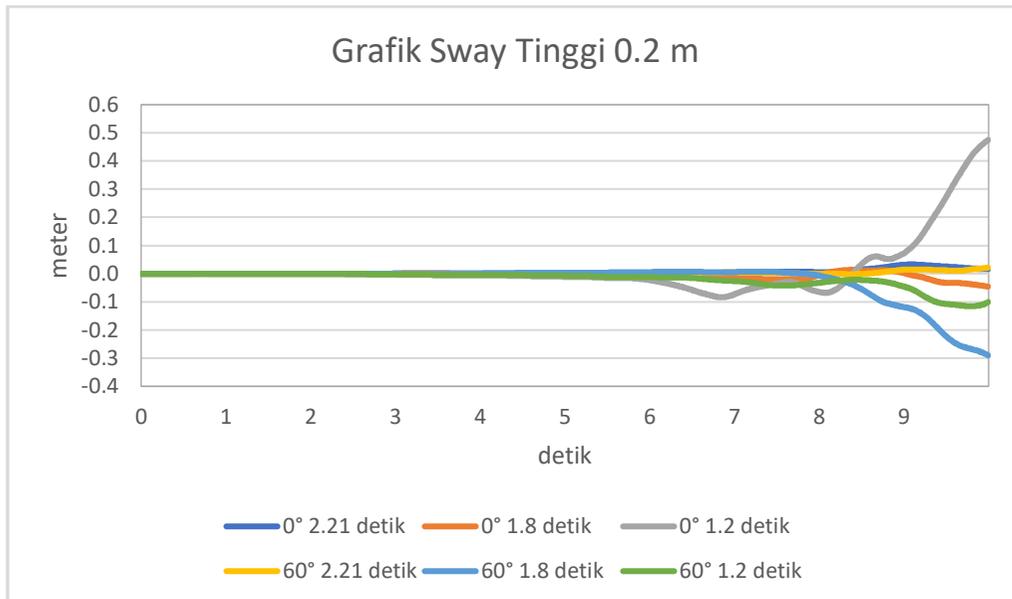


Grafik *pitch* pada tinggi 0.1 mGrafik *yaw* pada tinggi 0.1 m

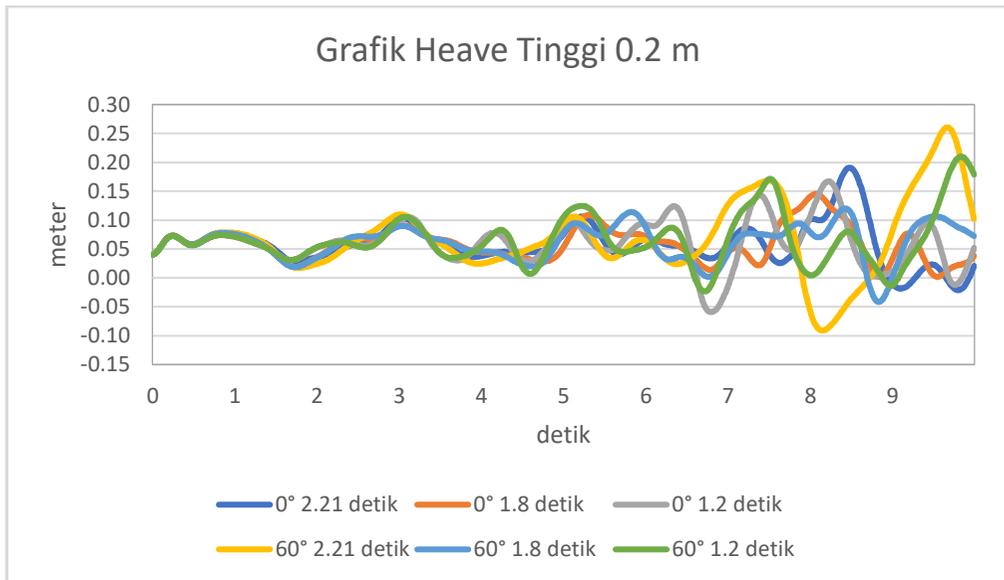
Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.2 m



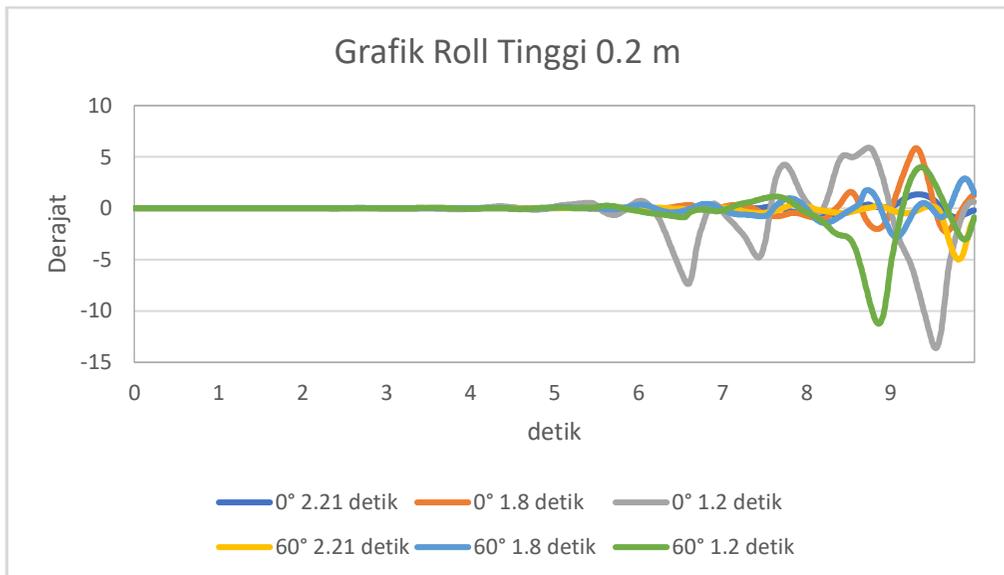
Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.2 m



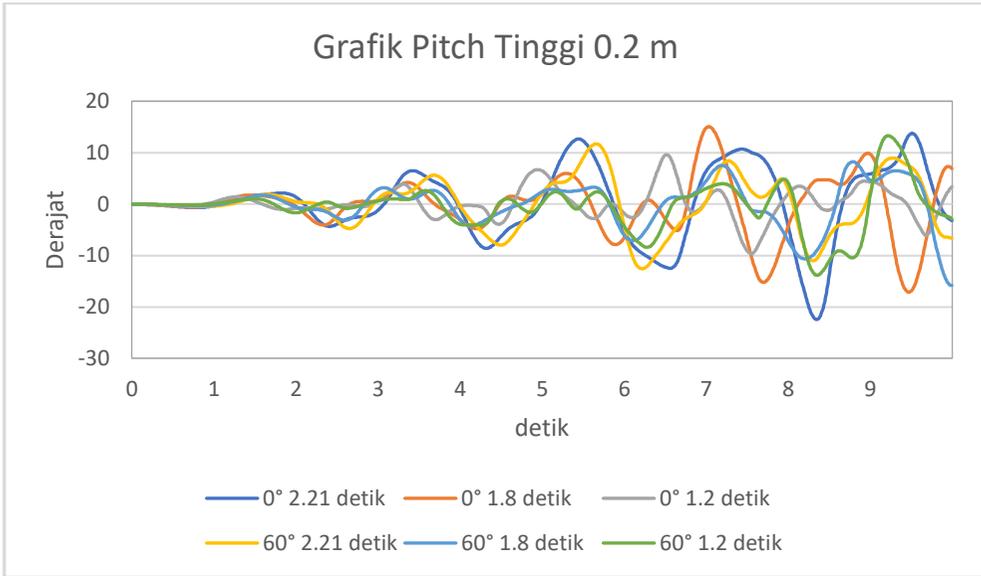
Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.2 m



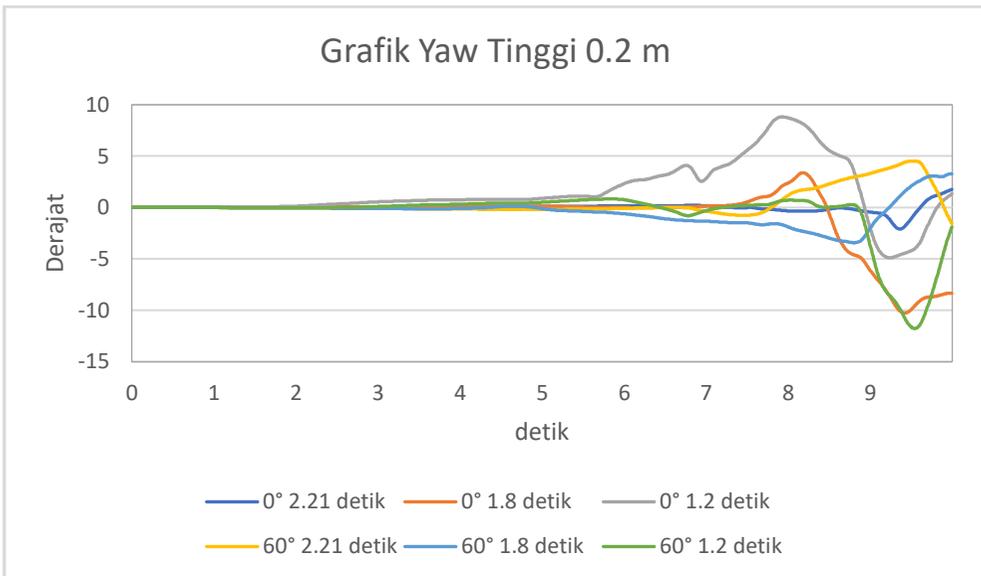
Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.2 m



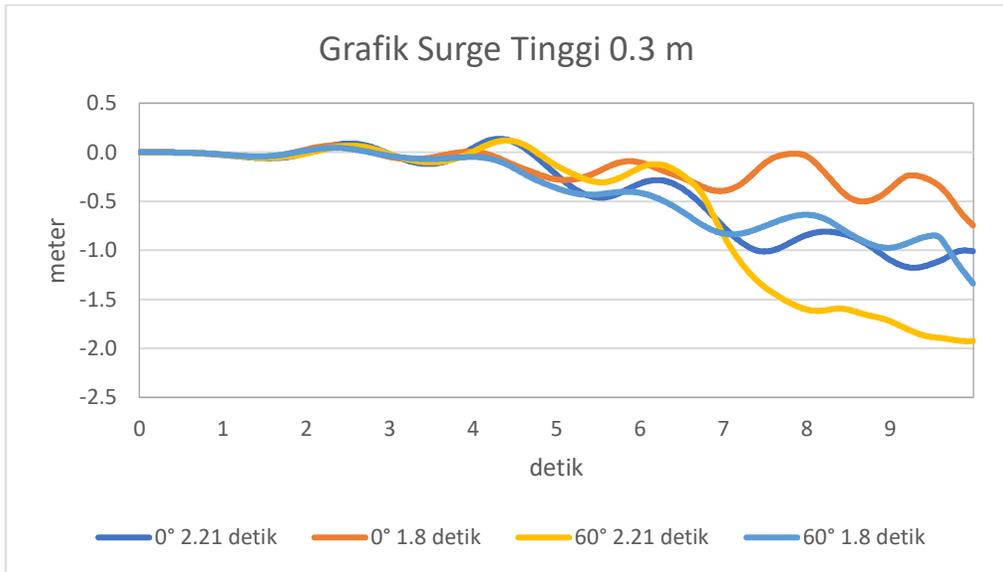
Grafik *pitch* pada tinggi 0.2 m



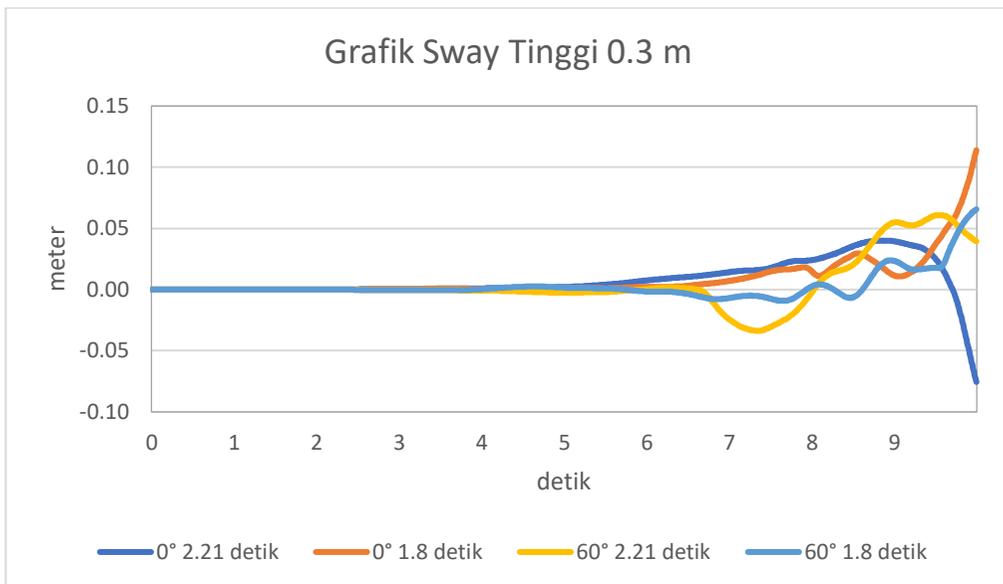
Grafik *yaw* pada tinggi 0.2 m



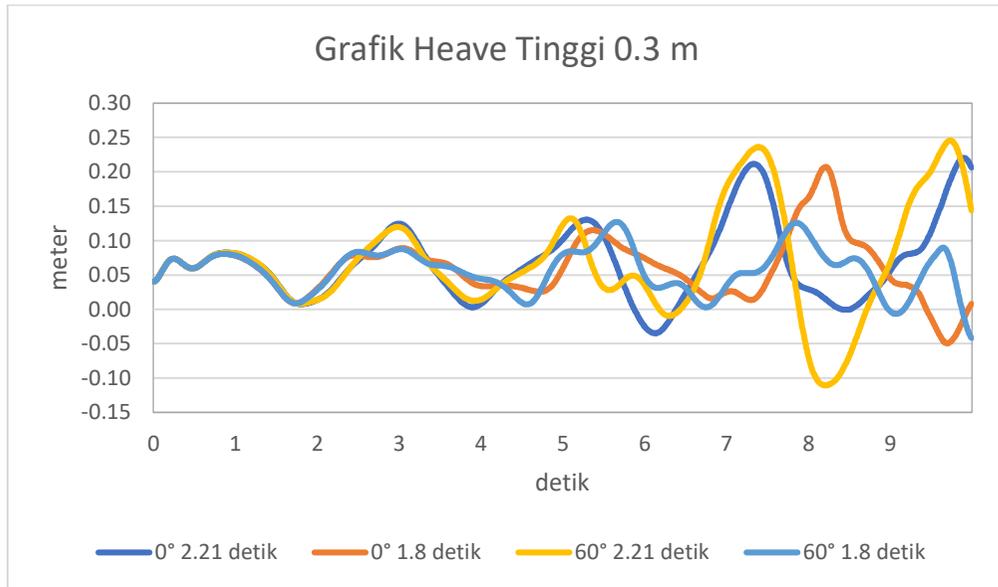
Grafik Surge pada Ketinggian Gelombang 0.3 m



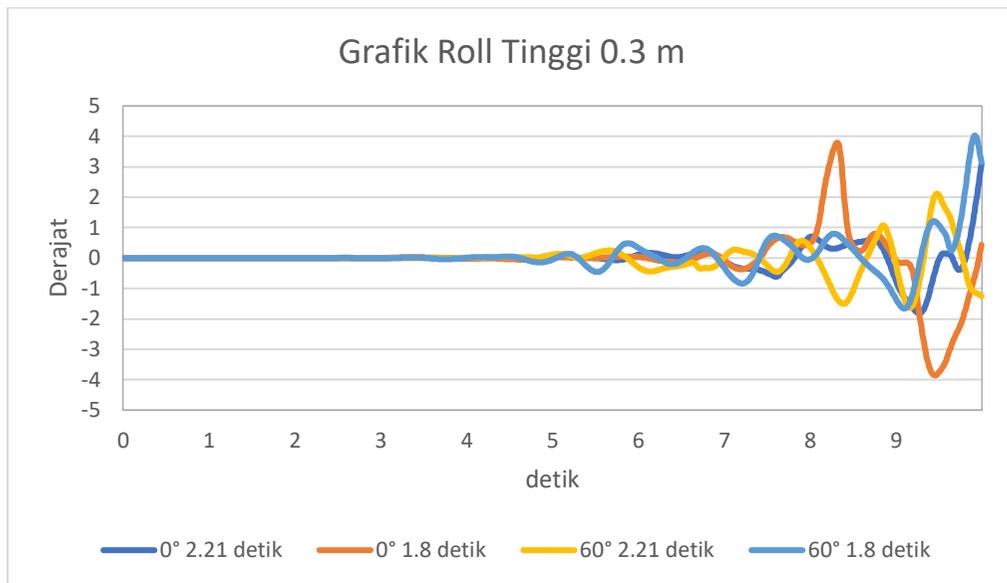
Grafik Sway pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

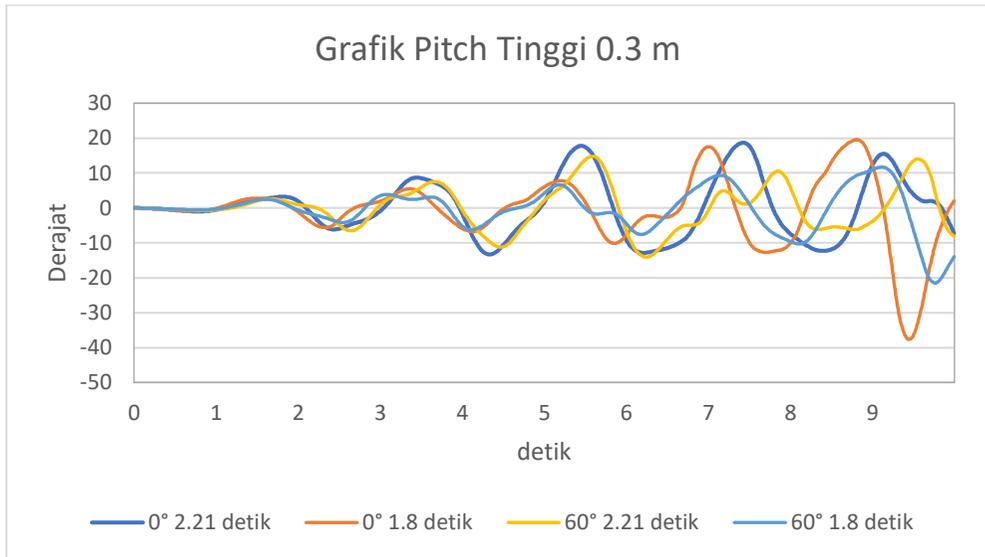
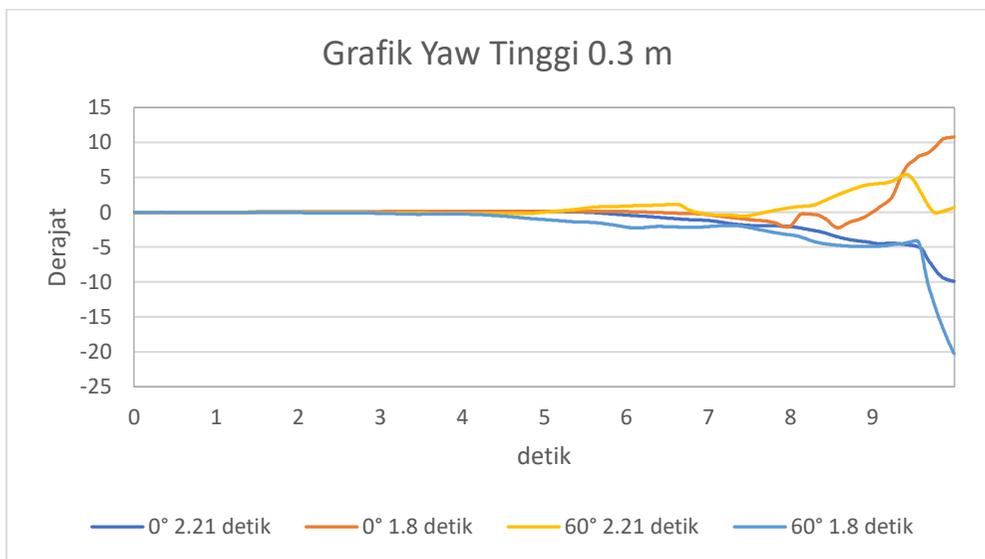


Grafik Heave pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

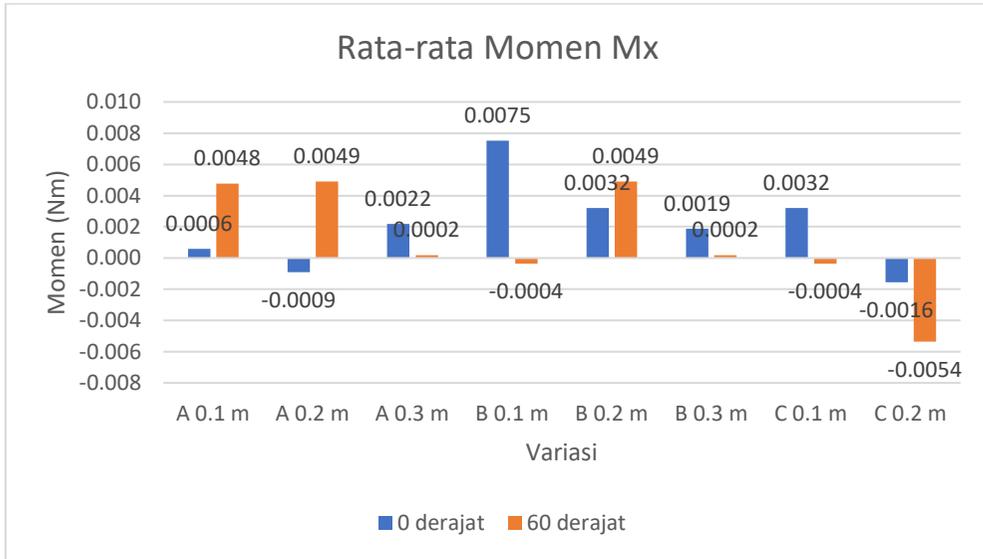


Grafik Roll pada Ketinggian Gelombang 0.3 m

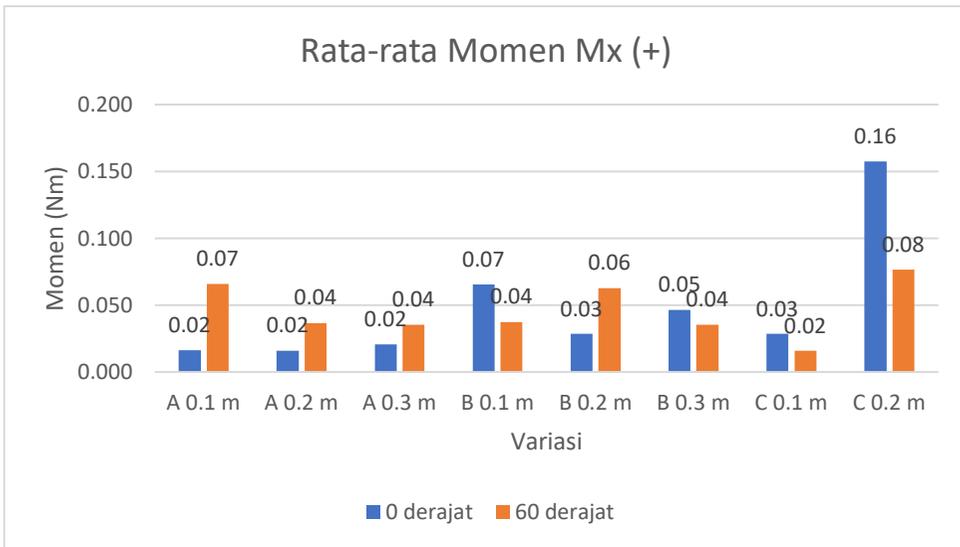


Grafik *pitch* pada tinggi 0.3 mGrafik *yaw* pada tinggi 0.3 m

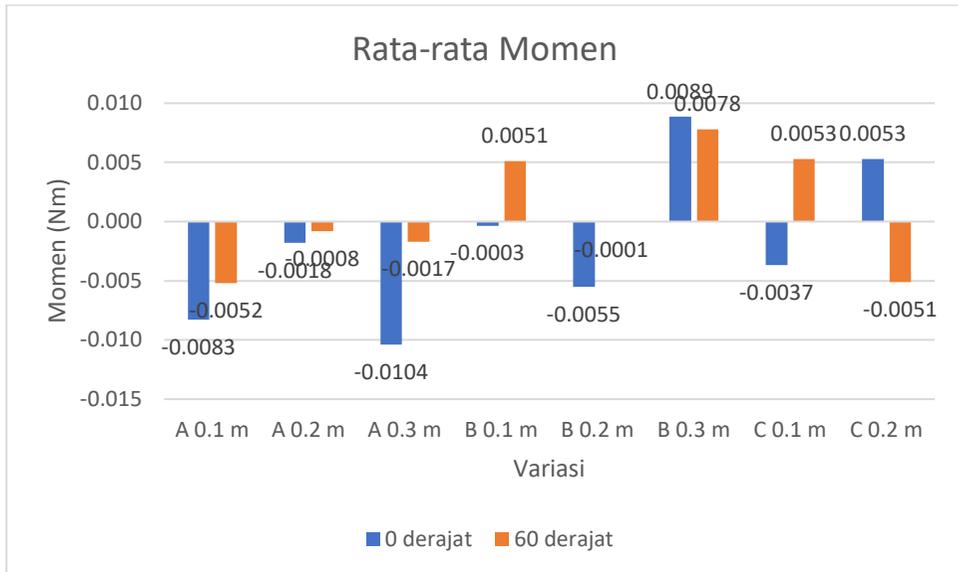
Nilai rata-rata momen Mx negatif



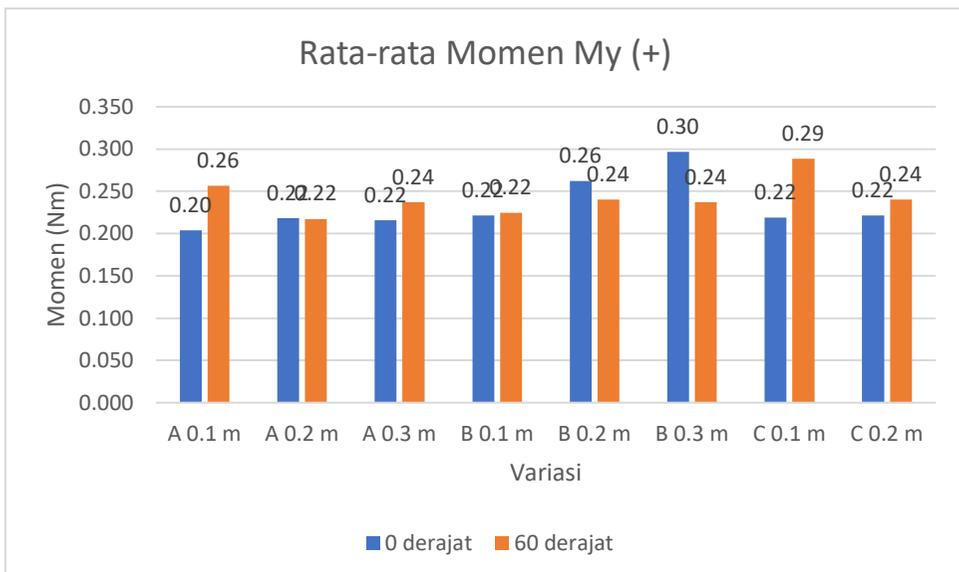
Nilai rata-rata momen Mx positif



Nilai rata-rata momen My negatif



Nilai rata-rata momen My positif



Hasil simulasi Gerakan translasi ponton

Sudut Serang Gelombang	Periode (detik)	Tinggi Gelombang (m)	Surge	Sway	Heave
			max (m)	max (m)	max (m)
0 derajat	2.21	0.1	-0.7	-0.05	0.19
		0.2	1.16	0.03	0.19
		0.3	-1.18	-0.08	0.22
	1.8	0.1	1.13	-0.06	0.15
		0.2	0.31	-0.05	0.15
		0.3	-0.75	0.11	0.21
	1.2	0.1	1.07	-0.03	0.19
		0.2	1.1	0.48	0.17
		0.3	Gagal		
60 derajat	2.21	0.1	-0.8	-0.15	0.16
		0.2	-1.44	0.02	0.26
		0.3	-1.93	0.06	0.25
	1.8	0.1	-0.71	-0.05	0.15
		0.2	-0.67	-0.29	0.12
		0.3	-1.34	0.07	0.13
	1.2	0.1	1.33	0.1	0.2
		0.2	-2.29	-0.12	0.21
		0.3	Gagal		

Hasil simulasi Gerakan rotasi ponton

Serang Gelomba	Periode (detik)	Gelombang (m)	Roll (derajat)		Pitch (derajat)		Yaw (derajat)	
			Max	Min	max	min	max	min
0 derajat	2.21	0.1	1.06	-1.74	9.09	-10.38	0.24	-0.39
		0.2	1.36	0.86	13.76	-22.49	1.77	-2.09
		0.3	3.09	-1.82	18.67	-13.33	0.13	-9.9
	1.8	0.1	2.65	-5.07	9.24	-6.21	20.34	0
		0.2	5.86	-2.28	15.07	-17.13	3.38	-10.27
		0.3	3.79	-3.86	19.57	-37.66	10.79	-2.21
	1.2	0.1	0.32	-2.69	11.86	-8.65	1.45	-0.53
		0.2	5.9	-13.62	9.59	-9.63	8.82	-4.88
		0.3	Gagal					
60 derajat	2.21	0.1	6.58	-2.53	10.24	-11.22	11.03	-0.7
		0.2	0.53	-4.99	11.69	-12.59	4.52	-1.56
		0.3	2.12	-1.64	14.79	-14.09	-5.42	-0.57
	1.8	0.1	3.00	-2.69	9.51	-9.75	0.00	-4.92
		0.2	2.91	-2.8	8.23	-15.83	3.29	-3.42
		0.3	4.03	-1.66	11.68	-21.53	0.00	-20.23
	1.2	0.1	1.73	-1.53	14.45	-12.71	-2.92	0.03
		0.2	4.01	-11.23	13.31	-13.86	0.83	-11.77
		0.3	Gagal					

Hasil simulasi momen ponton

Sudut Serang Gelombang	Periode (detik)	Tinggi Gelombang	Rata-rata Mx		Rata-rata My	
			-	+	-	+
0 derajat	2.21	0.1	0.0006	0.0163	-0.0083	0.2037
		0.2	-0.0009	0.0160	-0.0018	0.2180
		0.3	0.0022	0.0205	-0.0104	0.2157
	1.8	0.1	0.0075	0.0653	-0.0003	0.2216
		0.2	0.0032	0.0284	-0.0055	0.2620
		0.3	0.0019	0.0464	0.0089	0.2965
	1.2	0.1	0.0032	0.0284	0.0032	0.2191
		0.2	-0.0016	0.1575	0.0053	0.2217
		0.3	Gagal			
60 derajat	2.21	0.1	0.0048	0.0660	-0.0052	0.2565
		0.2	0.0049	0.0366	-0.0008	0.2173
		0.3	0.0002	0.0355	-0.0017	0.2368
	1.8	0.1	-0.0004	0.0373	0.0051	0.2245
		0.2	0.0049	0.0626	-0.0001	0.2400
		0.3	0.0002	0.0355	0.0078	0.2368
	1.2	0.1	-0.0004	0.0157	0.0053	0.2887
		0.2	-0.0054	0.0764	-0.0051	0.2400
		0.3	Gagal			

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENELITI



Penulis bernama lengkap Mohamad Roby Alamsyah. Lahir di Jakarta pada tanggal 29 Desember 1997. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan formal di SDN Bancaran 03, SMPN 1 Bangkalan, SMAN 1 Bangkalan dan S1 Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS. Selama masa studi, penulis aktif berorganisasi mahasiswa di Himasiskal FTK-ITS, LDJ AL-Mi'raj dan menjadi anggota Laboratorium MMD. Penulis dapat dihubungi melalui email : robby.alamsyah12@gmail.com