



**TUGAS AKHIR - MO 184804**

**ANALISIS *RUN UP* AKIBAT TSUNAMI DENGAN 3  
SKENARIO LOKASI GEMPA, STUDI KASUS : BANDARA  
INTERNASIONAL YOGYAKARTA**

**LUTFIANA NUR ROHMAH**

**NRP. 04 3 1 16 4000 0019**

**Dosen Pembimbing:**

**Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.**

**Sujantoko, S.T., M.T.**

**Departemen Teknik Kelautan**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2020**



**FINAL PROJECT - MO 184804**

**ANALYSIS OF RUN-UP DUE TO TSUNAMI WITH 3  
EARTHQUAKE LOCATION SCENARIOS, STUDY CASE:  
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT**

**LUTFIANA NUR ROHMAH**

**NRP. 04 3 1 16 4000 0019**

**Supervisors:**

**Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.**

**Sujantoko, S.T., M.T.**

**Department of Ocean Engineering**

**Faculty of Marine Technology**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology**

**Surabaya**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS RUN UP AKIBAT TSUNAMI  
DENGAN 3 SKENARIO LOKASI GEMPA,  
STUDI KASUS : BANDARA INTERNASIONAL YOGYAKARTA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada  
Program S-1 Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**LUTFIANA NUR ROHMAH**

**NRP. 04 3 1 16 4000 0019**

Disetujui Oleh :

1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. (Pembimbing I)  
.....
2. Sujantoko, S.T., M.T. (Pembimbing II)  
.....
3. Dr. Eng. Muhammad Zikra, M.Sc. (Penguji I)  
.....
4. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D. (Penguji II)  
.....
5. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Penguji III)  
.....

Surabaya, Januari 2020

**ANALISIS *RUN UP* AKIBAT TSUNAMI  
DENGAN 3 SKENARIO LOKASI GEMPA,  
STUDI KASUS : BANDARA INTERNASIONAL YOGYAKARTA**

**Nama Mahasiswa** : Lutfiana Nur Rohmah  
**NRP** : 04 3 1 16 4000 0019  
**Departemen** : Teknik Kelautan FTK ITS  
**Dosen Pembimbing** : Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.  
Sujantoko, S.T., M.T.

**ABSTRAK**

Gelombang tsunami terjadi karena beberapa faktor, salah satunya adalah karena patahan lempeng yang mengakibatkan gempa di dasar laut seperti gempa yang terjadi 17 Juli 2006. Kekuatan gempa sebesar 6,8 SR dimodelkan sebagai pembangkitan gelombang tsunami dengan membuat elevasi muka air di sumber gempa untuk *Initial condition*. Simulasi dilakukan selama 1 jam 45 menit menggunakan *software* MIKE 21 Flow Model FM modul *Hydrodynamics* untuk melihat penjalaran dari sumber gempa menuju Bandara Internasional Yogyakarta. Proses kalibrasi dilakukan dengan mencari elevasi muka air model yang sampai di pesisir pantai sama dengan kejadian sesungguhnya yaitu sebesar 6 meter dengan cara mencari elevasi muka air, *Manning's Number*, dan *Eddy Viscosity*. Setelah didapat *Setting* model yang sesuai, kemudian dilakukan pemodelan dengan *Setting* model yang sama tetapi dengan 2 skenario lokasi gempa yang berbeda. Skenario lokasi gempa pertama berada di selatan Bandara Internasional Yogyakarta dan skenario lokasi gempa 2 berlokasi di tenggara Bandara Internasional Yogyakarta. Analisa *run up* dilakukan di tiga titik potong yang berbeda dimana setiap titik potongnya akan diambil 11 data elevasi muka air tertinggi di setiap 100 meter. Hasil pemodelan tsunami menunjukkan ketinggian dan jangkauan *run up* di Bandara Internasional Yogyakarta akibat gempa 17 Juli 2006 sejauh 500 meter dari pesisir pantai, ketinggian dan jangkauan *run up* akibat skenario lokasi gempa selatan Bandara Internasional Yogyakarta setinggi 2,5 – 4,1 meter di *runway* dan lebih dari 1 km, sedangkan ketinggian dan jangkauan *run up* akibat skenario lokasi gempa tenggara Bandara Internasional Yogyakarta setinggi 1,5 - 3,2 meter di *runway* dan lebih dari 1 km.

**Kata Kunci** : *Initial condition*, MIKE 21 Flow Model FM modul *Hydrodynamics*, *Run up*

**ANALYSIS OF RUN-UP DUE TO TSUNAMI  
WITH 3 EARTHQUAKE LOCATION SCENARIOS,  
STUDY CASE : YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT**

**Student Name** : Lutfiana Nur Rohmah  
**Reg Number** : 04 3 1 16 4000 0019  
**Departemen** : Teknik Kelautan FTK ITS  
**Dosen Pembimbing** : Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.  
Sujantoko, S.T., M.T.

**ABSTRACT**

Tsunami waves occur due to several factors, one of them is due to plate faults that cause earthquakes on the seabed such as the earthquake that occurred on July 17, 2006. The strength of it is 6.8 SR modeled as a tsunami wave by creating water level elevations at the earthquake source for Initial Condition. The simulation was carried out for 1 hour 45 minutes using MIKE 21 Flow Model FM Hydrodynamics module to see the spread from the source of the earthquake to Yogyakarta International Airport. The calibration process is carried out by finding the water level elevation of the model that reaches the shore the same as the actual event that is equal to 6 meters by looking for the water level elevation, Manning's Number, and *Eddy Viscosity*. After getting the appropriate model *Settings*, then modeling is done with the same model *Settings* but with 2 different earthquake location scenarios. The first earthquake's scenario is located in the south of Yogyakarta International Airport and the second one is located in the southeast of Yogyakarta International Airport. Run up analysis is carried out at three different intersection points whereas each intersection point will take 11 highest water level elevation data at every 100 meters. Tsunami modeling results show the height and range of run-up at Yogyakarta International Airport due to the earthquake of July 17, 2006, as far as 500 meters from the coast, the height and range of run-up due to the earthquake location of scenario of earthquake location south of Yogyakarta International Airport is as high as 2,5 – 4,1 meters on runway and more than 1 km, while the height and range of run-up due to the scenario of earthquake location south of Yogyakarta International Airport is 1,5 - 3,2 meters on runway in height and more than 1 km.

**Keywords** : *Initial condition, MIKE 21 Flow Model FM modul Hydrodynamics, Run up*

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pemodelan Numerik Tsunami Yogyakarta Akibat Dislokasi Dasar Laut, Studi Kasus : Bandara Internasional Yogyakarta” dengan baik.

Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Dalam pengerjaan dan penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan baik dalam penulisan maupun isi dari laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Januari 2020

Lutfiana Nur Rohmah

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan kali ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini baik dalam bentuk doa, bantuan, dorongan, dan doa. Ucapan terimakasih penulis disampaikan kepada :

1. Samudi dan Suhainah selaku orangtua penulis, Alfiatus Sofa, Viky Muzakky, Iflahatul Mazidah selaku saudara penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan secara moral maupun material agar penulis mampu menyelesaikan perkuliahan dengan baik.
2. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir penulis yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran serta ilmu dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Sujantoko, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir penulis yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan saran serta ilmu yang bermanfaat dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Juventus Welly Radiana Ginting, S.Si., MPSDA. selaku supervisor kerja praktik yang telah membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc., Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., dan Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc. selaku tim penguji yang telah membantu penulis dalam menyempurnakan Tugas Akhir.
6. Kepala Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai yang telah memberikan izin penggunaan *software* MIKE 21 dan data-data yang dibutuhkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Silvianita S.T, M.Sc. Ph.D. selaku dosen wali penulis yang telah mendampingi memberikan saran mengenai perkuliahan di Departemen Teknik Kelautan.
8. Ketua dan Sekertaris, serta dosen Departemen Teknik kelautan yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama penulis dalam masa studi.
9. Karyawan Departemen Teknik Kelautan yang telah membantu penulis untuk keperluan administrasi.
10. Teman – teman seperjuangan tugas akhir dengan *software* MIKE 21 di Laboratorium Konputasi Departemen Teknik Kelautan (Asa, Renda, Ilham, Yasyril, dan mas Arrozikul) yang telah berbagi ilmu dan pengetahuan sealama pengerjaan Tugas Akhir.
11. Angkatan 2016 “Adhiwamastya” yang selalu menemani dan membantu saya selama kuliah di Departemen Teknik Kelautan.

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL .....                             | i    |
| COVER PAGE .....                                | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                         | iii  |
| ABSTRAK .....                                   | iv   |
| ABSTRACT .....                                  | v    |
| KATA PENGANTAR .....                            | vi   |
| UCAPAN TERIMA KASIH .....                       | vii  |
| DAFTAR ISI .....                                | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                             | x    |
| DAFTAR TABEL .....                              | xii  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                         | 1    |
| 1.1    Latar Belakang .....                     | 1    |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                    | 4    |
| 1.3    Tujuan .....                             | 4    |
| 1.4    Manfaat .....                            | 4    |
| 1.5    Batasan Masalah .....                    | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....   | 5    |
| 2.1    Tinjauan Pustaka .....                   | 5    |
| 2.2    Dasar Teori .....                        | 6    |
| 2.2.1    Gelombang .....                        | 6    |
| 2.2.2    Tsunami .....                          | 9    |
| 2.2.3    Penyebab Tsunami .....                 | 10   |
| 2.2.4    Jenis-jenis Tsunami .....              | 13   |
| 2.2.5 <i>Run up</i> Tsunami .....               | 14   |
| 2.2.6    Magnitudo Gempa .....                  | 15   |
| 2.2.7    Persamaan gelombang tsunami .....      | 16   |
| BAB III METODE PENELITIAN .....                 | 19   |
| 3.1    Diagram Alir Metodologi Penelitian ..... | 19   |
| 3.2    Prosedur Penelitian .....                | 21   |
| 3.2.1    Perumusan masalah .....                | 21   |
| 3.2.2    Studi literatur .....                  | 21   |
| 3.2.3    Pengumpulan data .....                 | 21   |



|                                      |   |    |
|--------------------------------------|---|----|
| 3.2.4                                | Pemodelan tsunami Yogyakarta dengan MIKE 21 Flow Model FM.....                  | 23 |
| 3.2.5                                | Analisa Hasil Pemodelan Tsunami .....   | 24 |
| 3.2.6                                | Kalibrasi Model.....  | 24 |
| 3.2.7                                | Skenario Lokasi Gempa untuk Pemodelan Tsunami dengan MIKE 21 Flow Model FM..... | 24 |
| 3.2.8                                | Analisa Hasil dan Kesimpulan .....  | 25 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN ..... |   | 27 |
| 4.1                                  | Lokasi Penelitian .....   | 27 |
| 4.2                                  | Data Batimetri .....  | 28 |
| 4.3                                  | Data <i>DEM (Digital Elevation Model)</i> .....                                 | 28 |
| 4.4                                  | Elevasi Muka Air Laut .....   | 29 |
| 4.5                                  | Garis Pantai .....  | 30 |
| 4.6                                  | Data Pasang Surut .....   | 30 |
| 4.7                                  | Pemodelan Tsunami Yogyakarta dengan <i>Software</i> MIKE 21 .....               | 30 |
| 4.7.1                                | Pemodelan Gempa 17 Juli 2006.....   | 31 |
| 4.7.2                                | Pemodelan Tsunami dengan Skenario Lokasi Gempa.....                             | 47 |
| 4.8                                  | <i>Meshing</i> Skenario Lokasi Gempa .....                                      | 50 |
| 4.9                                  | Simulasi Model .....  | 51 |
| 4.10                                 | Analisis Hasil dan Pembahasan.....  | 51 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....     |   | 67 |
| 5.1                                  | Kesimpulan .....  | 67 |
| 5.2                                  | Saran.....  | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                  |   | 69 |
| LAMPIRAN                             |   |    |
| BIODATA PENULIS                      |   |    |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1 Pergerakan lempeng di Indonesia.....                           | 1  |
| Gambar 1.2 Bandara Internasional Yogyakarta .....                         | 3  |
| Gambar 2.1 Hubungan panjang dan tinggi gelombang tsunami .....            | 10 |
| Gambar 2.2 Pembangkitan tsunami akibat gempa tektonik .....               | 11 |
| Gambar 2.3 Jenis patahan lempeng tektonik .....                           | 11 |
| Gambar 2.4 Bentuk patahan lempeng tektonik .....                          | 12 |
| Gambar 2.5 Tsunami akibat gunung meletus .....                            | 13 |
| Gambar 2.6 Hubungan kemiringan lereng dengan <i>run up</i> gelombang..... | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....                                  | 20 |
| Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan pemodelan dengan MIKE 21 .....         | 20 |
| Gambar 3.3 Lokasi gempa tektonik 17 Juli 2006.....                        | 22 |
| Gambar 3.4 Domain model .....   | 23 |
| Gambar 3.5 Skenario lokasi gempa 1 .....                                  | 24 |
| Gambar 3.6 Skenario lokasi gempa 2.....                                   | 25 |
| Gambar 3.7 Lokasi tinjau tinggi <i>run up</i> .....                       | 25 |
| Gambar 4.1 Lokasi Bandara Internasional Yogyakarta.....                   | 27 |
| Gambar 4.2 Kontur batimetri.....  | 28 |
| Gambar 4.3 Kenaikan elevasi muka air laut.....                            | 29 |
| Gambar 4.4 Elevasi muka air laut tampak samping .....                     | 30 |
| Gambar 4.5 Zona UTM Negara Indonesia .....                                | 31 |
| Gambar 4.6 Letak <i>Nodes</i> pada model.....                             | 32 |
| Gambar 4.7 Menu <i>Boundary Properties</i> .....                          | 32 |
| Gambar 4.8 Garis pantai.....  | 33 |
| Gambar 4.9 Menu <i>Arc Property</i> .....                                 | 34 |
| Gambar 4.10 Kondisi batas .....   | 34 |
| Gambar 4.11 <i>Meshing</i> model .....                                    | 35 |
| Gambar 4.12 <i>Meshing</i> model lokasi tinjau.....                       | 36 |
| Gambar 4.13 <i>Meshing</i> model sumber gempa .....                       | 36 |
| Gambar 4.14 <i>Interpolate</i> batimetri .....                            | 37 |
| Gambar 4.15 Batimetri .....   | 38 |
| Gambar 4.16 <i>Meshing</i> batimetri .....                                | 38 |
| Gambar 4.17 <i>Interpolate Mesh</i> .....                                 | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.18 <i>Initial condition</i> .....   | 39 |
| Gambar 4.19 <i>Meshing Initial Condition</i> .....   | 40 |
| Gambar 4.20 <i>Setting Bondary Condition</i> .....   | 41 |
| Gambar 4.21 Penjalaran tsunami pada <i>time step</i> ke 0 sampai 50 secara 2D.....           | 42 |
| Gambar 4.22 Penjalaran tsunami pada <i>time step</i> ke 0 sampai 50 secara 3D.....           | 42 |
| Gambar 4.23 Titik kalibrasi.....   | 43 |
| Gambar 4.24 Hasil grafik muka air laut .....   | 44 |
| Gambar 4.25 Grafik perbandingan elevasi muka air laut variasi <i>Initial condition</i> ..... | 44 |
| Gambar 4.26 Grafik perbandingan elevasi muka air laut variasi nilai <i>manning</i> .....     | 45 |
| Gambar 4.27 Perbandingan elevasi muka air laut variasi nilai <i>eddy viscosity</i> .....     | 46 |
| Gambar 4.28 Lokasi skenario lokasi gempa 1 .....   | 47 |
| Gambar 4.29 Domain skenario lokasi gempa 1 .....   | 48 |
| Gambar 4.30 Lokasi skenario lokasi gempa 2.....  | 49 |
| Gambar 4.31 Domain skenario lokasi gempa 2.....  | 49 |
| Gambar 4.32 <i>Meshing</i> Skenario Lokasi Gempa 1 .....                                     | 50 |
| Gambar 4.33 <i>Meshing</i> Skenario Lokasi Gempa 2.....                                      | 50 |
| Gambar 4.34 Grafik perbandingan elevasi muka air laut.....                                   | 51 |
| Gambar 4.35 Lokasi pengambilan data elevasi muka air dan batimetri.....                      | 53 |
| Gambar 4.36 Grafik hubungan elevasi muka air dan batimetri gempa 17 Juli 2006 .....          | 54 |
| Gambar 4.37 Lokasi tinjau <i>run up</i> di Bandara Internasional Yogyakarta.....             | 55 |
| Gambar 4.38 Titik tinjau <i>run up</i> di Bandara Internasional Yogyakarta.....              | 56 |
| Gambar 4.39 Grafik hasil <i>run up</i> akibat gempa 17 Juli 2006.....                        | 57 |
| Gambar 4.40 Grafik hasil <i>run up</i> akibat skenario lokasi gempa 1 .....                  | 59 |
| Gambar 4.41 Grafik hasil <i>run up</i> akibat skenario lokasi gempa 2 .....                  | 61 |
| Gambar 4.42 Grafik perbandingan hasil <i>run up</i> di 3 skenario lokasi gempa .....         | 63 |

## DAFTAR TABEL

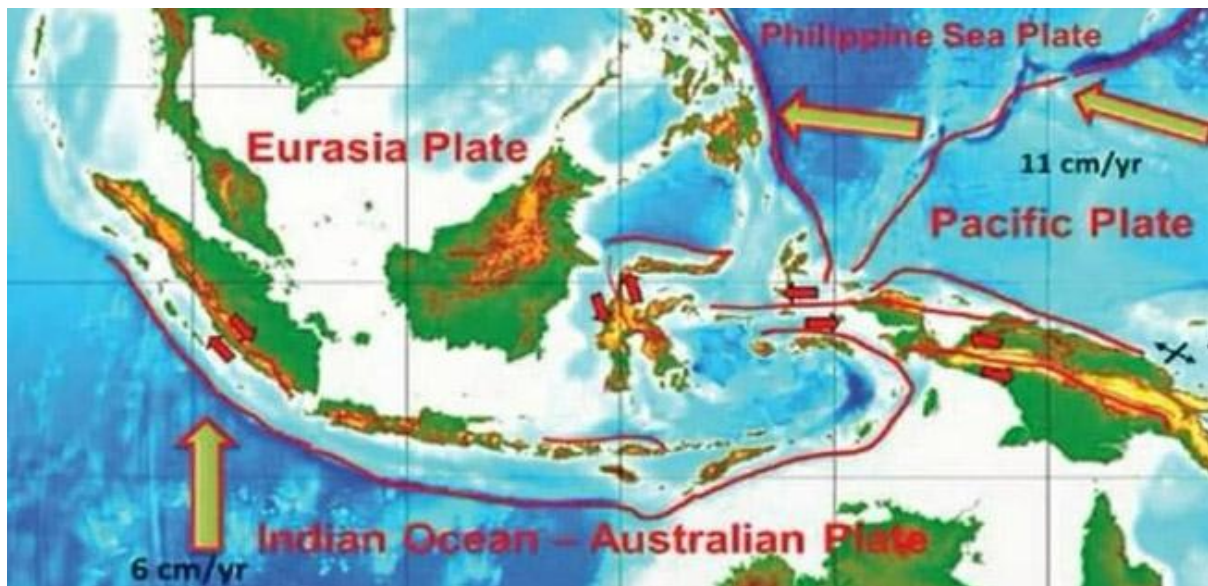
|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Nilai koefisien refleksi X untuk berbagai keadaan bangunan.....          | 8  |
| Tabel 4.1 Koordinat <i>Nodes</i> .....   | 31 |
| Tabel 4.2 Definisi batasan.....  | 34 |
| Tabel 4.3 Kriteria <i>MAPE</i> .....   | 43 |
| Tabel 4.4 Perbandingan <i>MAPE</i> untuk variasi elevasi muka air tertinggi.....   | 45 |
| Tabel 4.5 Perbandingan <i>MAPE</i> untuk variasi nilai <i>manning</i> .....        | 45 |
| Tabel 4.6 Perbandingan <i>MAPE</i> untuk variasi nilai <i>Eddy Viscosity</i> ..... | 46 |
| Tabel 4.7 Elevasi muka air laut variasi lokasi gempa.....                          | 52 |
| Tabel 4.8 Jarak dari sumber gempa menuju Bandara Internasional Yogyakarta.....     | 52 |
| Tabel 4.9 Jarak antar titik data pengambilan data.....                             | 53 |
| Tabel 4.10 Ketinggian gelombang akibat gempa 17 Juli 2006.....                     | 58 |
| Tabel 4.11 Ketinggian gelombang akibat skenario lokasi gempa 1.....                | 60 |
| Tabel 4.12 Ketinggian gelombang akibat skenario lokasi gempa 2.....                | 62 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di Asia Tenggara dimana pulau-pulainya tersebar dari Sabang sampai Merauke. Seperti yang kita ketahui, persebaran pulau tersebut secara geografis terletak pada  $94^{\circ} - 141^{\circ}$  BT dan  $6^{\circ}$  LU –  $11^{\circ}$  LS dimana terdapat tiga lempeng tektonik aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng Indo-Australia. Diatas lempeng-lempeng tersebut terdapat banyak gunung aktif sehingga menjadikan Indonesia negara yang memiliki banyak keuntungan seperti tanah subur yang dapat dimanfaatkan untuk bercocok tanam demi memenuhi kebutuhan. Akan tetapi, keadaan ini juga merupakan tantangan bagi Negara Indonesia karena adanya peluang terjadinya gempa bumi dan juga aktivitas gunung berapi. Peluang terjadinya gempa bumi disebabkan karena ketiga lempeng tersebut memiliki letak dan arah pergerakan yang berbeda-beda. Lempeng Indo-Australia berada di sebelah selatan Negara Indonesia dan bergerak ke arah utara, lempeng Samudra Pasifik berada di sebelah timur dan bergerak ke arah barat laut, dan Lempeng Eurasia berada di sebelah utara tetapi relatif diam atau tidak bergerak (Palupi dkk, 2018).



**Gambar 1.1** Pergerakan lempeng di Indonesia

(<https://rmollampung.id/indonesia-dalam-jepitan-tiga-lempeng-tektonik-dunia/>)

Berdasarkan Gambar 1.1, Pulau Jawa berada di zona subduksi atau wilayah pertemuan antara dua lempeng yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia sehingga banyak potensi gempa bumi terjadi di selatan Pulau Jawa (Kongko dan Hidayat, 2015). Pergerakan lempeng inilah yang mengakibatkan Pulau Jawa mengalami banyak gempa besar dan dapat

menyebabkan terjadinya tsunami. Pergerakan lempeng secara tiba-tiba akan memberikan getaran yang sering disebut dengan gempa bumi. Apabila gempa bumi terjadi di dasar laut maka air yang berada di atasnya akan bergerak dan berpindah dari posisi sebelumnya dan membentuk gelombang. Gelombang tersebut akan menjalar ke segala arah yang akhirnya akan sampai ke pesisir pantai. Gelombang yang sampai ke pesisir pantai disebut dengan gelombang tsunami. Gelombang dapat disebut dengan gelombang tsunami apabila sudah mendekati pantai karena semakin mendekati pantai maka akan terjadi pendangkalan atau shoaling sehingga panjang gelombang berkurang dan tinggi gelombang bertambah. Sedangkan tinggi gelombang sulit diidentifikasi saat berada di laut dalam karena panjang gelombangnya besar dan tinggi gelombang tidak terlihat signifikan. Gelombang tsunami akan lebih besar apabila lempeng bergerak secara vertikal. Hal ini terjadi ketika lempeng bergerak turun atau naik maka air yang ada di atasnya akan berpindah ke daerah yang lebih rendah. Dalam data historis, jumlah gempa yang terjadi akibat bergesernya lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia pada kurun waktu 1977- 2007, terjadi sekitar 420 gempa dengan kedalaman yang cenderung dangkal yaitu kurang lebih 40 kilometer (Fadhil, 2018). Dari sekian banyak gempa yang terjadi, beberapa diantaranya diikuti dengan tsunami dengan kedalaman kurang dari 20 kilometer.

Pada tanggal 17 Juli 2006, tsunami kembali terjadi di selatan Pulau Jawa. Tsunami terjadi setelah adanya gempa akibat pergerakan lempeng tektonik di titik  $9.295^{\circ}$  LS dan  $107.347^{\circ}$  BT dan mengenai pesisir selatan Pulau Jawa (Akbar dan Sujali, 2012). Lempeng tektonik diketahui bergerak secara vertikal sehingga terjadi gempa besar dan diikuti oleh Tsunami. Daerah yang merasakan gempa paling besar yaitu provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat karena lokasi gempa berada di barat daya Pulau Jawa. Daerah-daerah tersebut adalah Kabupaten Pangandaran, Yogyakarta, Bantul dan sekitarnya. Gempa yang berkekuatan 6,8 SR ini telah merenggut banyak korban jiwa yaitu sekitar kurang lebih 650 jiwa dan kerusakan fasilitas berupa tempat tinggal dan juga sumber mata pencaharian penduduk pesisir pantai yaitu kapal. Selain itu, rusaknya tempat liburan yaitu Pantai Pangandaran juga memberikan efek yang sangat besar karena sebelum tsunami terjadi Pantai Pangandaran ramai dengan pengunjung. Sedangkan untuk memperbaiki pantai tersebut butuh waktu yang cukup lama sehingga pemasukan bagi penduduk sekitar berkurang.

Kulon Progo merupakan salah satu daerah yang ada di pesisir Yogyakarta dimana saat tsunami pada tanggal 17 Juli 2006, wilayah ini terkena dampaknya. Berdasarkan jurnal yang ditulis oleh Widyawati, dkk (2013) yang berjudul kajian Kerentanan Bencana Tsunami di Pesisir Kabupaten Kulon Progo Provinsi D.I.Yogyakarta mengatakan bahwa *run up* tsunami

yang sampai di pesisir Yogyakarta yaitu 4-6 meter. Dengan begitu, pesisir Kulon Progo juga merasakan tsunami dengan ketinggian tersebut. Akan tetapi, pada bulan April 2019, pemerintah memutuskan untuk membangun bandara baru yang bernama “Bandara Internasional Yogyakarta” yang letaknya sangat dekat dengan pesisir pantai Kulon Progo yaitu sekitar 200 meter. Pembangunan dilakukan dalam rangka mendukung pertumbuhan industri penerbangan yang pesat, Kementerian Perhubungan berencana membangun 45 bandara baru dalam kurun waktu 10 tahun hingga tahun 2022. Pembangunan tersebut terbagi atas 24 bandara hingga tahun 2017 dan sisanya akan dibangun secara bertahap hingga 2022 (Kustiningsih, 2017). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.2 dibawah ini. Kurangnya landasan udara dan jumlah pengunjung yang cukup banyak merupakan pertimbangan pemerintah untuk membangun bandara baru karena sebelum adanya bandara ini pesawat yang akan mendarat harus mengantri terlebih dahulu (Azizah, 2017). Pembangunan Bandara Internasional Yogyakarta memiliki cukup banyak kontroversi karena lokasinya yang sangat dekat dengan pesisir dan adanya potensi gempa yang disertai tsunami. Selain itu, pertentangan dilakukan oleh masyarakat karena beranggapan bahwa mata pencaharian akan terganggu (Arifin dan Basuki 2018). Sehingga perlu dilakukannya pemodelan numerik untuk mengetahui elevasi muka air gelombang di bandara Kulon Progo apabila tsunami kembali terjadi.



**Gambar 1.2** Bandara Internasional Yogyakarta  
(www.earth.google.com)

Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan tsunami menggunakan *Software* MIKE 21 modul Flow Model FM. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat melihat penjararan

gelombang tsunami yang sampai di pesisir Yogyakarta dan *run up* yang sampai di Bandara Internasional Yogyakarta.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana hasil pemodelan gelombang tsunami di pesisir Yogyakarta pada tanggal 17 Juli 2006?
2. Berapakah tinggi *run up* gelombang tsunami di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta dengan perubahan skenario lokasi gempa?

### **1.3 Tujuan**

1. Mengetahui mekanisme penjalaran gelombang tsunami dari sumber gempa tektonik sampai ke pesisir Yogyakarta pada tanggal 17 Juli 2006
2. Mengetahui tinggi *run up* gelombang di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta

### **1.4 Manfaat**

1. Dapat mengetahui mekanisme penjalaran gelombang tsunami dari sumber gempa tektonik sampai ke pesisir Yogyakarta pada tanggal 17 Juli 2006
2. Dapat mengetahui tinggi *run up* gelombang di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta
3. Dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan mitigasi bencana

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Pemodelan numerik menggunakan *Software* MIKE 21 Flow Model FM modul HD
2. Tsunami yang ditinjau akibat pergerakan lempeng tektonik yang terjadi di selatan Pulau Jawa
3. Daerah penelitian berada di Bandara Internasional Yogyakarta
4. Lokasi sumber tsunami berdasarkan jurnal Presepsi dan Harapan untuk Pengembangan Pariwisata Pantai Pangandaran Pasca Tsunami
5. Pemodelan dilakukan pada kondisi air pasang tertinggi
6. Pemodelan tsunami di Bandara Internasional Yogyakarta hanya mengukur ketinggian tsunami
7. Lokasi gempa memiliki kedalaman yang sama dengan gempa tanggal 17 Juli 2006



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Negara Indonesia merupakan negara yang terletak pada “Cincin Api Pasifik” atau disebut juga dengan *Ring of Fire*. *Ring of Fire* adalah istilah yang digunakan untuk wilayah yang memiliki rangkaian gunung api aktif yang tersebar diatas lempeng bumi. Terdapat tiga lempeng di Indonesia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Lempeng-lempeng ini dapat bergerak secara tiba-tiba dan menimbulkan gempa bumi yang dapat dirasakan di daerah sekitar. Bergeraknya lempeng bumi akan mempengaruhi benda yang ada diatasnya dalam hal ini adalah air laut. Tsunami akan terjadi apabila lempeng bergerak secara horizontal dan vertikal akan tetapi akan sangat terasa saat lempeng bergerak secara vertikal. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan muka air laut yang akan bergerak menyebar terutama ke pantai.

Potensi gempa telah dimodelkan oleh Kongko dan Hidayat (2015) untuk selatan Pulau Jawa. Dari jurnal tersebut potensi gempa paling banyak terjadi di *seismic gap* atau pertemuan antar lempeng. Tetapi banyak juga potensi gempa pada kedalaman 61 – 90 km dengan besar gempa yang beragam. Gempa juga dimodelkan dengan besar gempa dari 0,1 – 8,6 M. Dari pemodelan tersebut, potensi gempa terjadi di kedalaman gempa 0 sampai 30 km dengan magnitudo terbesar yaitu 8,6 M. Dari hasil pemodelan didapat bahwa ketinggian tsunami mencapai 6 meter dengan *run up* sejauh 2 km dan area yang tergenang air seluas 20 km<sup>2</sup>.

Tsunami telah terjadi di Yogyakarta akibat adanya pergerakan lempeng bumi. Lempeng Indo-Australia bergerak secara vertikal sehingga tsunami yang terjadi cukup besar dampaknya. Lokasi gempa tektonik berada di selatan Pulau Jawa dan dirasakan paling besar oleh wilayah Jawa bagian barat dan tengah. Salah satu daerah yang terkena adalah Yogyakarta. Ketinggian gelombang yang sampai di pesisir pantai di Yogyakarta yaitu sekitar 4 sampai dengan 6 meter (Widyawati, 2013). Wilayah yang tergenang air cukup luas termasuk daerah Pangandaran. Analisa *run up* pernah dilakukan oleh Aeda, dkk (2017) untuk daerah Pangandaran dengan software COMCOT v1.7. Pemodelan dilakukan dengan memvariasikan besar gempa. Hasil dari pemodelan yang telah dilakukan adalah tinggi tsunami mencapai 9,13 meter akibat besar gempa 8,3 Mw. Dengan demikian, penelitian ini akan dilakukan dengan memodelkan penjalaran gelombang tsunami yang sampai di pesisir Yogyakarta. pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan *software* MIKE 21 dengan modul Flow Model FM. Hasil yang diharapkan yaitu dapat mengetahui *run up* gelombang di Bandara Internasional Yogyakarta.

Bandara baru yang diberi nama Bandara Internasional Yogyakarta dibangun di Kabupaten Kulon Progo tepatnya 200 meter dari pesisir pantai selatan Jawa. Pembangunan ini mendapatkan beberapa kritikan karena jaraknya yang sangat dekat dengan pantai. Selain itu, potensi gempa bumi dan tsunami sangatlah banyak karena lokasinya di sekitar lempeng Indo-Australia.

Pemodelan *run up* telah dilakukan oleh Gayer, dkk (2010) menggunakan MIKE 21 Flow Model FM modul *Hydrodynamics* akibat gempa 26 Desember 2004 yang terjadi di utara Pulau Sumatra dengan memvariasikan kekasaran batimetri untuk tipe daratan. Tipe daratan tergantung pada bangunan yang ada di atasnya dan kerapatan pohon dan faktor lainnya. Tipe daratan ini sangat mempengaruhi hasil tinggi *run up* dan luas area yang tergenang air.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Gelombang

Gelombang merupakan pergerakan naik dan turunnya permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal (Triatmodjo, 1999). Penjalaran gelombang menuju pantai tidak selalu memiliki bentuk dan arah gerak yang sama melainkan selalu berbeda setiap waktu. Perbedaan ini mengakibatkan terjadinya gelombang acak. Gelombang acak memiliki perbedaan yaitu tinggi, panjang, periode gelombang, dan yang lainnya dengan gelombang sebelum dan sesudahnya. Hal ini dikarenakan sumber pembangkit gelombang yaitu angin memiliki waktu yang berbeda-beda saat mengenai permukaan air. Semakin lama angin bertiup maka semakin besar pula gelombangnya dan begitu pula sebaliknya.

Gelombang laut merupakan gelombang yang berasal dari laut lepas yang bergerak menuju ke tepa yang memiliki kedalaman dangkal yaitu pantai. Akan tetapi, gelombang yang sampai di pantai tidak akan sama lagi tinggi, panjang dan periode gelombangnya dengan saat berada di laut. Hal ini terjadi karena beberapa faktor, salah satunya ialah karena kontur dasar laut yang berubah saat mendekati pantai. Dengan begitu, gelombang akan berdeformasi atau perubahan bentuk dan sifat sehingga dampaknya akan merusak pantai. Deformasi gelombang terdiri dari 4 perubahan, yaitu :

#### 1. Difraksi

Perubahan gerak rambatan gelombang akibat adanya rintangan yang dapat memecah gelombang seperti breakwater dan pulau. Rambatan gelombang akan bergerak mengelilingi rintangan dan menuju daerah yang ada di belakang rintangan tersebut (Rabung dkk, 2015). Pada pantai, biasanya deformasi gelombang akibat pantai terjadi bersamaan dengan gerak gelombang refleksi. Pantai yang memiliki beberapa pulau kecil

pasti mengalami deformasi gelombang jenis ini hal ini ditandai dengan keadaan air dibelakang pulau yang tidak tenang (Triatmodjo, 1999). Gelombang yang tidak menjangkau puncak dari pulau kecil akan memantul dan bergerak mencari jalur lain yang dapat dilewati oleh gelombang lain yaitu jalur dimana tidak ada penghalang. Setelah memutar pulau, gelombang akan berkurang kecepatannya akibat berkurangnya energi yang dibawa setelah gelombang memantul, *run up* ke pulau kecil, dan berbelok. Berdasarkan buku Teknik Pantai yang ditulis oleh Triatmodjo (1999), tinggi gelombang akibat difraksi adalah sebagai berikut :

$$H_A = K' H_p \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{dan } K' = f\left(\theta, \beta, \frac{r}{L}\right) \dots \dots \dots (2)$$

dengan,

H = Tinggi gelombang akibat difraksi

K' = Koefisien difraksi

$\theta$  = Sudut antara penjalaran gelombang dan rintangan

$\beta$  = Sudut antar rintangan dan garis yang menghubungkan rintangan dengan titik yang dicari

r = Jarak dari ujung rintangan ke titik yang dicari

L = Panjang gelombang

H<sub>p</sub> = perbandingan antara r dan L

## 2. Refleksi

Pemantulan gelombang yang terjadi akibat gelombang menabrak dinding, pantai dan penghalang lainnya seperti pagar atau pemecah gelombang ambang rendah. Gelombang yang datang akan dipantulkan tegak lurus dengan penghalang dengan sudut datang dan sudut kembali yang sama terhadap garis tegak lurus penghalang (Rabung dkk, 2015). Peristiwa ini akan berdampak buruk apabila gelombang menabrak pantai lalu pantulan gelombang kembali ke arah laut dan membawa material yang ada di pantai maka pantai akan mengalami penggerusan atau erosi. Tinggi gelombang pantulan yang terjadi memiliki ketinggian yang berbeda-beda tergantung pada material penghalangnya. Bentuk fisik berongga atau tidak dan posisi penghalang dalam keadaan miring, vertikal, maupun horizontal sangat berpengaruh terhadap pantulan (Triatmodjo, 1999). Hubungan tinggi gelombang datang dan pantulan dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$H_r = X H_i \dots \dots \dots (3)$$

dimana,

Hr = Tinggi gelombang refleksi

X = koefisien refleksi

Hi = Tinggi gelombang datang

Nilai koefisien refleksi X dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.1** Nilai koefisien refleksi X untuk berbagai keadaan bangunan

| No. | Tipe bangunan   | X          |
|-----|---|------------|
| 1   | Dinding vertikal dengan puncak di atas air              | 0,7 – 1,0  |
| 2   | Dinding vertikal dengan puncak teredam                  | 0,5 – 0,7  |
| 3   | Tumpukan batu sisi miring                               | 0,3 – 0,6  |
| 4   | Tumpukan blok beton                                     | 0,3 – 0,5  |
| 5   | Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang) | 0,05 – 0,2 |

(Triatmodjo, 1999)

Nilai koefisien refleksi X untuk gelombang datang tegak lurus pantai dan menabrak bangunan vertikal adalah sama dengan 1. Kondisi ini akan berbahaya karena gelombang akan mengalami *standing wave* yaitu keadaan dimana tinggi gelombang datang sama dengan tinggi gelombang pantulan. Akan tetapi, adanya teori yang menyatakan bahwa tinggi gelombang superposisi maka kondisi *standing wave* mengakibatkan tinggi gelombang refleksi akan mencapai dua kali tinggi gelombang datang yang mana gelombang ini akan bersifat merusak (Rabung dkk, 2015).

### 3. Shoaling

Peristiwa gesekan antara gelombang dengan dasar laut yang menyebabkan berkurangnya kecepatan (Rabung dkk, 2015). Pada saat itu, panjang gelombang akan berkurang tetapi energi yang dimiliki masih sama besarnya sehingga. Ada tidaknya energi ditandai dengan adanya gelombang pecah. Jika gelombang belum pecah, maka energi yang dibawa masih cukup besar dan akan terjadi penambahan tinggi gelombang.

### 4. Refraksi

Peristiwa berbeloknya gelombang karena arah datangnya tidak tegak lurus dengan pantai. Hal ini mengakibatkan gelombang berbelok untuk mencapai keseimbangan terhadap gaya gesek yang ada di dasar laut (Rabung dkk, 2015). Selain itu, arah datang gelombang akan menyesuaikan bentuk pantai dan berusaha sejajar garis kontur dan garis pantai (Triatmodjo, 1999). Proses refraksi akan mempengaruhi bentuk pantai sehingga apabila pembangunan pelabuhan dilakukan maka area pantai yang cocok adalah gelombang yang tegak lurus dengan pantai atau tidak mengalami refraksi dan yang paling dekat dengan

daratan dibanding daerah sekitar. Hal ini dikarenakan energi gelombang yang sampai akan berkurang akibat adanya deformasi gelombang di area pantai yang menjorok ke laut. Pada peristiwa ini, proses *shoaling* juga sedang terjadi sehingga adanya gesek di dasar laut yang berpengaruh terhadap kecepatan, panjang gelombang dan tinggi gelombang. Berdasarkan buku Teknik Pantai yang ditulis oleh Triatmodjo (1999), tinggi gelombang akibat shoaling adalah sebagai berikut :

$$H = K_s K_r H_0 \dots \dots \dots (4)$$

dengan,

H = Tinggi gelombang setelah *shoaling* dan refraksi

$K_s$  = Koefisien *shoaling*

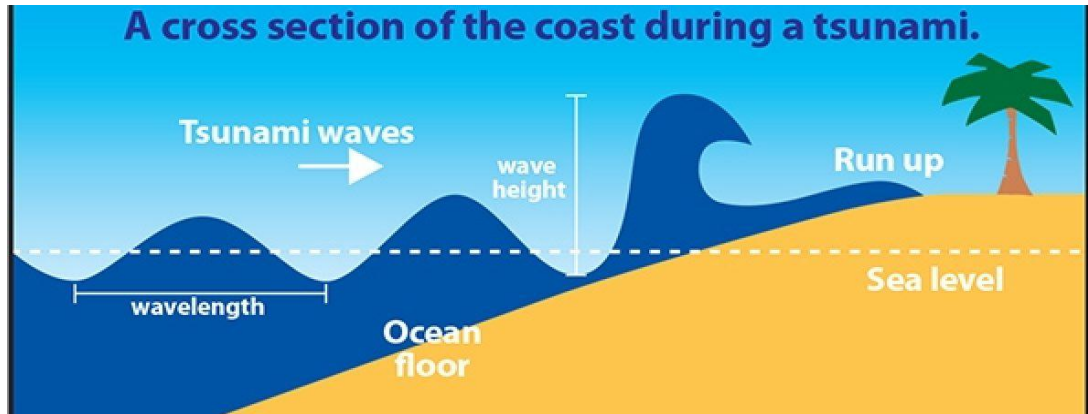
$K_r$  = Koefisien refraksi

$H_0$  = tinggi gelombang laut dalam

### 2.2.2 Tsunami

Tsunami adalah gelombang yang bergerak dari sumber ke segala arah termasuk pantai (Triatmodjo, 1999). Tsunami memiliki ketinggian 0,5 – 30 meter dan periode yang bervariasi tergantung pada sumber gempanya. Periode gelombang saat tsunami sekitar beberapa menit sampai satu jam. Semakin besar periode gelombang, maka tsunami yang ditimbulkan juga lebih besar karena semakin panjang pula panjang gelombangnya.

Tsunami berasal dari bahasan Jepang yaitu ‘tsu’ dan ‘nami’. ‘tsu’ memiliki arti pelabuhan dan ‘nami’ memiliki arti gelombang besar. Sehingga tsunami diartikan sebagai gelombang besar yang ada di pelabuhan. Istilah ini muncul di kalangan para nelayan karena saat para nelayan berada di laut, mereka tidak merasakan adanya gelombang besar akan tetapi saat tiba di pesisir pantai terdapat banyak kerusakan. Sifat gelombang tsunami sendiri pada dasarnya destruktif jika sampai ke pesisir pantai. Hal ini dikarenakan gelombang tsunami memiliki panjang gelombang yang besar sehingga tidak terlalu dirasakan saat di laut. Akan tetapi, sangat terasa jika sampai ke pantai karena telah mengalami efek pendangkalan seperti pada gambar 2.1. Hal ini dikarenakan adanya gesekan antara gelombang dengan dasar laut yang membuat kecepatan berkurang sedangkan energi yang dibawa masih sama besarnya. Sehingga terjadi penambahan tinggi gelombang di sekitar pantai.



**Gambar 2.1** Hubungan panjang dan tinggi gelombang tsunami  
 (<https://gkforschoolkids.com/concepts/tsunami>)

Kecepatan gelombang tsunami berbeda-beda tergantung pada kedalaman air laut. Semakin dalam dasar laut maka semakin besar pula kecepatan dan panjang gelombangnya akan tetapi, tinggi gelombang yang dibangkitkan cukup kecil (Ibad, 2014). Selain itu, periode gelombang akan semakin pendek saat mendekati pantai karena panjang gelombang juga semakin pendek. Dengan begitu hubungan antara panjang gelombang, tinggi gelombang, kecepatan gelombang, dan periode gelombang dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{gd} \text{ dan } \lambda = vT \dots \dots \dots (5)$$

dimana,

- v = kecepatan gelombang tsunami (m/s)
- g = percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- d = kedalaman dasar laut (m)
- $\lambda$  = panjang gelombang tsunami (m)
- T = periode gelombang (s)

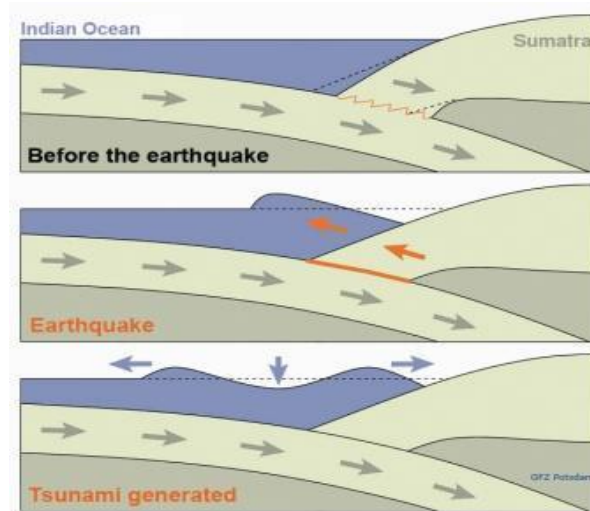
### 2.2.3 Penyebab Tsunami

Kenaikan muka air laut yang terjadi di pantai merupakan tsunami yang berasal dari laut lepas. Secara umum, tsunami disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

#### 1. Gempa tektonik

Gempa yang diakibatkan oleh aktivitas kerak bumi. Aktivitas ini berupa pergerakan, pergeseran dan tumbukan antar lempeng di zona subduksi atau zona tektonik antarlempeng. Pergerakan ini diakibatkan karena berat jenis lempeng yang tinggi pindah ke bawah lempeng yang memiliki berat jenis yang lebih rendah (Ibad, 2014). Namun saat tegangan di sekitar patahan mencapai batas maksimum, ujung lempeng akan melenting

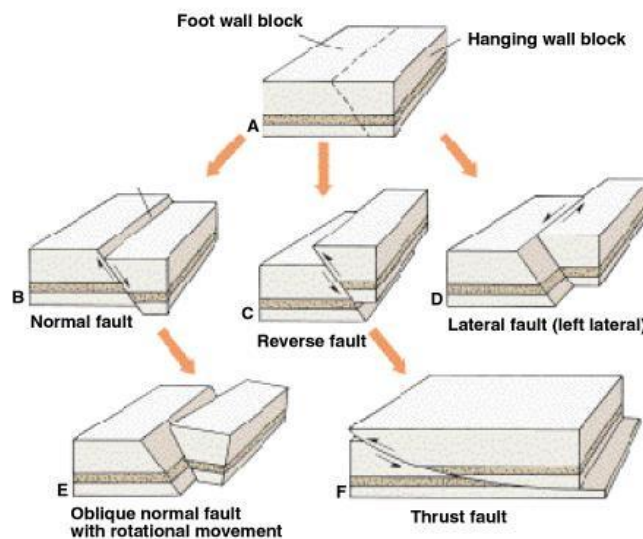
keatas dan mengakibatkan kenaikan muka air laut. Air laut yang berada diatas lokasi gempa akan berpindah dari posisi keseimbangannya sehingga air akan bergerak turun dan menjalar.



**Gambar 2.2** Pembangkitan tsunami akibat gempa tektonik

(<https://bali.tribunnews.com/2018/12/25/dahsyatnya-erupsi-gunung-krakatau-1883-letusan-terdengar-telinga-manusia-sampai-jarak-4500-km>)

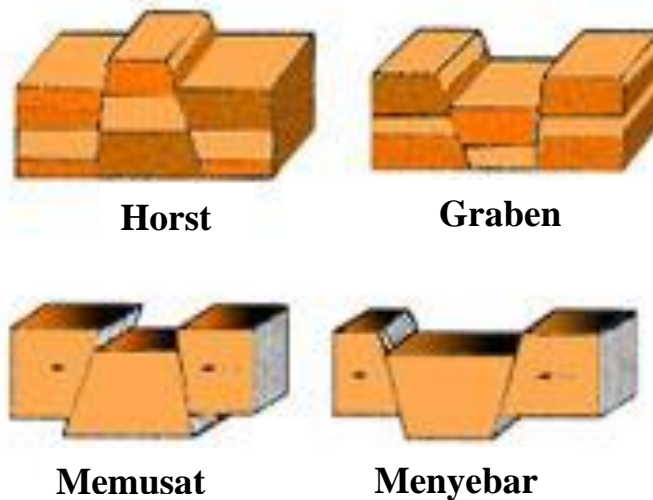
Dislokasi atau pergeseran kulit bumi sering menyebabkan perubahan energi pada air. Terdapat berbagai jenis-jenis dislokasi kulit bumi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, diantaranya *normal fault* (patahan turun), *reverse fault* (patahan naik), *lateral fault* (patahan secara horizontal atau mendatar), *thrust fault* (patahan naik dengan sudut + 300), dan *oblique normal fault* (patahan secara horizontal dan vertikal).



**Gambar 2.3** Jenis patahan lempeng tektonik

(<https://samarticlenews.wordpress.com>)

Pada *normal fault* bagian tanah bergerak ke bawah dan memindahkan massa air yang berada di atasnya. Mekanisme *thrust fault* yaitu, bagian tanah yang bergerak keatas akibat tekanan dari lempeng sebelahnya. Sedangkan pada *oblique normal fault*, bagian tanah bergerak secara vertikal baik naik maupun turun dan bergerak secara horizontal. Ketiga jenis dislokasi ini menyebabkan air yang berada di atasnya berpindah sehingga menyebabkan tsunami.



**Gambar 2.4** Bentuk patahan lempeng tektonik  
 (<https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/geomorfologi/bentuk-bentuk-patahan>)

Berbagai jenis patahan lempeng tektonik memberikan bentuk patahan yang berbeda-beda. Hal ini mempengaruhi bentuk relief muka bumi memiliki tinggi yang berbeda-beda. Beberapa bentuk dapat dilihat pada Gambar 2.4, diantaranya *Horst* dan *Graben*. *Horst* merupakan kenaikan dataran akibat gerakan dari dalam bumi. Gerakan ini mengakibatkan lempeng terangkat ke atas dan menyebabkan patahan di kanan dan kiri lempeng. Sedangkan *Graben* merupakan penurunan daratan akibat gerakan dalam bumi.

## 2. Letusan vulkanik

Rangkaian gunung api aktif yang berada di lempeng bumi memiliki potensi untuk melakukan aktivitas seperti erupsi. Namun tsunami akibat gunung api jarang terjadi karena kekuatan yang diberikan tidak cukup besar dan biasanya bersifat lokal (Ibad, 2014). Akan tetapi di Indonesia pernah terjadi tsunami akibat gunung api pada tahun 1883. Gunung tersebut adalah Gunung Krakatau. Besarnya dari letusan gunung ini dirasakan oleh beberapa daerah terutama di Pulau Jawa dan Sumatra yang lokasinya sangat dekat dengan sumber tsunami. Dampak dari letusan ini juga dirasakan oleh beberapa negara lain yaitu berupa perubahan iklim selama beberapa bulan.



### 3. Longsor

Longsor atau *Landslide* dapat mengakibatkan terjadinya tsunami. Penyebabnya bermacam-macam yaitu karena letusan gunung api yang cukup kuat, gempa bumi, longsor di dasar laut maupun diatas permukaan laut. Letusan gunung akan mengeluarkan material berupa batu, pasir, magma dan yang lainnya dalam jumlah yang banyak. Jatuhnya material gunung ke laut akan menaikkan muka air laut yang cukup signifikan sehingga gelombang tsunami terbentuk di sekitar gunung aktif. Longsor diatas permukaan laut biasanya dikarenakan jatuhnya material gunung api saat erupsi.



**Gambar 2.5** Tsunami akibat gunung meletus

(<https://bali.tribunnews.com/2018/12/25/dahsyatnya-erupsi-gunung-krakatau-1883-letusan-terdengar-telinga-manusia-sampai-jarak-4500-km>)

#### 2.2.4 Jenis-jenis Tsunami

Tsunami terdiri dari dua jenis berdasarkan jarak antara pusat gempa atau penyebab lainnya dengan daerah bencana tsunami. Jenis- jenis tsunami adalah sebagai berikut (Ibad, 2014) :

##### 1. Tsunami lokal

Merupakan tsunami yang terjadi apabila jarak antara pusat gempa dengan lokasi bencana tsunami kurang dari 100 km. Penjalaran gelombang tsunami dari lokasi gempa biasanya membutuhkan waktu sekitar 5 sampai 40 menit setelah gempa utamanya (Ibad, 2014). Hal ini dapat dimanfaatkan untuk menggolongkan bahwa gelombang tersebut dapat menimbulkan tsunami atau tidak dan juga untuk menyelamatkan masyarakat terutama yang berada di sekitar pantai.

##### 2. Tsunami jarak jauh

*Far Field Tsunami* atau tsunami jarak jauh merupakan tsunami yang ditimbulkan oleh gempa bumi dan penyebab lainnya tetapi memiliki jarak yang cukup jauh yaitu sekitar

ribuan kilometer antara pusat lokasi gempa dengan daerah terdekat dalam hal ini yaitu pantai. Waktu yang dibutuhkan juga semakin lama yaitu beberapa jam sampai dengan 24 jam. Hal ini dikarenakan, panjang gelombang yang terbentuk lebih besar sehingga periode gelombang juga besar.

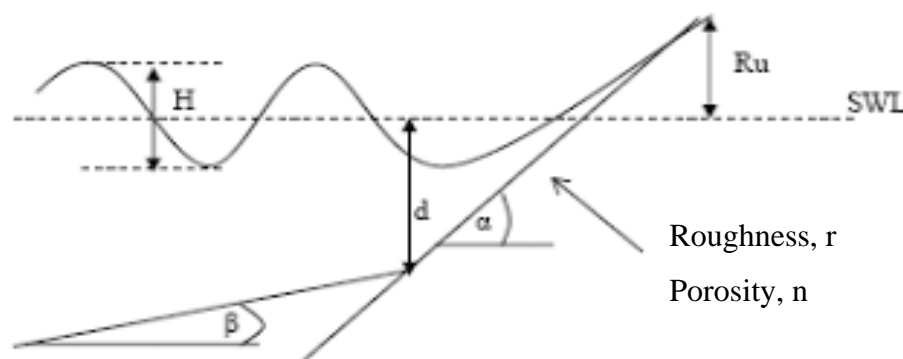
### 2.2.5 Run up Tsunami

Gelombang tsunami yang sampai ke daratan tidak hanya berhenti di garis pantai melainkan akan sampai ke daratan jika tinggi gelombang cukup tinggi. Peristiwa ini disebut juga dengan *run up* gelombang. Tinggi *run up* gelombang akan semakin berkurang karena pengaruh dari morfologi pantai. Morfologi pantai berupa kelandaian, kecuraman, banyaknya bangunan, dan vegetasi yang ada di sekitar pantai. Bangunan dan vegetasi berperan besar untuk mencegah *run up* lebih jauh karena dapat memantulkan air. Kecuraman pantai juga dapat mengurangi penjarangan gelombang karena akan lebih banyak membutuhkan gaya dorong agar gelombang dapat menjalar lebih jauh. Selain itu, kecuraman pantai akan menyebabkan jarak antara gelombang pecah dengan pantai semakin dekat. Semakin banyak bangunan dan vegetasi serta kecuraman morfologi pantai maka semakin kecil ketinggian *run up* gelombang yang sampai di suatu daerah.

Menurut Triatmadja (2010), *run up* tsunami tergantung pada kondisi daratan dan karakteristik gelombang yaitu sebagai berikut:

#### 1. Kemiringan lereng

Hubungan antara kelandaian daratan dan *run up* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.6** Hubungan kemiringan lereng dengan *run up* gelombang (Sriyana, 2007)

Pada gambar diatas  $\alpha$  merupakan sudut kemiringan lereng. Dimana semakin curam daratan, maka semakin pendek *run up* gelombang yang akan ditempuh tsunami. Semakin landai daratan, maka semakin panjang jarak *run up* yang akan di tempuh gelombang.

## 2. Rintangan

Rintangan yang dapat mengurangi jarak *run up* gelombang ialah rumah, pohon, atau bangunan lain yang kuat bertahan terhadap tsunami. Semakin banyak rintangan akan menaikkan kekesaran daratan sehingga jarak *run up* akan semakin pendek.

## 3. Kekasaran pantai

Pantai yang kurang memiliki penghalang akan meningkatkan kemampuan *run up* tsunami karena tidak ada yang menghalangi, memecah gelombang maupun mengurangi energi gelombang.

## 4. Panjang tsunami

Panjang gelombang tsunami juga menjadi faktor penentu akan jauhnya *run up* gelombang yang sampai ke daratan. Semakin kecil panjang gelombang tsunami, maka semakin pendek jarak horizontal yang mampu ditempuh oleh gelombang tsunami. Akan tetapi jika panjang gelombang sangat besar, jarak horizontal yang akan ditempuh gelombang akan semakin jauh. Teori ini sama dengan gelombang yang dibangkitkan oleh angin.

## 5. Tinggi tsunami

Ketinggian tsunami juga menentukan jarak *run up* gelombang. Semakin tinggi gelombang tsunami maka semakin jauh gelombang akan masuk ke daratan. Tinggi tsunami bisa juga di sebabkan dengan bentuk daratannya seperti teluk. Gelombang yang masuk ke teluk akan memiliki tinggi gelombang yang lebih besar karena area penjalaran gelombang semakin sempit.

Ketinggian gelombang tsunami di sepanjang pantai daerah lokasi gempa akan berbeda-beda. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu morfologi, batimetri, dan topografi pantai yang berbeda-beda di setiap titik sehingga indikator kelerengan pantai dan dasar laut yang akan menentukan besar kecilnya tinggi tsunami yang sampai di suatu wilayah (Putera, 2014).

### 2.2.6 Magnitudo Gempa

Magnitudo gempa adalah sebuah besaran untuk menyatakan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa. Besaran ini akan berharga sama dengan Skala Richter (SR). Perbedaan antara skala richter dan magnitudo adalah pada cara pengukuran. Skala richter belum bisa menggambarkan energi yang lengkap dari gempa sedangkan magnitudo memiliki keakuratan lebih tinggi karena pengukuran berdasarkan sensor frekuensi broad band 0.002-100 Hz.

Maghfiroh (2014) menjelaskan bahwa deformasi dasar laut dapat dihasilkan apabila mempunyai momen seismik ( $M_0$ ) yang besar. Momen seismik digunakan untuk menentukan momen magnitudo ( $M_w$ ). Momen seismik menggunakan konsep fisika mengenai torsi yaitu mengubah momentum angular dari sistem (Pratama, 2017). Persamaan umum untuk mengkonversi momen seismik menjadi magnitudo adalah sebagai berikut :

$$M_0 = 10^{\left(\frac{3}{2}magnitudo+16,1\right)} \dots \dots \dots (6)$$

dengan,

$M_0$  = Momen Seismik (dyne.cm)

Magnitudo = Besarnya magnitudo (Skala Richter)

Dari rumus diatas, dapat ditentukan momen magnitudo ( $M_w$ ) dengan rumus dibawah ini:

$$M_w = \frac{2}{3}(\log_{10}M_0 - 10,7) \dots \dots \dots (7)$$

dengan,

$M_w$  = Momen Magnitudo (Skala Magnitude/SM)

Untuk menentukan panjang patahan (diukur dalam kilometer) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log SRL} = -3,55 + 0,74 M_w \dots \dots \dots (8)$$

SRL = Surface Rupture Length (km)

### 2.2.7 Persamaan gelombang tsunami

Persamaan yang digunakan untuk gelombang tsunami dapat menggunakan pendekatan teori perairan dangkal dan persamaan dasar konversi massa, serta momentum, temperatur, salinitas, dan densitas (Mahardika dkk, 2015). Tsunami merupakan penjalaran gelombang yang berasal dari laut lepas sehingga disebut dengan gelombang panjang karena masih belum terpengaruh oleh faktor-faktor seperti pendangkalan, rintangan dan yang lainnya. Untuk memodelkan gelombang panjang dapat dilakukan dengan pendekatan teori perairan dangkal. Berikut persamaan gerakan gelombang panjang yang ditunjukkan pada persamaan gelombang air dangkal :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} = 0 \dots \dots \dots (9)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} = 0 \dots \dots \dots (10)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \{u(h + \eta)\}}{\partial x} + \frac{\partial \{u(h + \eta)\}}{\partial y} = 0 \dots \dots \dots (11)$$

dengan,

- x,y = koordinat arah x dan y (<sup>0</sup>)
- t = waktu (detik)
- η = elevasi permukaan air laut (m)
- g = percepatan gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)
- u<sub>s</sub> = kecepatan partikel air arah x (m/s)
- v<sub>s</sub> = kecepatan partikel air arah y (m/s)
- τ<sub>x</sub> = tegangan geser dasar laut arah x (N/m<sup>2</sup>)
- τ<sub>y</sub> = tegangan geser dasar laut arah y (N/m<sup>2</sup>)

Pada aliran air terjadi gesekan antara badan air dengan dasar laut. Gesekan tersebut mempengaruhi bentuk gelombang. Sehingga perlu ditambahkan koefisien kekasaran dasar laut arah x dan arah y. Persamaan tegangan geser dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{1}{2g} \frac{f}{H} u \sqrt{u^2 + v^2} \dots \dots \dots (12)$$

$$\frac{\tau_y}{\rho} = \frac{1}{2g} \frac{f}{H} v \sqrt{u^2 + v^2} \dots \dots \dots (13)$$

dengan,

- H = total ketinggian gelombang (sekon)
- f = koefisien kekasaran dasar laut

Dimana nilai koefisien kekasaran dasar laut menggunakan persamaan Manning's. Persamaan dapat dilihat dibawah ini :

$$n = \sqrt{\frac{fD^{1/3}}{2g}} \dots \dots \dots (14)$$

Dengan memasukkan persamaan koefisien kekasaran persamaan Manning's ke dalam persamaan tegangan geser, maka persamaan menjadi :

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{gn^2}{D^{3/4}} u \sqrt{u^2 + v^2} \dots \dots \dots (15)$$

$$\frac{\tau_y}{\rho} = \frac{gn^2}{D^{3/4}} v \sqrt{u^2 + v^2} \dots \dots \dots (16)$$

Dengan menggabungkan persamaan gelombang air dangkal hingga persamaan fluks, akan diperoleh persamaan untuk penjalaran gelombang tsunami sebagai berikut :

Persamaan momentum dalam arah x:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( V_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \dots (17)$$

Persamaan momentum dalam arah y:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( V_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S (18)$$

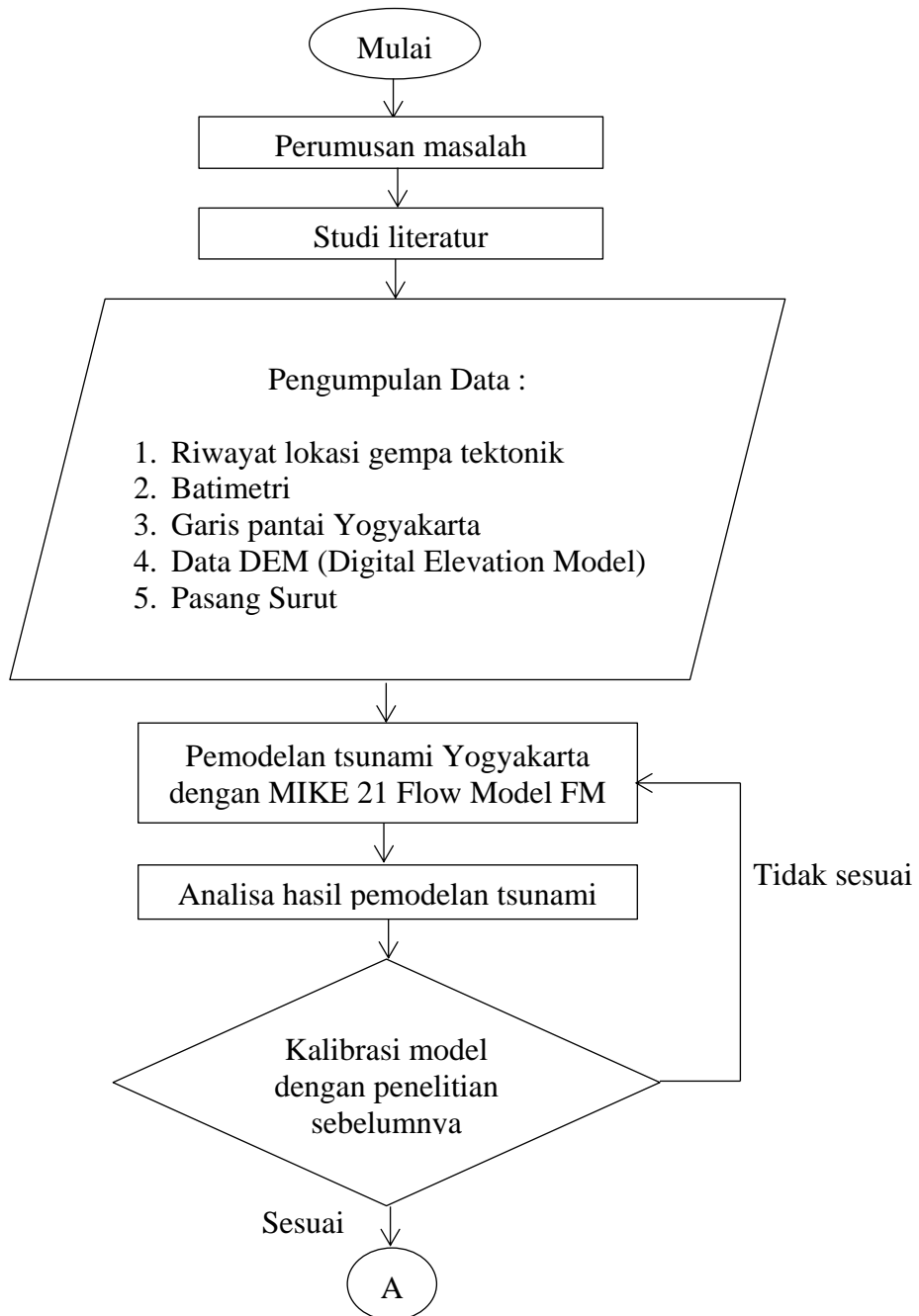
dengan,

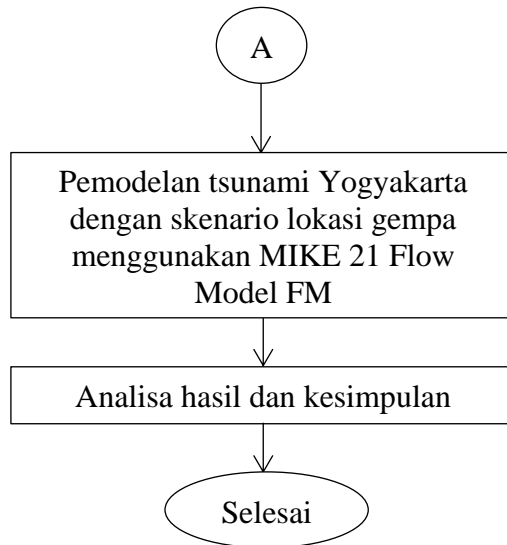
- f = Parameter *Coriolis*
- $\rho$  = densitas air
- S = magnitude *discharge*

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

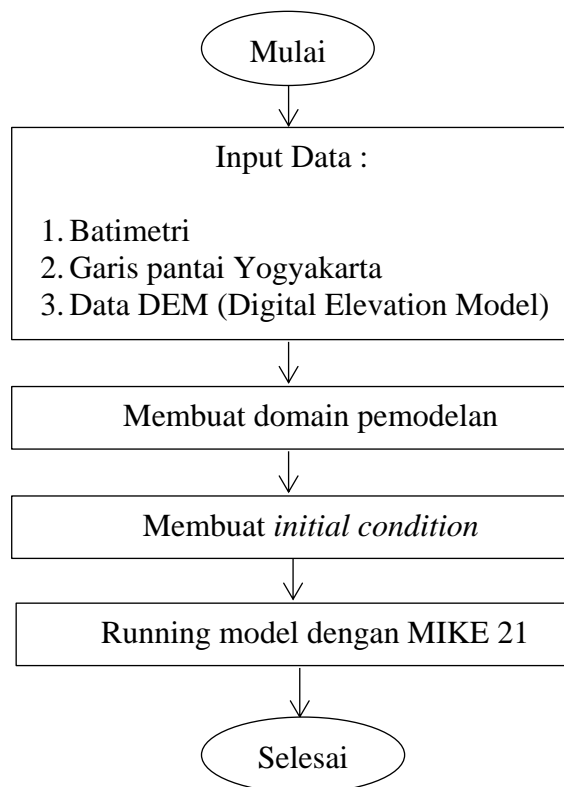
Penyusunan tugas akhir dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu mengidentifikasi permasalahan, studi literatur, mencari dan mengumpulkan data yang dibutuhkan, pemodelan, pembahasan, dan kesimpulan. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) sebagai berikut:





**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

Sedangkan tahapan untuk memodelkan penjalaran gelombang tsunami menggunakan perangkat lunak MIKE 21, dapat dilihat dalam diagram alir berikut ini :



**Gambar 3.2** Diagram alir pengerjaan pemodelan dengan MIKE 21



## **3.2 Prosedur Penelitian**

Prosedur dan langkah-langkah penelitian dalam tugas ini yang dijelaskan sebagai berikut:

### **3.2.1 Perumusan masalah**

Perumusan masalah merupakan langkah awal dalam penelitian yang yang menjadi tujuan yang akan dicapai oleh peneliti. Dalam hal ini masalah yang ada adalah mencari ketinggian gelombang yang sampai di Bandar Udara Internasional Yogyakarta yang terletak di Kabupaten Kulon Progo.

### **3.2.2 Studi literatur**

Studi literatur merupakan langkah yang paling penting dan yang berfungsi sebagai pengembangan wawasan dan analisis melalui buku, jurnal, dan lainnya untuk menyelesaikan tugas akhir.

### **3.2.3 Pengumpulan data**

Data yang dibutuhkan dalam pemodelan ini dibagi menjadi dua yaitu data riwayat tinggi gelombang tsunami dan input untuk pemodelan.

#### **a. Data riwayat tinggi gelombang**

Data ini berisi tentang riwayat tinggi gelombang yang sampai di pesisir selatan Yogyakarta akibat tsunami yang terjadi pada tanggal 17 Juli 2006. Tinggi gelombang yang mencapai pesisir selatan Yogyakarta sebesar 4 - 6 meter Data tersebut didapat dari jurnal yang ditulis oleh Widyawati, dkk (2013) pada jurnalnya yang berjudul Kajian Kerentanan Bencana Tsunami di pesisir Kabupaten Kulon Progo Provinsi D.I.Yogyakarta.

#### **b. Data *input***

Data ini meliputi data-data yang dibutuhkan dalam melakukan pemodelan numerik tsunami Yogyakarta

1. Riwayat lokasi gempa tektonik yang terjadi di selatan Yogyakarta yang mengakibatkan terjadinya tsunami. Lokasi gempa tektonik berada di  $9.295^{\circ}$  LS dan  $107.347^{\circ}$  BT. Lokasi tersebut didapatkan dari jurnal yang ditulis oleh Akbar dan Sujali (2012) yang berjudul Presepsi dan Harapan untuk Pengembangan Pariwisata Pantai Pangandaran Pasca Tsunami.



**Gambar 3.3** Lokasi gempa tektonik 17 Juli 2006  
(Subardjo dan Ario, 2015)

2. Data batimetri

Data kedalaman laut yang digunakan sesuai dengan batas model yang akan digunakan dalam domain. Data tersebut di dapatkan dari dalam bentuk x, y dan z sebagai kedalaman laut. Data didapatkan dari Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai. Data batimetri berupa kontur dapat dilakukan dengan digit manual dari data navionics.com.

3. Garis pantai Yogyakarta

Garis pantai Yogyakarta ini digunakan untuk membatasi wilayah darat dan laut dan nantinya akan digunakan untuk mendefinisikan daratan Yogyakarta sebagai pulau dalam domain yang akan dibuat.

4. Data *DEM (Digital Elevation Model)* adalah data yang menggambarkan bentuk permukaan bumi dalam bentuk ketinggian. Data ini didapat dari Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai.

5. Pasang Surut

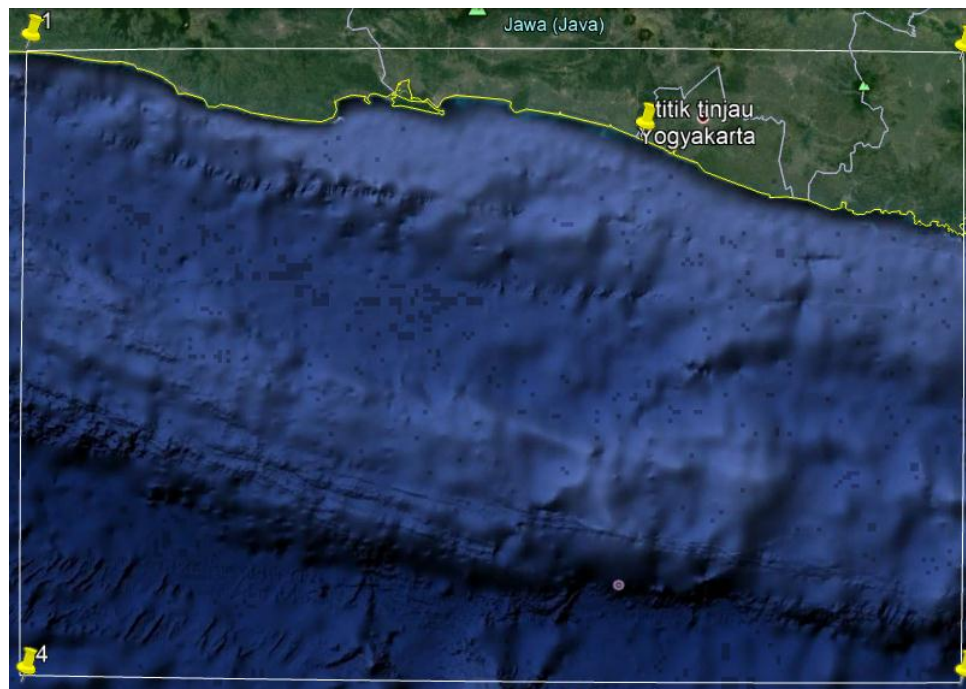
Data pasang surut didapat dari <http://tides.big.go.id/> untuk mendapatkan ramalan data pasang surut pada tanggal 17 Juli 2006.

### 3.2.4 Pemodelan tsunami Yogyakarta dengan MIKE 21 Flow Model FM

#### a. Membuat *domain*

*Domain* merupakan batasan model yang dibuat dan sebagai tempat untuk melihat penjalaran gelombang tsunami sampai dengan lokasi tinjau. Domain berisikan data batimetri pantai selatan sepanjang Kota Yogyakarta dan data *DEM* dalam format ‘.xyz’. Tahapan untuk membuat domain adalah :

##### 1. Menentukan batas model



**Gambar 3.4** Domain model

##### 2. Membuat garis pantai Yogyakarta

##### 3. Membuat *Boundary Condition*

##### 4. *Input* data batimetri dan *DEM*

##### 5. Melakukan *Meshing triangular*

##### 6. Simpan dalam bentuk ‘.Mesh’

#### b. Membuat *Intial Condition*

*Initial condition* berisi tentang muka air laut yang digunakan sebagai sumber tsunami. Dalam pemodelan ini dilakukan dengan melakukan digit manual disekitar lokasi. Kemudian memasukkan data elevasi muka air dalam bentuk ‘.xyz’ dan di simpan dalam bentuk ‘.dfs’.

#### c. Running dengan Software MIKE

*Running* dengan *Software* MIKE 21 Flow Model FM modul Hydrodynamics. *Running* dilakukan dengan memasukkan data domain dan *Initial condition* sebagai sumber tsunami

yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian menentukan waktu penjalaran gelombang yang dibutuhkan.

### 3.2.5 Analisa Hasil Pemodelan Tsunami

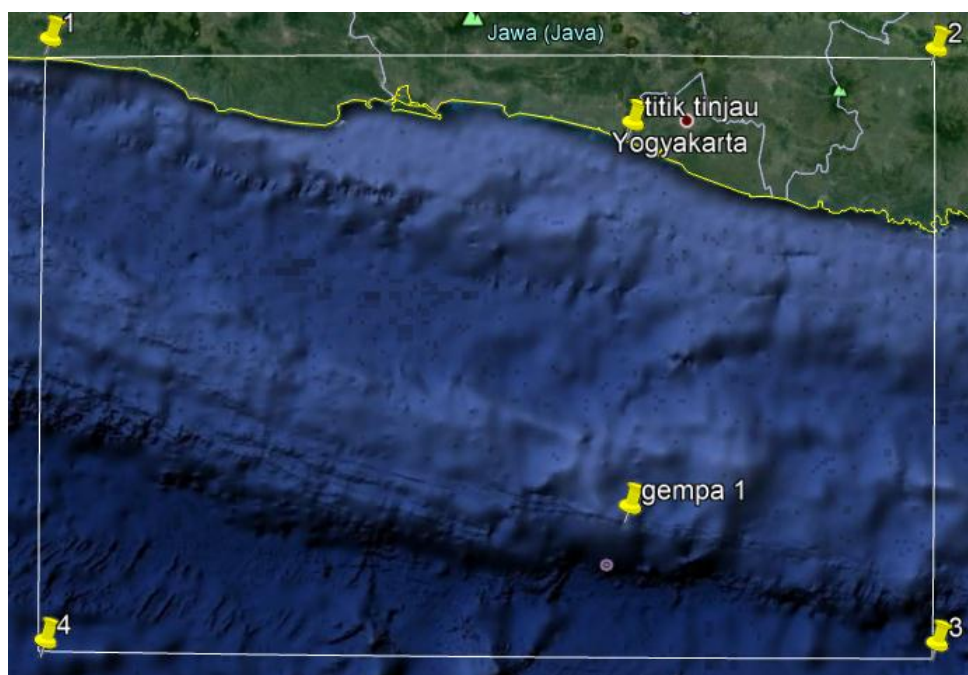
Hasil *Running* yang akan didapatkan berupa penjalaran gelombang dari sumber tsunami sampai ke daratan. Pembacaan tinggi gelombang dapat dilakukan di pesisir pantai Kulon Progo.

### 3.2.6 Kalibrasi Model

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan tinggi gelombang yang telah terbaca pada suatu titik di pesisir dengan jurnal yang ditulis oleh Widyawati, dkk (2013) yang mengatakan bahwa tinggi gelombang di pesisir yogyakarta sebesar 4-6 m. Apabila hasil kalibrasi sesuai maka dapat dilakukan tahap selanjutnya namun jika tidak sesuai maka elevasi muka air laut akan diubah.

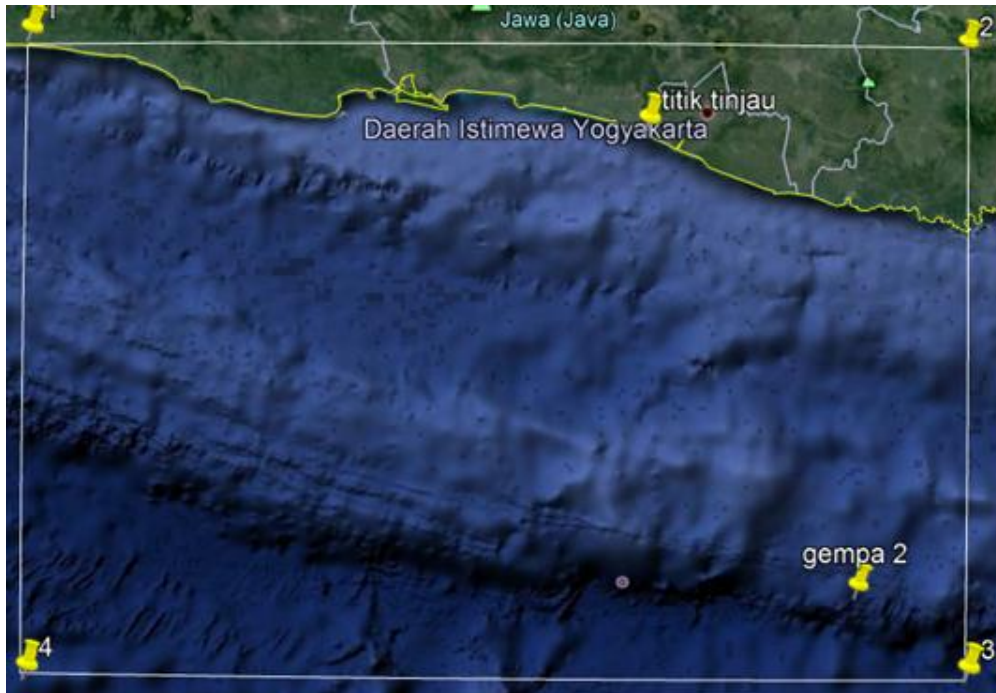
### 3.2.7 Skenario Lokasi Gempa untuk Pemodelan Tsunami dengan MIKE 21 Flow Model FM

Model ini dilakukan untuk proses kalibrasi dan eksplorasi dengan 2 sumber lokasi gempa. Lokasi gempa ditentukan di 2 titik yaitu di selatan dan tenggara Pulau Jawa. Variasi ini dilakukan untuk mengukur ketinggian *run up* di Bandara Internasional Yogyakarta apabila terjadi gempa dengan kekuatan yang sama tetapi dengan lokasi berbeda.



Gambar 3.5 Skenario lokasi gempa 1





**Gambar 3.6** Skenario lokasi gempa 2

### 3.2.8 Analisa Hasil dan Kesimpulan

Dari *Running* yang telah dilakukan, maka tinggi *run up* gelombang pada Bandara Internasional Yogyakarta dapat diketahui. Tinggi *run up* gelombang diambil di tiga titik yang berbeda yaitu seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 3.7** Lokasi tinjau tinggi *run up*

Kesimpulan akan didapat setelah melakukan pengukuran tinggi gelombang pada lokasi tinjau yaitu Bandara Internasional Yogyakarta. Setelah tinggi gelombang diketahui maka kesimpulan dapat dibuat.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi objek studi penelitian tugas akhir ini adalah Bandara Internasional Yogyakarta yang berlokasi di Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis, lokasi Bandara Internasional Yogyakarta berada di 110.05448 dan -7.907459 tepatnya berada di selatan Yogyakarta dengan jarak 200 meter dari pesisir pantai. Perairan pantai selatan Yogyakarta termasuk wilayah pesisir Pantai Selatan Jawa yang merupakan wilayah perairan terbuka dengan pantai yang berhadapan dengan Samudra Hindia. Oleh sebab itu wilayah Yogyakarta merupakan wilayah yang rawan terkena dampak dari bencana alam seperti longsor, gerakan tanah, dan gerakan lempeng.



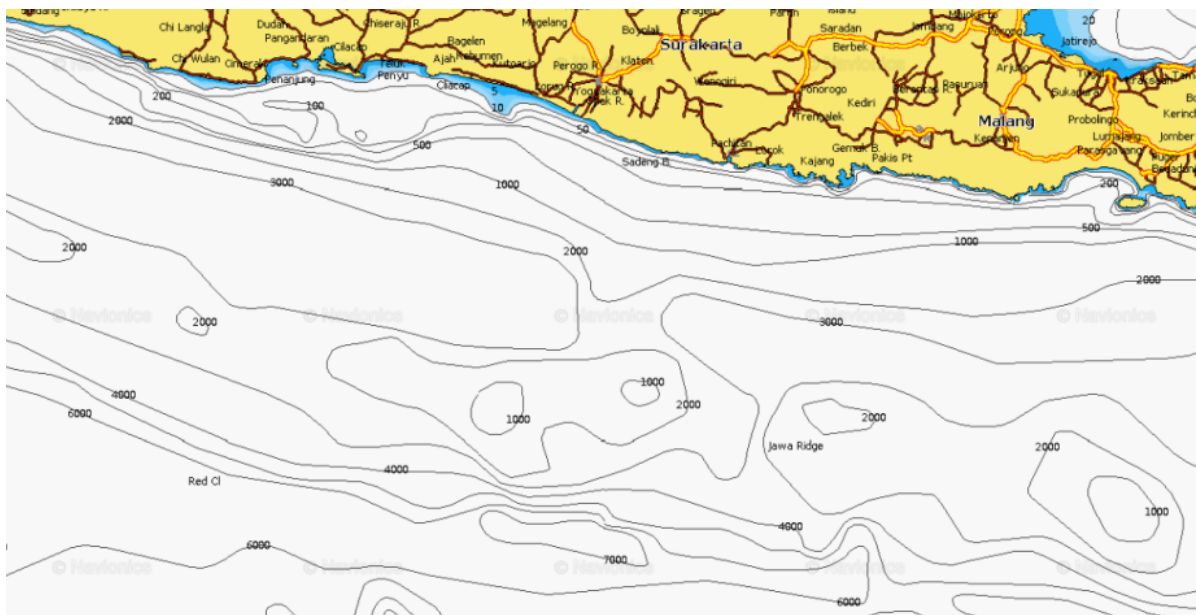
**Gambar 4.1** Lokasi Bandara Internasional Yogyakarta  
(www.earth.google.com)

Pembangunan Bandara Internasional Yogyakarta merupakan solusi dari banyaknya kapasitas penumpang yang ada di Bandara Adi Sutjipto. Sehingga bandara ini dibangun dengan luas lahan kurang lebih sebesar 600 hektar agar terpenuhinya kapasitas penumpang. Pemilihan lokasi telah memenuhi beberapa syarat yang telah ditentukan yaitu bandara baru harus memiliki geometri daratan yang tidak curam, tidak terletak di zona gunung berapi, jumlah penduduk yang direlokasi tidak banyak, dan juga lahan tidak dalam keadaan disewakan untuk keperluan pertambangan. Akan tetapi, pemilihan lokasi ini dianggap tidak mempertimbangkan kondisi geografis selatan Jawa karena adanya pertemuan lempeng aktif Indo-Australia dan Eurasia.

Selain itu, terjadinya gempa tektonik yang mengakibatkan tsunami pada tanggal 17 Juli 2006 silam memperkuat kondisi tersebut. Dengan demikian perlu dilakukannya pemodelan untuk memperkirakan besarnya bencana alam yang akan sampai di lokasi Bandara Internasional Yogyakarta.

## 4.2 Data Batimetri

Data Batimetri yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini merupakan data sekunder yang didapat dari Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai. Data batimetri yang digunakan data batimetri dengan ketelitian sebesar 200 meter antar titiknya disajikan dalam bentuk longitude, latitude, dan kedalaman dalam meter. Data batimetri berupa kontur Pulau Jawa juga digunakan untuk lokasi sumber gempa yang didapat dari website [navioncs.com](http://navioncs.com). Data batimetri kemudian di konversi ke dalam datum UTM 49 S untuk pemodelan dengan *Software* MIKE 21 yang menggunakan datum UTM. Data batimetri digunakan sebagai *input Meshing* pada saat pemodelan.



**Gambar 4.2** Kontur batimetri  
(<https://www.navionics.com/>)

## 4.3 Data DEM (*Digital Elevation Model*)

Data topografi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini merupakan data sekunder yang didapat dari Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai. Data batimetri disajikan dalam bentuk longitude, latitude, dan ketinggian dalam meter dengan ketelitian sebesar 200 meter. Data topografi kemudian di konversi ke dalam datum UTM 49 S untuk pemodelan dengan *Software* MIKE 21 yang menggunakan datum UTM. Data batimetri digunakan sebagai *input Meshing* pada saat pemodelan.



#### 4.4 Elevasi Muka Air Laut

Gempa berkekuatan 6,8 SR dirasakan akibat adanya patahan pada lempeng tektonik. Patahan tersebut memiliki panjang patahan yang akan digunakan sebagai input *Initial condition* dalam pemodelan. Perhitungan panjang patahan diperoleh dengan mengubah besar Skala Richter menjadi Magnitudo menggunakan rumus yang ditemukan oleh Wells dan Coppersmith (1994) dalam jurnal yang ditulis oleh Maghfiroh (2014).

$$M_o = 10^{\left(\frac{3}{2}magnitudo+16,1\right)}$$

$$M_o = 10^{\left(\frac{3}{2}6,8+16,1\right)}$$

$$M_o = 26,3$$

$$M_w = \frac{2}{3}(\log_{10}M_o - 10,7)$$

$$M_w = \frac{2}{3}(\log_{10}26,3 - 10,7)$$

$$M_w = 6,833$$

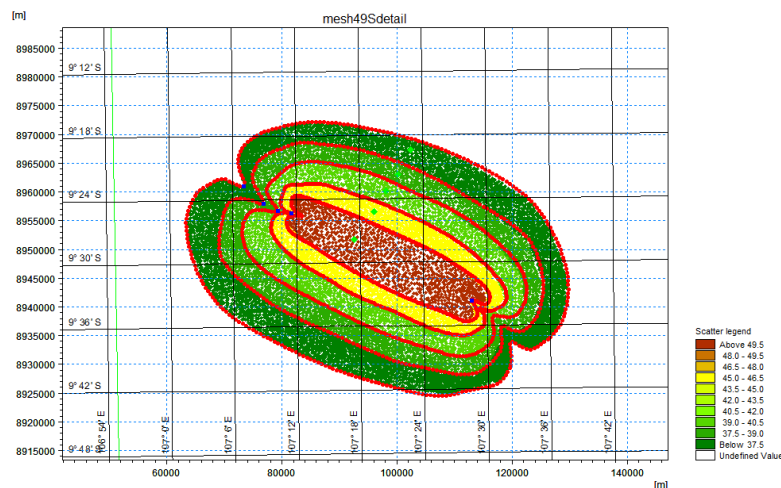
Panjang Patahan

$$\text{Log SRL} = -3,55 + 0,74 M_w$$

$$\text{Log SRL} = -3,55 + 0,74 \times 6,833$$

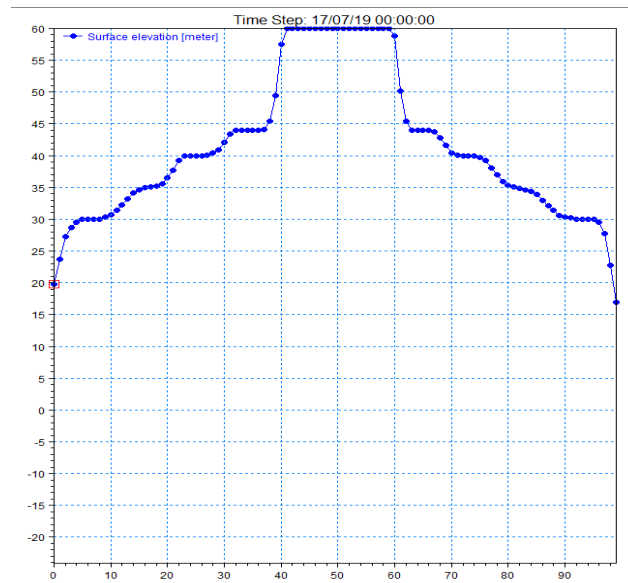
$$\text{Log SRL} = 32,112 \text{ km}^2$$

Panjang patahan yang telah dibuat akan digunakan sebagai acuan panjang perubahan elevasi muka air laut di lokasi gempa. Elevasi muka air laut dibuat dengan membuat beberapa ketinggian muka air laut seperti pada gambar 4.3 untuk mempermudah interpolasi data agar tidak terjadi *blow-up*. Pada proses kalibrasi, muka air laut yang dimasukkan adalah 60 meter (yang berada di lokasi gempa dan sepanjang perhitungan), 45 meter, 40 meter, 38 meter, dan 35 meter.



Gambar 4.3 Kenaikan elevasi muka air laut

Elevasi muka air laut tersebut secara tampak samping dapat dilihat seperti Gambar 4.4 :



**Gambar 4.4** Elevasi muka air laut tampak samping

#### 4.5 Garis Pantai

Garis pantai dibuat untuk memisahkan wilayah darat dan laut. Garis pantai dibuat dengan cara mendigit selatan Pulau Jawa yang selanjutnya akan disimpan dalam format x, y, z. Digit juga dilakukan pada pulau-pulau kecil yang ada. Hasil digit garis pantai di dapat dengan datum longitude dan latitude dan dapat diubah saat akan digunakan dalam *Software* MIKE yaitu MIKE Zero dalam modul *Mesh* generator.

#### 4.6 Data Pasang Surut

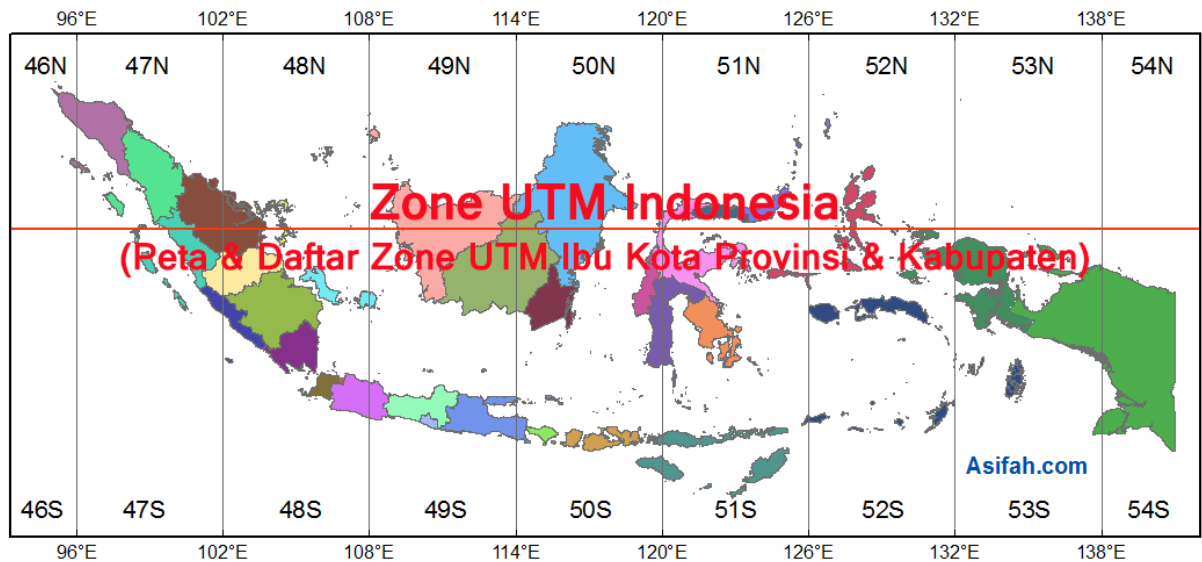
Data pasang surut didapatkan dari website <http://tides.big.go.id/>. Data pasang surut didapatkan selama 3 hari dengan format longitude  $110.0822^0$  dan latitude  $-7.9239^0$ . Berdasarkan data yang diperoleh, muka air laut naik pada pukul 18.00 setinggi 0,755 meter. Data pasang surut akan digunakan sebagai acuan ketinggian muka air laut sebelum adanya tsunami.

#### 4.7 Pemodelan Tsunami Yogyakarta dengan *Software* MIKE 21

Secara garis besar, pemodelan dilakukan dengan menggunakan *Software* MIKE 21 pada tugas akhir ini dibagi menjadi 3 model. Model tersebut antara lain model sebagai proses kalibrasi dan 2 model sebagai skenario lokasi gempa dengan sumber gempa yang tegak lurus dengan Bandara Internasional Yogyakarta.

#### 4.7.1 Pemodelan Gempa 17 Juli 2006

Domain model dibuat dengan menggunakan datum UTM 49 S. Penggunaan datum ini dikarenakan berdasarkan pembagiannya, wilayah Jawa Barat dan Jawa Tengah berada di zona UTM 49 S. Pembagian zona dapat dilihat pada gambar berikut ini :



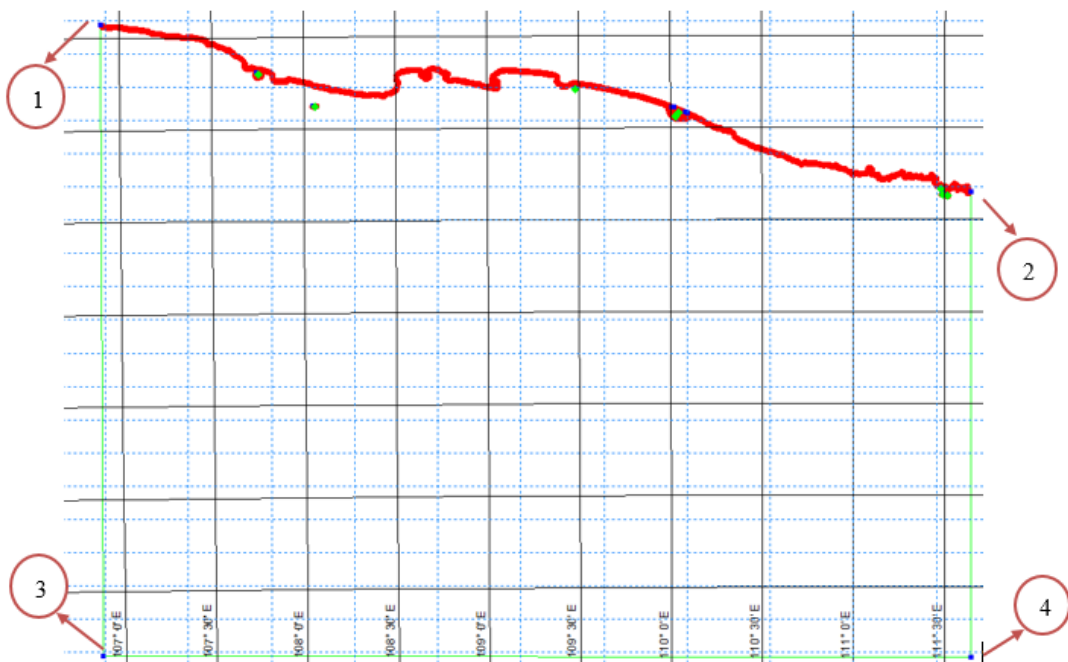
**Gambar 4.5** Zona UTM Negara Indonesia  
(<https://www.asifah.com/zona-utm-indonesia/>)

Luasan model dibuat berdasarkan lokasi gempa dan lokasi tinjau yaitu Bandara Internasional Yogyakarta. Luasan elevasi muka air laut yang dibuat harus berada dalam model agar tidak terjadi error pada saat *Running*. Dalam membuat luas model, dibuat garis untuk empat sisi dari model dengan setiap ujung garis memiliki dijelaskan sebagai *Nodes* untuk membedakan setiap sisi model. Berikut merupakan letak titik dalam UTM sebagai luasan model:

**Tabel 4.1** Koordinat *Nodes*

| <i>Nodes</i> | <b>x</b>   | <b>y</b>    |
|--------------|------------|-------------|
| 1            | 46859.443  | 9177120.231 |
| 2            | 569398.693 | 9075913.730 |
| 3            | 51948.933  | 8896566.896 |
| 4            | 570697.892 | 8797256.869 |

Letak *Nodes* dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dibawah ini :

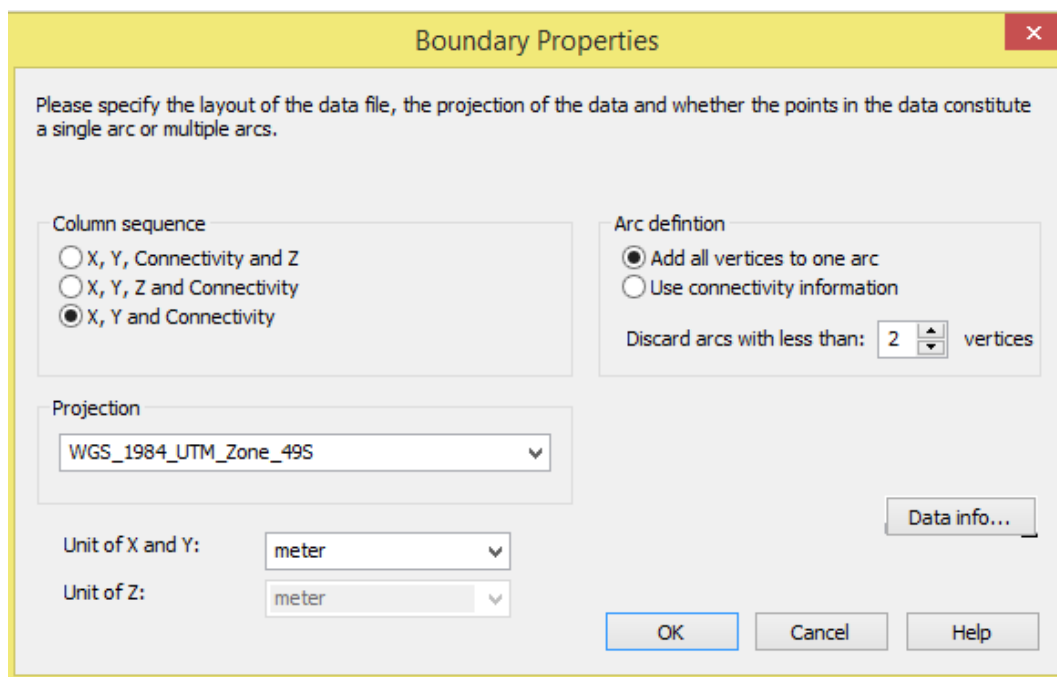


**Gambar 4.6** Letak *Nodes* pada model

Dalam memodelkan , tahapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

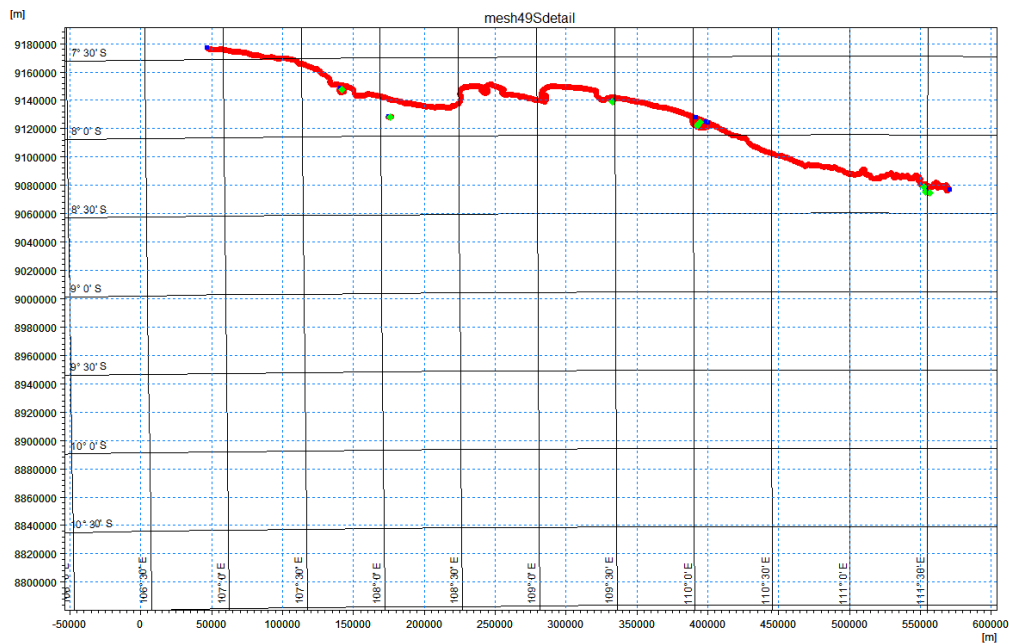
1. Pembuatan Garis Pantai pada *Mesh Generator*

Sebelum di masukkan, Garis pantai yang telah dibuat sebelumnya dikurangi 1000 meter untuk tempat gelombang yang akan *run up* ke daratan. Garis pantai di *input* kedalam Menu *Mesh Generator* dengan Menu yang digunakan untuk *input* garis pantai adalah *import boundary* pada menu data. Maka akan muncul tabel *Boundary Properties* seperti gambar 4.7 dibawah ini:



**Gambar 4.7** Menu *Boundary Properties*

Setelah model di inputkan maka garis pantai Pulau Jawa bagian selatan akan keluar seperti Gambar 4.8 dibawah ini:

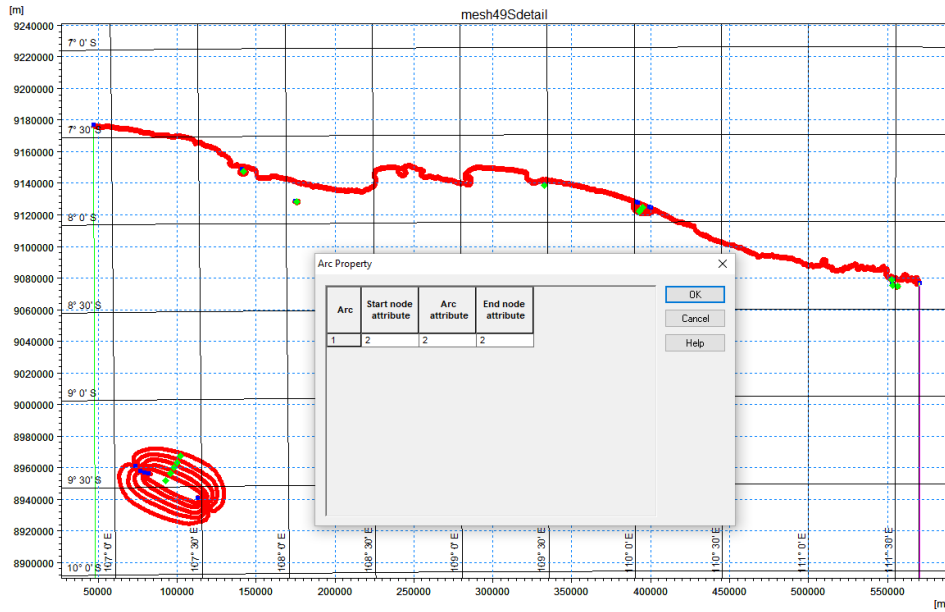


**Gambar 4.8** Garis pantai

Jarak antar titik pada garis pantai diatur dengan jarak 1000 meter untuk mempermudah proses *Meshing*.

## 2. *Boundary Condition*

*Boundary Condition* dilakukan untuk mendefinisikan *open* dan *close* boundary atau batasan terbuka dan tertutup. Batasan terbuka yaitu batasan untuk mendefinisikan laut lepas dan batasan tertutup untuk mendefinisikan daratan berupa pulau. Hal ini diperuntukkan agar gelombang yang mengenai *open* boundary atau batasan terbuka diteruskan ke laut lepas. Sedangkan untuk *close* boundary atau batasan tertutup yaitu agar gelombang tidak *run up* saat terkena pulau. Dengan demikian, perlu dibatasi model dengan membuat batasan model atau *Boundary Condition* pada model. Pendefinisian *Boundary Condition* dilakukan dengan mengisi *Arc Property* untuk *open* boundary saja karena *close boundary* akan terdefinisi sendiri. Pendefinisian ini tergantung pada sisi model dan diberikan penomoran yang berbeda-beda setiap sisi dan titik. Garis pantai yang tidak didefinisikan karena akan terdefinisi secara otomatis sebagai *Land Boundary* sedangkan barat timur dan selatan model didefinisikan sebagai *open* boundary.

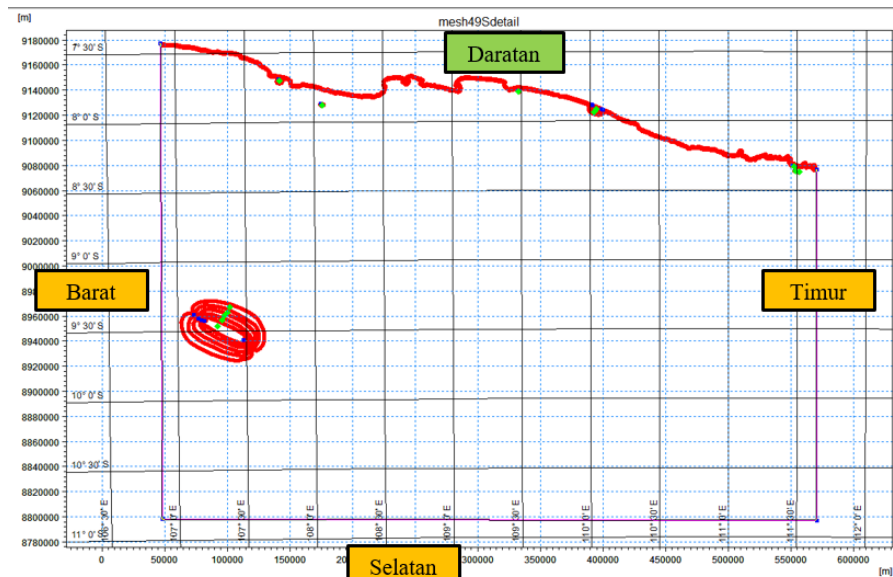


Gambar 4.9 Menu Arc Property

Attribute Node berbeda-beda setiap kondisi batas. Kondisi batas untuk daratan, di definisikan 0 untuk *arc attribute*, sedangkan untuk batas laut atau terbuka urut dimulai dengan angka 2 dan seterusnya. Definisi batasan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Definisi batasan

| Keterangan    | Start Node Attribute | Arc Attribute | End Node Attribute |
|---------------|----------------------|---------------|--------------------|
| Batas Timur   | 2                    | 2             | 2                  |
| Batas Selatan | 3                    | 3             | 2                  |
| Batas Barat   | 4                    | 4             | 3                  |



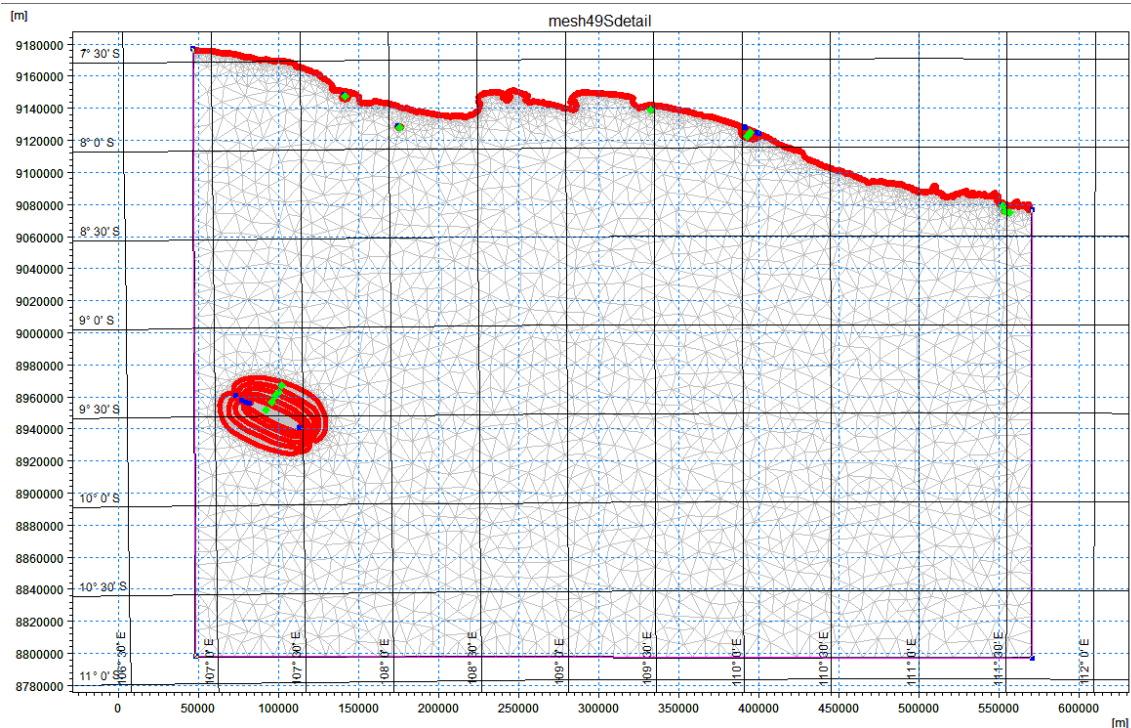
Gambar 4.10 Kondisi batas

Pada Gambar 4.10, batas laut atau terbuka berada di timur, barat, dan Selatan. Pada saat pendefinisian dilakukan searah jarum jam atau ke kanan. Sehingga *arc attribute* yang telah di definisikan untuk lautan akan runtut 2, 3, 4, dan seterusnya. Dalam mendefinisikan mulai dan berakhirnya suatu batasan, dapat memilih *node* dimana *node* yang dipilih berada di *node* yang menghubungkan *arc* yang di definisikan dengan *arc* selanjutnya untuk *start node* sedangkan untuk *end node* dapat dipilih *node* yang menghubungkan *arc* yang akan di definisikan dengan yang *arc* yang sudah di definisikan.

### 3. Meshing Model

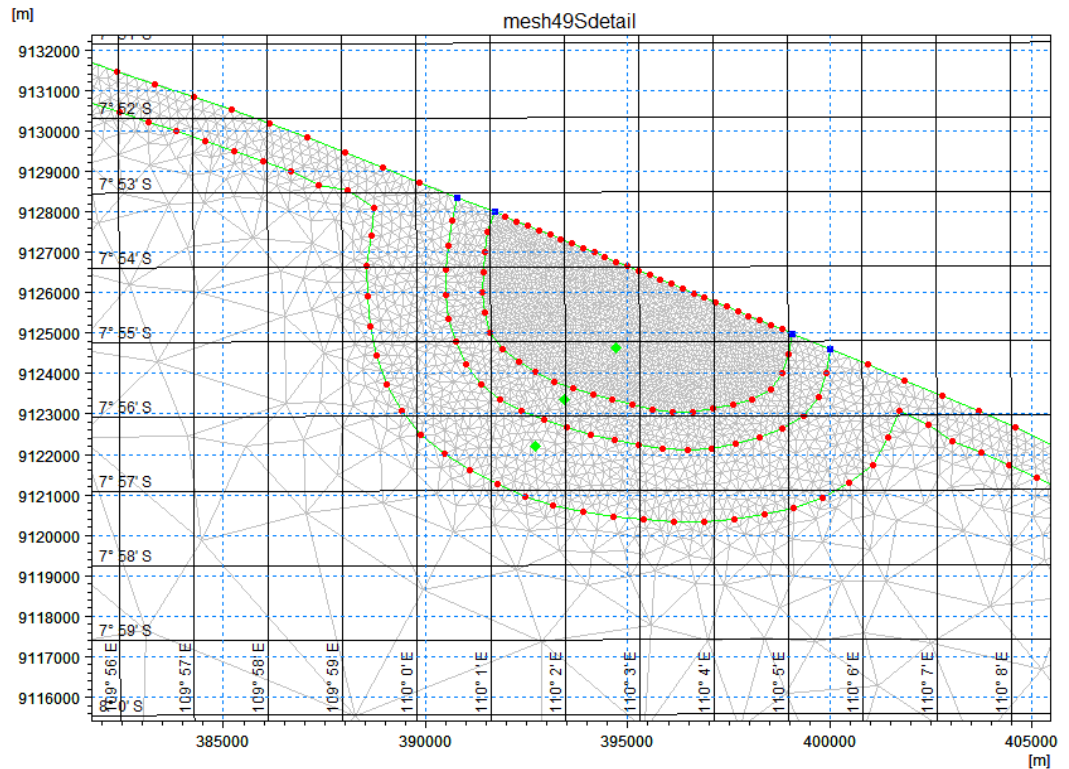
Pembuatan *meshing* pada model dilakukan untuk mendetailkan model. Semakin kecil *meshing* yang dibuat maka model akan memiliki tingkat keakuratan lebih baik. *meshing* dibuat lebih detail pada daerah tertentu yaitu garis pantai, daerah tinjauan yaitu Bandara Internasional Yogyakarta, dan sumber gempa. Untuk membuat *meshing*, perlu diberikan tanda polygon pada area yang akan di beri *Meshing*. Lalu diatur dengan memilih triangular *meshing* dan ditentukan luasan area *meshing*.

Untuk men-*Generate mesh*, perlu diatur luasan area maksimum agar *mesh* yang diatur tidak terlalu besar. Dalam *meshing* mode, luasan area maksimum sebesar 80.000.000 m<sup>2</sup> dan maksimum *node* adalah 100.000 maka hasil *meshing* dapat dilihat pada Gambar 4.11 dibawah ini :



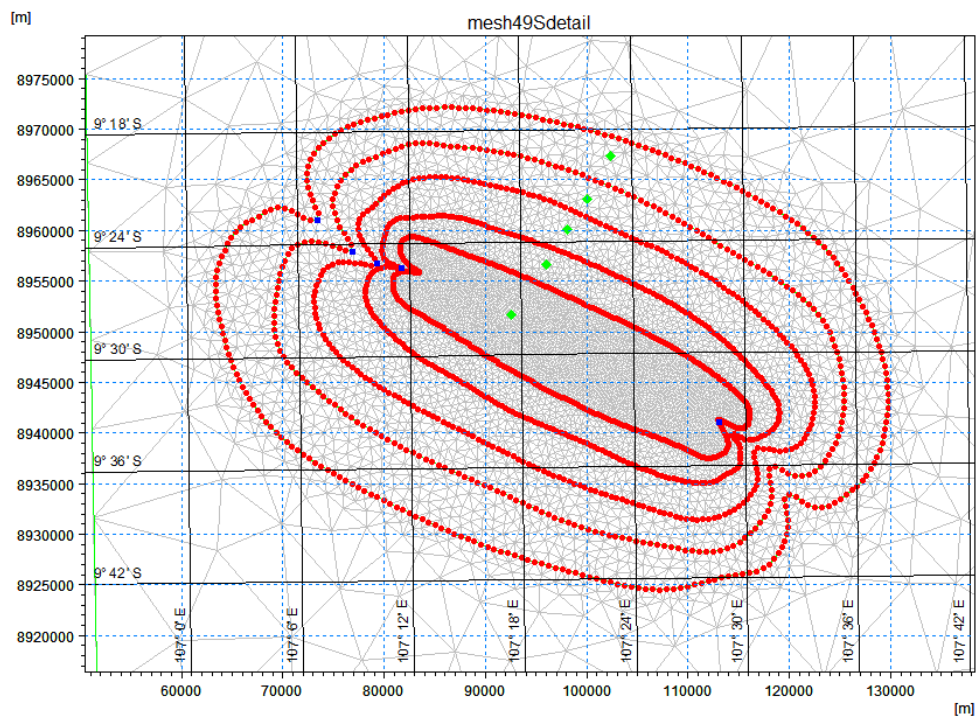
Gambar 4.11 Meshing model





**Gambar 4.12** Meshing model lokasi tinjau

Gambar 4.12 berada di lokasi tinjau yaitu Bandara Internasional Yogyakarta. Jarak antar garis dibuat berbeda dimana yang paling mendekati titik tinjau dibuat lebih kecil untuk mempermudah proses *meshing*. *meshing* juga diatur untuk setiap area dengan luas area *meshing* yaitu 10.000, 25.000, dan 45.000 m<sup>2</sup>.



**Gambar 4.13** Meshing model sumber gempa

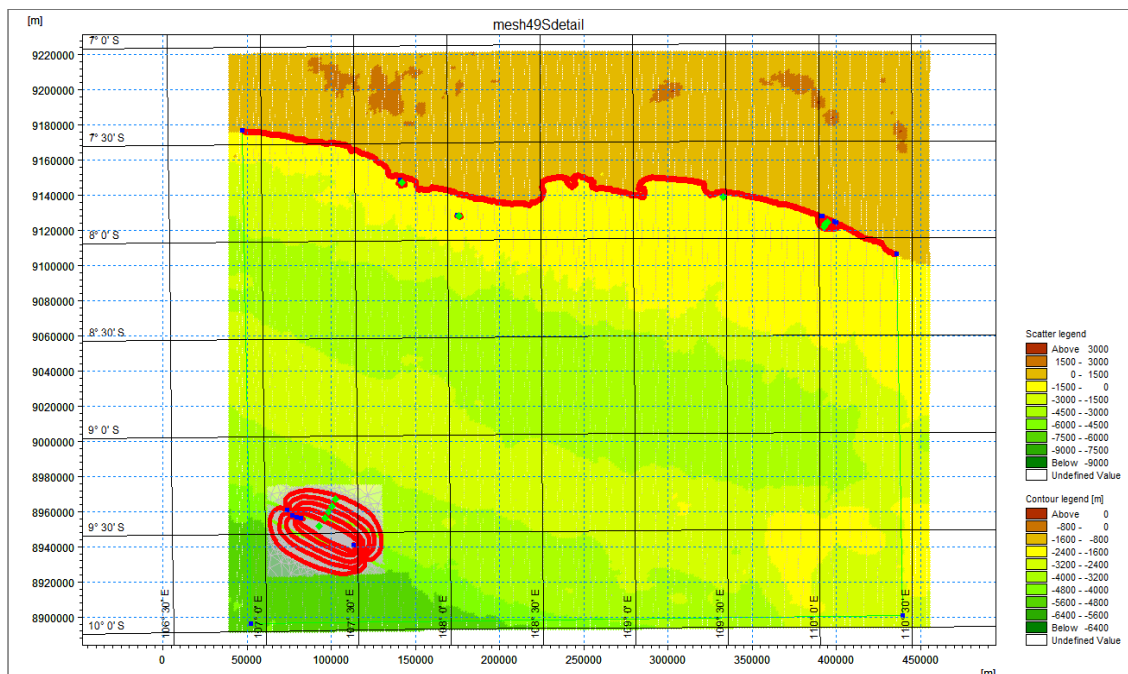


*Meshing* pada *initial condition* dibuat dengan beberapa tingkatan dengan luas area maximum yang berbeda-beda yaitu 100.000, 250.000, 500.000, 750.000, dan 1.000.000 m<sup>2</sup>.

#### 4. Domain

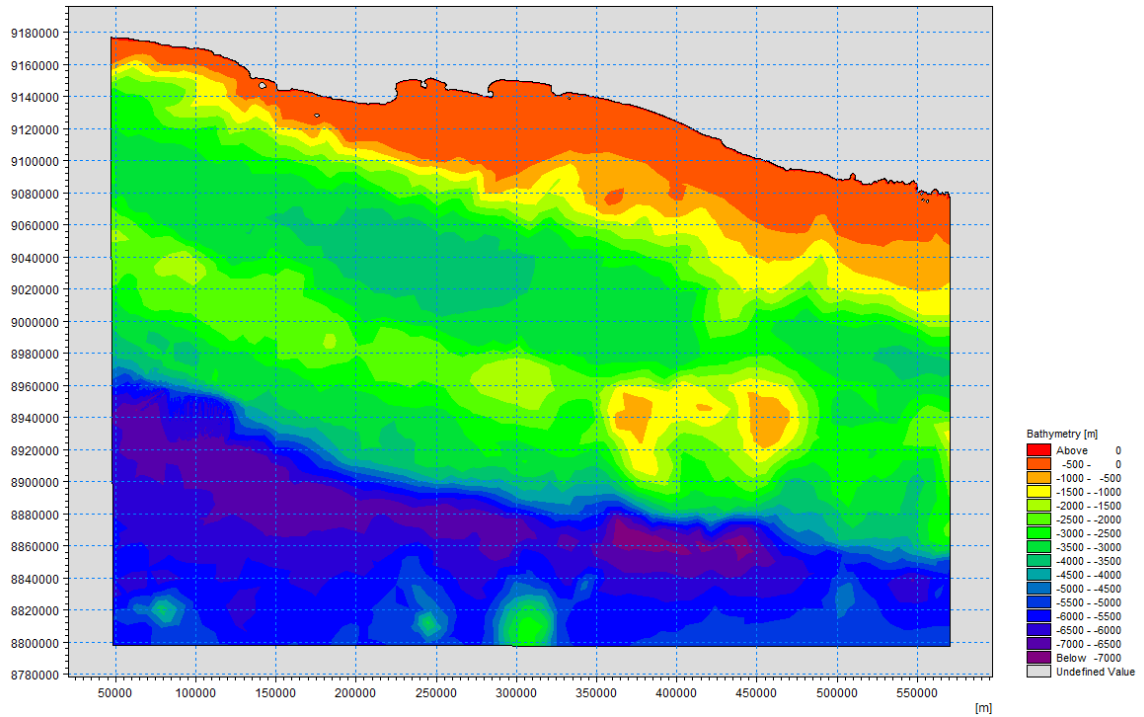
Batimetri dan topografi di *input* untuk mendefinisikan kedalaman laut dan ketinggian daratan yang akan mempengaruhi pergerakan gelombang nantinya. Data batimetri dan topografi yang di *input* berasal dari Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai dan juga digit yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk bagian yang tertumpuk oleh kontur batimetri dari navionics, maka batimetri yang berasal dari Balai Penelitian dan Pengembangan Pantai dipotong sebesar digit batimetri. Input batimetri dilakukan dengan menggunakan *manage scatter data* pada menu data.

Kemudian dilakukan *meshing* dengan memilih *generate mesh* pada menu *mesh*. *Mesh* dilakukan untuk melihat ketelitian tinggi gelombang yang sampai pada daratan. Sehingga untuk daerah-daerah tinjau dan daratan kerapatan *mesh* perlu ditingkatkan. Untuk meningkatkan jumlah *mesh* dapat dilakukan dengan membuat garis sekitar lokasi yang dipilih. Setelah itu *mesh* di *interpolate mesh* agar lebih halus penjalaran gelombangnya.



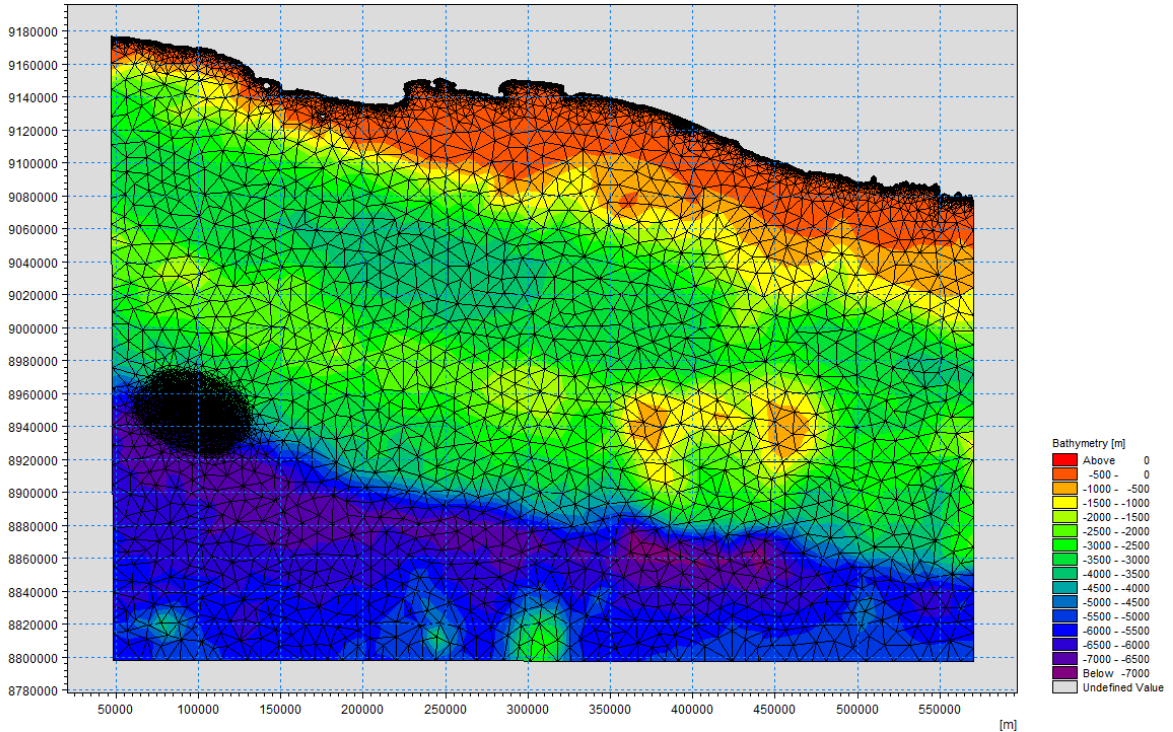
**Gambar 4.14** *Interpolate* batimetri

Setelah itu, file dapat disimpan dalam bentuk '*.mesh*' dengan cara *export mesh* untuk dijadikan sebagai Domain model sebelum di *running*. Gambar 4.15 merupakan hasil *export mesh*:



**Gambar 4.15** Batimetri

Gambar batimetri yang sudah disimpan dapat dimunculkan *meshing*nya seperti saat memodelkan seperti gambar 4.16 dibawah ini:



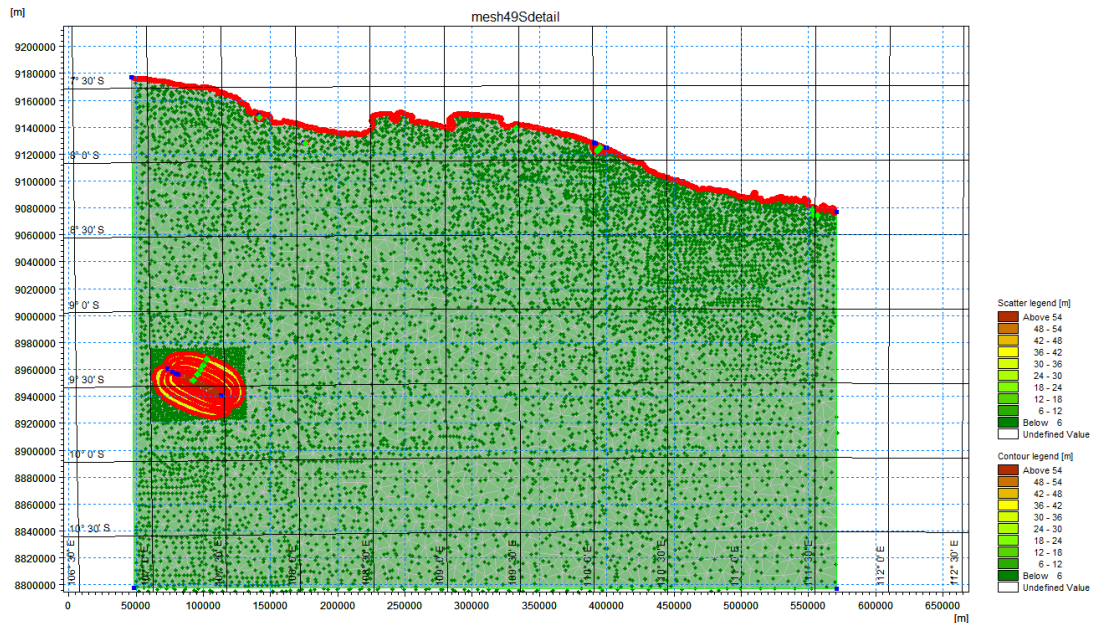
**Gambar 4.16** *Meshing* batimetri

### 5. Initial condition

Elevasi muka air laut di masukkan sebagai sumber tsunami pada *initial condition*. Digit elevasi yang telah dilakukan di masukkan dalam bentuk x, y, z ke *manage scatter*

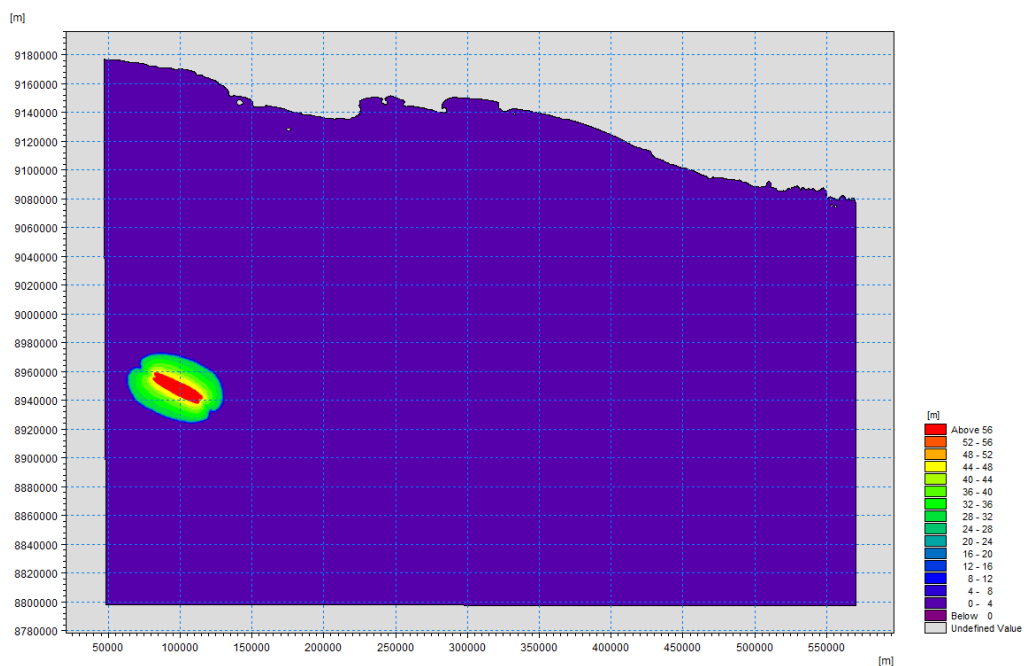
*data* pada menu data seperti input batimetri. Setelah itu, data muka air laut pasang dengan  $z=0,755$  diinputkan kedalam model dengan data lebih detail pada lokasi tinjau dan lokasi sumber gempa.

Selain pasang surut, elevasi muka air di sekitar lokasi gempa juga diinputkan melalui menu *manage scatter data*. Setelah itu, dilakukan *meshing* dimana jumlah *mesh* harus sama dengan jumlah *mesh* pada batimetri lalu dilakukan *interpolate mesh*.



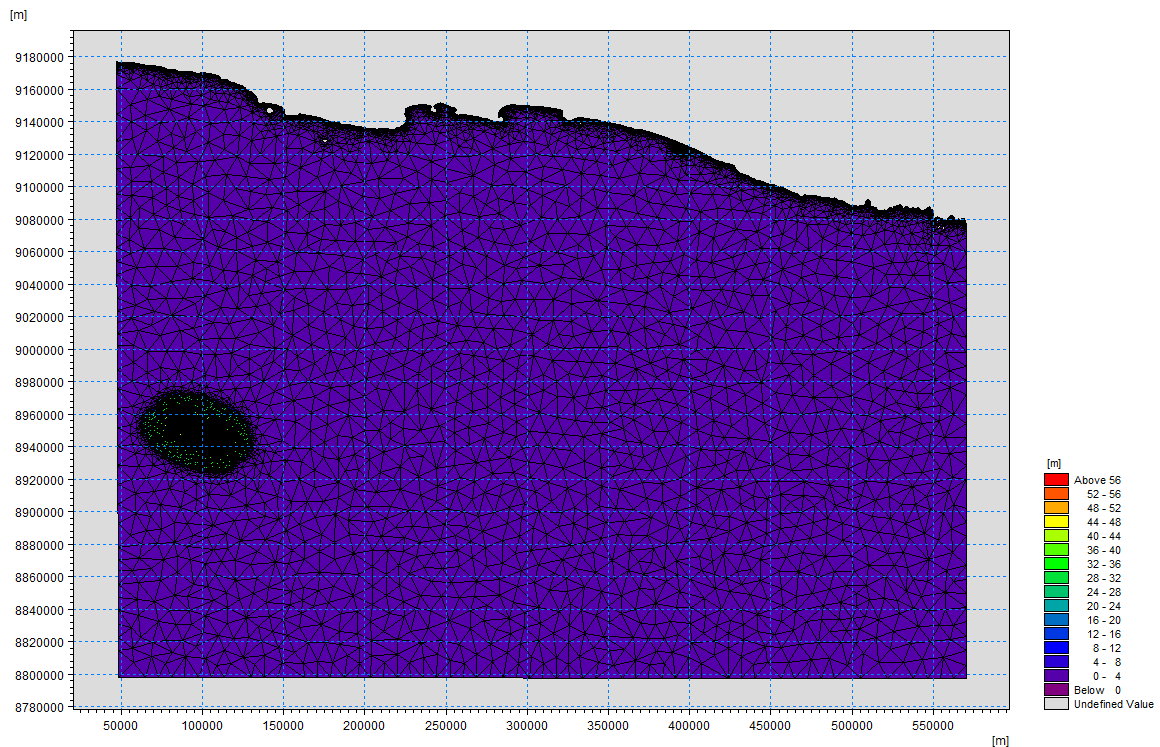
**Gambar 4.17** *Interpolate Mesh*

Setelah itu, file dapat disimpan dalam bentuk '.dfsu' dengan cara *export mesh* untuk dijadikan sebagai *initial condition* pada MIKE 21 Flow Model FM sebelum di *running*.



**Gambar 4.18** *Initial condition*

Gambar *initial condition* yang sudah disimpan dapat dimunculkan *meshingnya* seperti saat memodelkan seperti Gambar 4.19 dibawah ini:



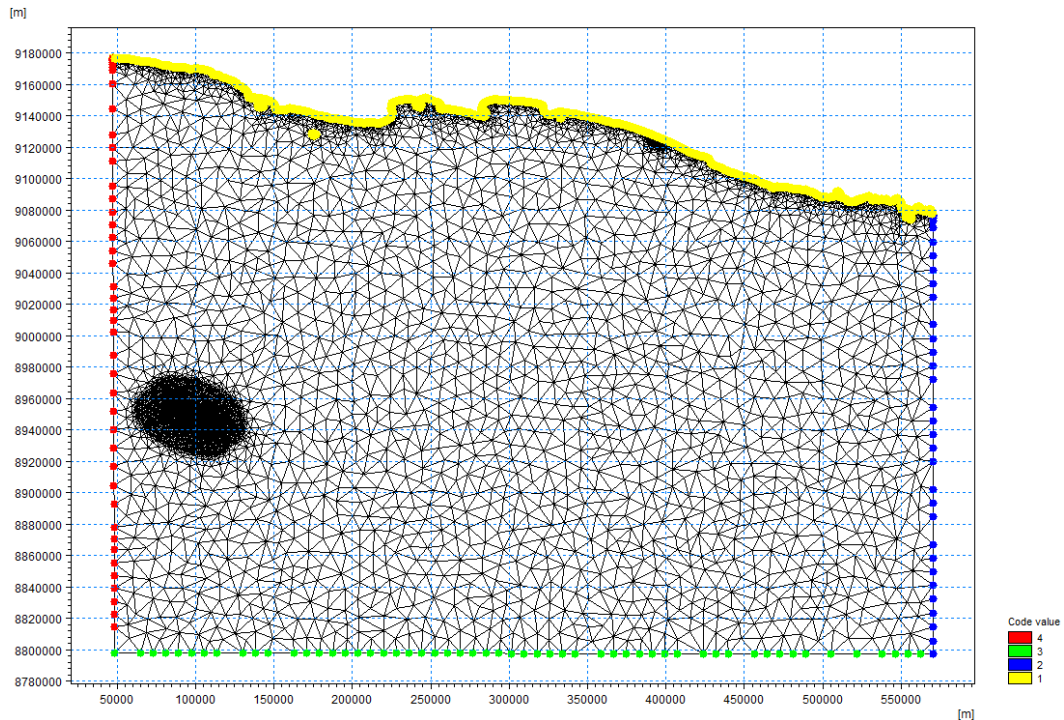
**Gambar 4.19** *Meshing Initial Condition*

## 6. *Running Model*

Tugas akhir ini memodelkan penjalaran tsunami yang pernah terjadi di selatan pulau Yogyakarta pada tanggal 17 Juli 2006. Dengan domain dan *initial condition* yang telah dibuat sebelumnya, tahapan selanjutnya adalah melakukan *running* dengan MIKE 21 modul Flow Model FM *Hydrodynamics*. Penjalaran gelombang dibuat selama 1 jam 45 menit dalam kondisi nyata untuk mengetahui penjalaran gelombang dari sumber gempa sampai lokasi tinjau yaitu Bandara Internasional Yogyakarta. Interval waktu setiap time step dibuat 3 detik sehingga *running* dilakukan sebanyak 2100 time step.

Pada *boundary condition*, diatur tipe batasan pada batasan tertutup dan batasan terbuka. Batasan tertutup atau *land boundary* menggunakan tipe *land* (*zero normal velocity*). Sedangkan untuk batasan terbuka menggunakan tipe *flather condition* agar muka air laut dapat dialirkan ke laut lepas.



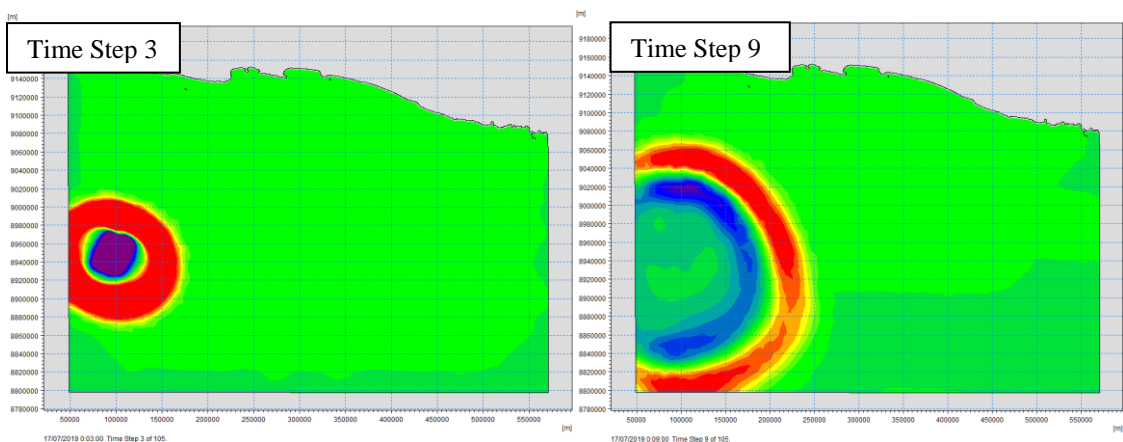


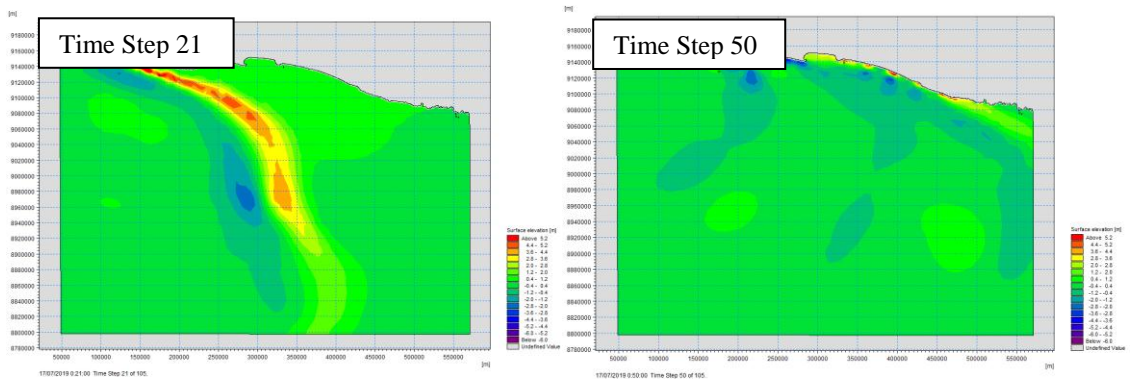
**Gambar 4.20** Setting Boundary Condition

Sebelum *running*, perlu diatur output yang diinginkan untuk melihat penjalaran gelombang dari lokasi gempa sampai pesisir pantai pulau Jawa. Output format dipilih area series yaitu penjalaran gelombang yang terjadi seluas domain yang dibuat. Frekuensi diatur menjadi 20.

### 7. Hasil *running* Model Tsunami

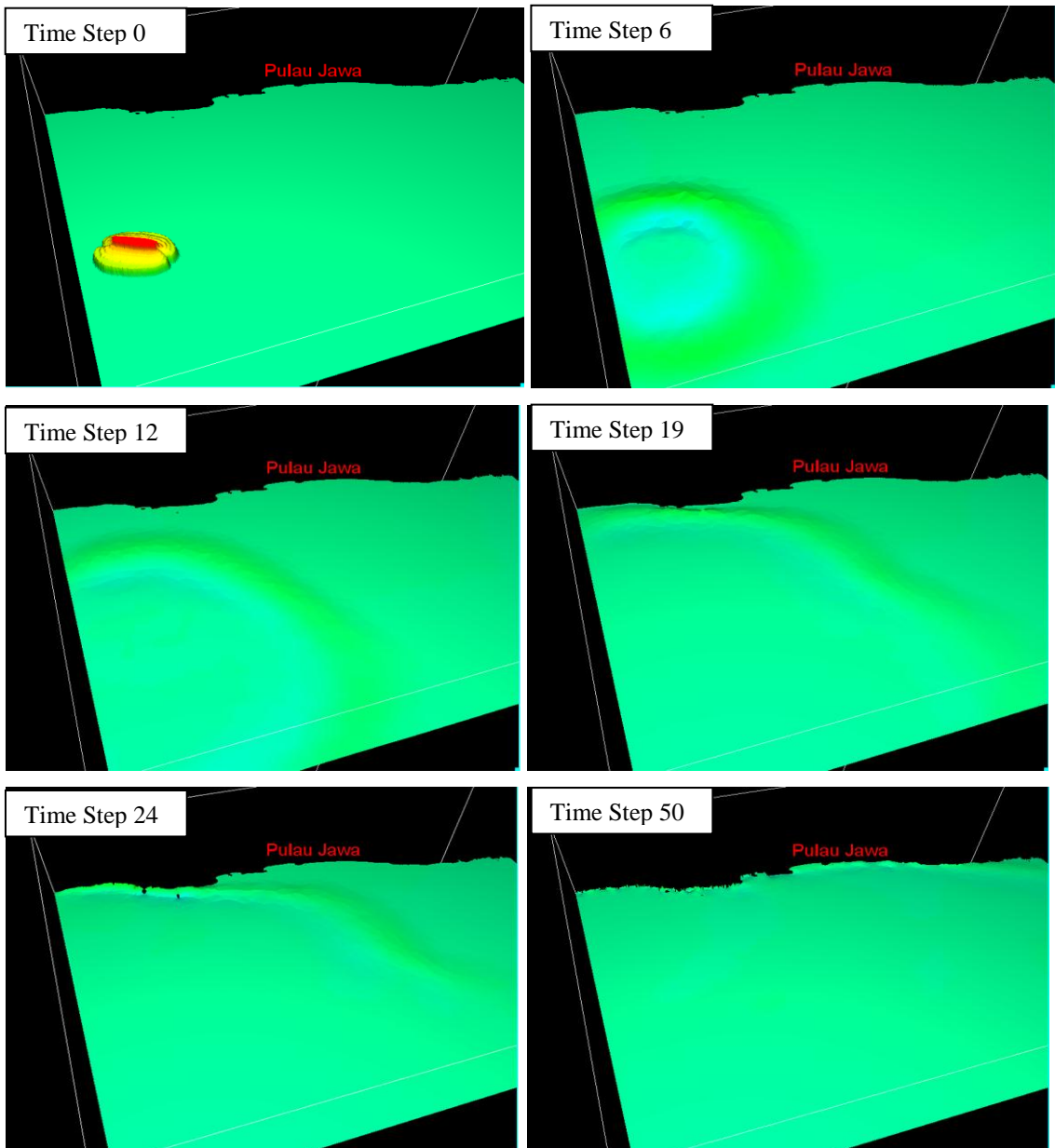
Hasil pemodelan yang dilakukan didapat bahwa gelombang tsunami sampai ke pesisir Pantai Yogyakarta yaitu 50 menit setelah muka air laut mengalami kenaikan di lokasi gempa. Hasil *running* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





**Gambar 4.21** Penjalaran tsunami pada *time step* ke 0 sampai 50 secara 2D

Hasil running dapat ditampilkan dalam bentuk 3D dengan tools MIKE Animator Plus. Seperti pada gambar 4.22 dibawah ini :



**Gambar 4.22** Penjalaran tsunami pada *time step* ke 0 sampai 50 secara 3D

## 8. Kalibrasi Model

Proses kalibrasi dilakukan untuk mencari ketinggian elevasi muka air hasil pemodelan dengan dengan perhitungan validasi sesuai data yang di dapatkan. Menurut Heizer dan Render (2015) dalam buku tesis yang ditulis oleh Havis (2019) bahwa evaluasi hasil pemodelan dilakukan dengan menghitung persentase rata-rata kesalahan absolut atau *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. *MAPE* didapatkan dari selisih absolut antara data pengukuran dan data hasil pemodelan, dikali 100 persen. Persamaan dan kriteria dari *MAPE* adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left( \frac{h_0 - h_1}{h_0} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

dengan,

$h_0$  = Data pembandingan

$h_1$  = Data hasil pemodelan

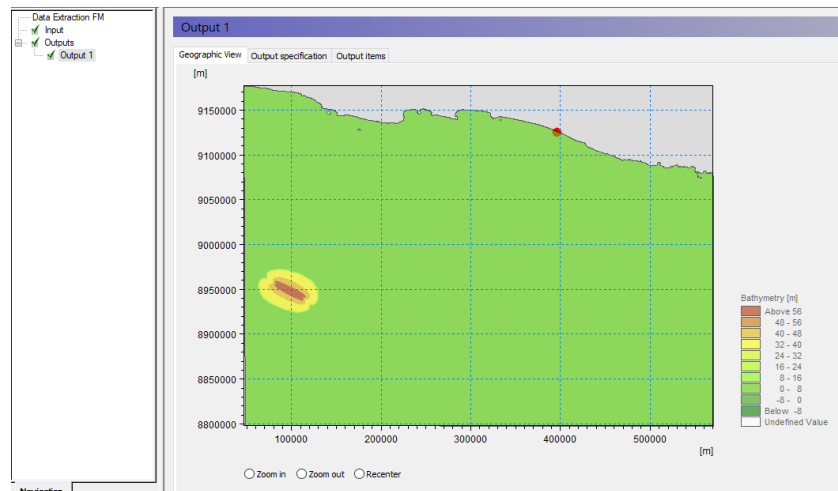
$n$  = Jumlah Data

**Tabel 4.3 Kriteria MAPE**

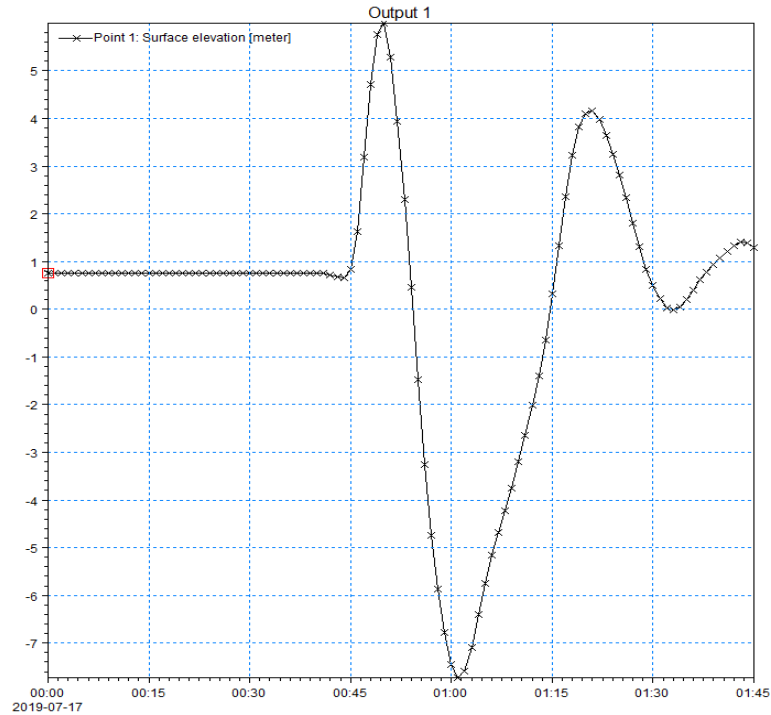
| <i>MAPE</i> | Interpretasi |
|-------------|--------------|
| <10%        | Sangat Baik  |
| 10% - 20%   | Baik         |
| 20% - 50 %  | Cukup        |
| >50%        | Buruk        |

(Heizer dan Render, 2015)

Kalibrasi model dilakukan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu tinggi gelombang yang sampai di Pantai Yogyakarta sebesar 4-6 meter. Proses kalibrasi dilakukan pada titik 395959.80616 *Easting* dan 9125145.0261 *Northing*. Titik tersebut berada di pesisir Pantai Yogyakarta.

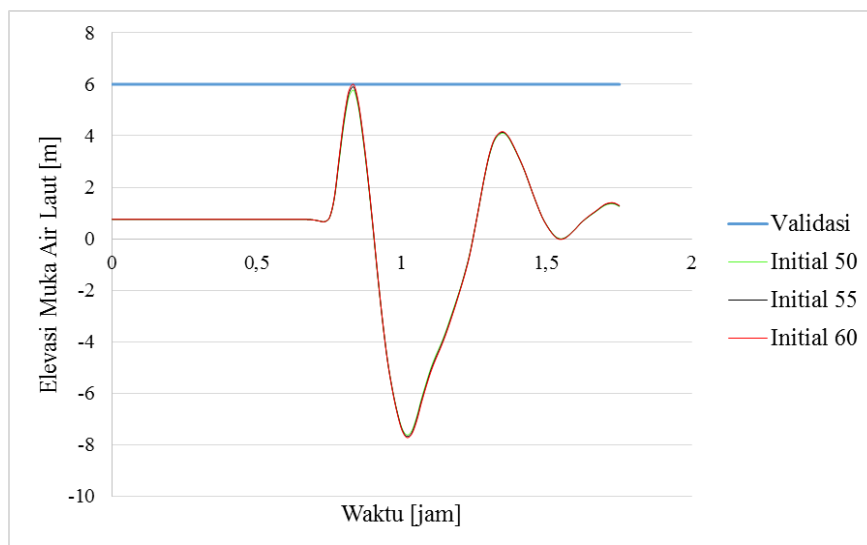


**Gambar 4.23 Titik kalibrasi**



**Gambar 4.24** Hasil grafik muka air laut

*Running* model telah dilakukan beberapa kali dalam memvariasikan elevasi muka air tertinggi, *manning*, dan *eddy viscosity*. *Running* pertama dilakukan dengan memvariasikan elevasi muka air tertinggi. Elevasi muka air tertinggi dibuat sebesar 50, 55, dan 60 meter. Dari variasi muka air laut yang telah dibuat, proses kalibrasi dilakukan pada titik yang telah ditentukan dimana elevasi muka air laut yang hasilnya mendekati angka kalibrasi adalah model dengan elevasi muka air laut 60 meter.



**Gambar 4.25** Grafik perbandingan elevasi muka air laut variasi *Initial condition*

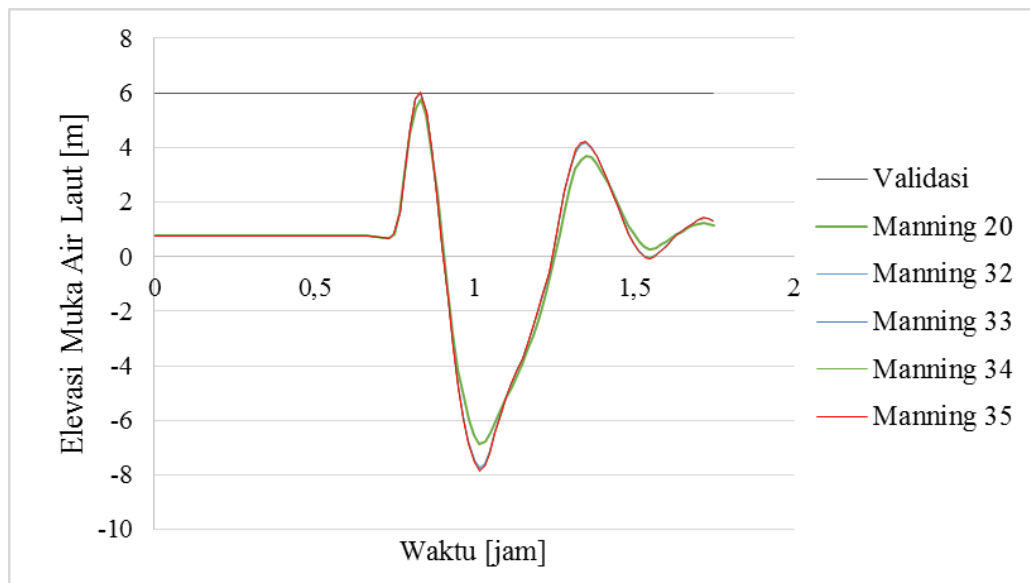
Kesesuaian model numerik dengan data kalibrasinya untuk variasi elevasi muka air laut tertinggi dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini:



**Tabel 4.4** Perbandingan *MAPE* untuk variasi elevasi muka air tertinggi

| Variasi elevasi muka air tertinggi | Elevasi Muka Air Laut [m] |          | <i>MAPE</i> (%) |
|------------------------------------|---------------------------|----------|-----------------|
|                                    | Pemodelan                 | Validasi |                 |
| (IC 50)                            | 5.76936                   | 6        | 0.03844         |
| (IC 55)                            | 5.89604                   | 6        | 0.01733         |
| (IC 60)                            | 5.99565                   | 6        | 0.00072         |

*Running* kedua dilakukan dengan memvariasikan nilai *manning* untuk model dengan elevasi muka air laut 60 meter. Variasi nilai *manning* yang telah dibuat adalah 20, 32, 33, 34, 35, dan  $>35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Pemodelan dengan nilai *manning*  $>35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  mengalami kegagalan dalam melakukan *running* karena terjadi *blow up*. Sedangkan untuk *running* dengan nilai *manning* 20, 32, 33, 34, dengan  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  tidak mengalami kegagalan. Hasil yang mendekati angka kalibrasi adalah model dengan nilai *manning*  $32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Nilai *manning* akan mempengaruhi tinggi gelombang dimana semakin besar nilainya maka tinggi gelombang yang didapat akan semakin besar



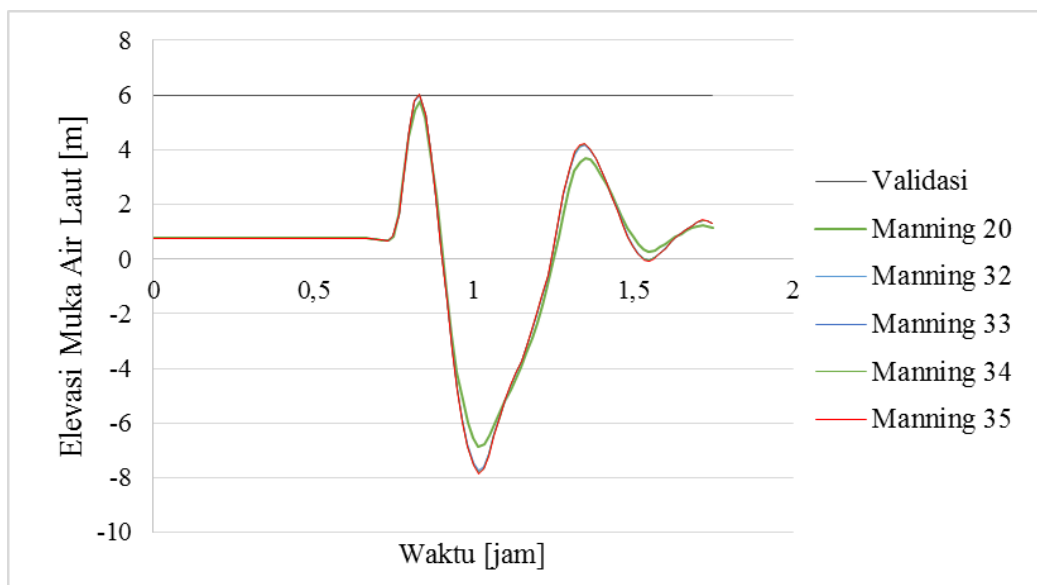
**Gambar 4.26** Grafik perbandingan elevasi muka air laut variasi nilai *manning*

Kesesuaian model numerik dengan data kalibrasinya untuk variasi nilai *manning* dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini:

**Tabel 4.5** Perbandingan *MAPE* untuk variasi nilai *manning*

| Variasi nilai Manning | Elevasi Muka Air Laut [m] |          | <i>MAPE</i> (%) |
|-----------------------|---------------------------|----------|-----------------|
|                       | Pemodelan                 | Validasi |                 |
| 20                    | 5.75787                   | 6        | 0.04036         |
| 32                    | 5.99565                   | 6        | 0.00072         |
| 33                    | 6.00525                   | 6        | -0.00088        |
| 34                    | 6.01403                   | 6        | -0.00234        |
| 35                    | 6.02213                   | 6        | -0.00369        |

Variasi dilakukan pada model dengan mengubah nilai *eddy viscosity*. Nilai variasi yang digunakan ialah 0.25, 0.27, 0.28, 0.3, 0.35, dan 0.4 . Variasi ini dilakukan untuk model dengan elevasi muka air tertinggi 60 meter dan *manning* 32 m<sup>1/3</sup>/s. Untuk nilai *eddy viscosity* lebih dari 0.4 tidak dapat dibandingkan karena model *blow up* sehingga *running* model mengalami kegagalan. Semakin besar nilai *eddy viscosity* dibesarkan maka tinggi gelombang akan berkurang sedangkan semakin kecil nilai *eddy viscosity* maka tinggi gelombang semakin besar. Dari nilai *eddy viscosity* yang telah dimodelkan untuk elevasi muka air dan *manning* tertentu, nilai *eddy viscosity* sebesar 0.28 yang memiliki hasil tinggi gelombang hampir sama dengan kalibrasi.



**Gambar 4.27** Perbandingan elevasi muka air laut variasi nilai *eddy viscosity*

Kesesuaian model numerik dengan data kalibrasinya untuk variasi nilai *eddy viscosity* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini:

**Tabel 4.6** Perbandingan *MAPE* untuk variasi nilai *Eddy Viscosity*

| Variasi nilai <i>Eddy Viscosity</i> | Elevasi Muka Air Laut [m] |          | <i>MAPE</i> (%) |
|-------------------------------------|---------------------------|----------|-----------------|
|                                     | Pemodelan                 | Validasi |                 |
| 0.25                                | 6.01141                   | 6        | -0.00190        |
| 0.27                                | 6.00109                   | 6        | -0.00018        |
| 0.28                                | 5.99565                   | 6        | 0.00072         |
| 0.3                                 | 5.98427                   | 6        | 0.00262         |
| 0.35                                | 5.95277                   | 6        | 0.00787         |
| 0.4                                 | 5.91708                   | 6        | 0.01382         |

Dari pemodelan tersebut, model dengan elevasi muka air laut tertinggi 60 meter dengan *manning* 32 m<sup>1/3</sup>/s dan *eddy Viscosity* 0.28 memiliki hasil yang sangat mendekati

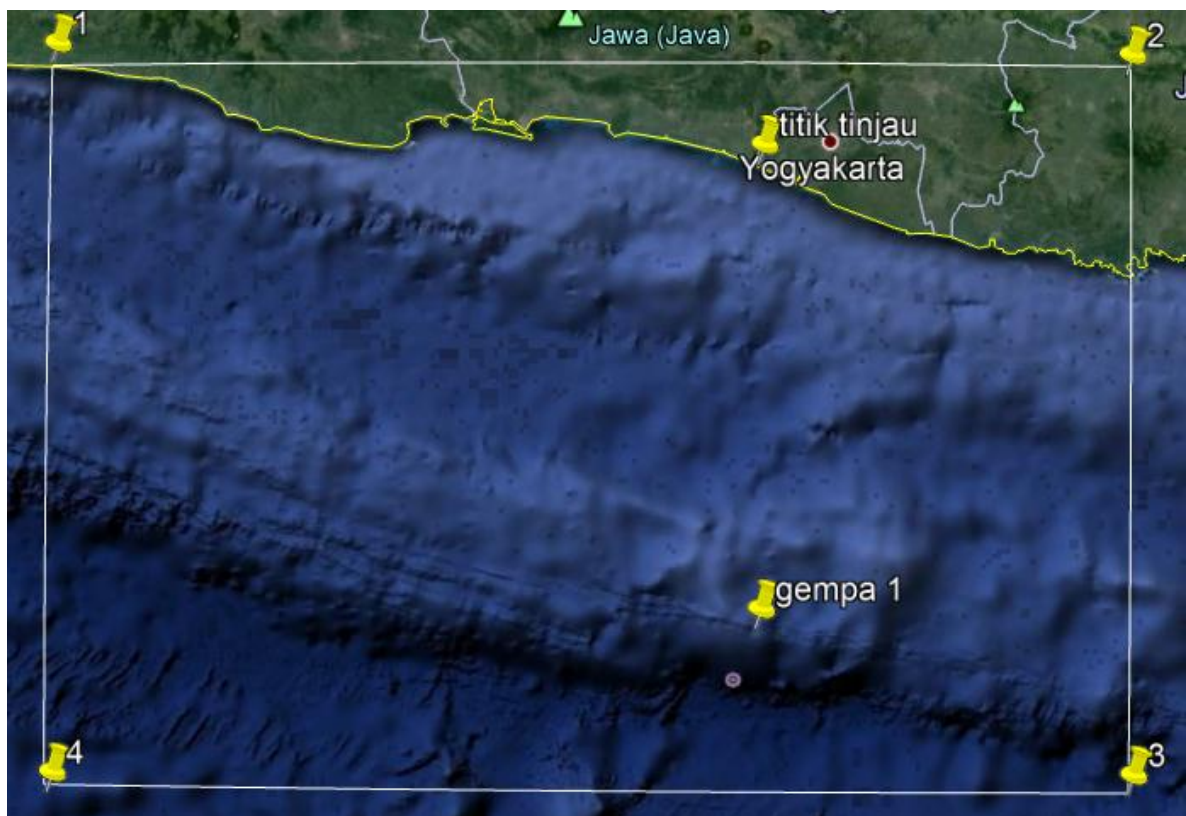
nilai kalibrasi. Ketinggian elevasi muka air yang terbentuk pada lokasi tinjau yaitu pesisir Pantai Yogyakarta adalah sebesar 5,99 m untuk gelombang pertama dan 2,37 m untuk gelombang kedua. Dari ketinggian gelombang yang sampai, *initial condition* dapat dilakukan untuk pemodelan selanjutnya.

#### 4.7.2 Pemodelan Tsunami dengan Skenario Lokasi Gempa

Skenario lokasi gempa dibuat dengan initial condition yang sama dengan gempa 17 Juli 2006 namun dengan lokasi yang berbeda. Lokasi tersebut berada di kedalaman 5000 meter dan lebih dekat dengan pantai. Lokasi ini dibuat untuk mengetahui bagaimana gelombang tsunami *run up* ke daratan dan tinggi gelombang yang sampai di Bandara Internasional Yogyakarta.

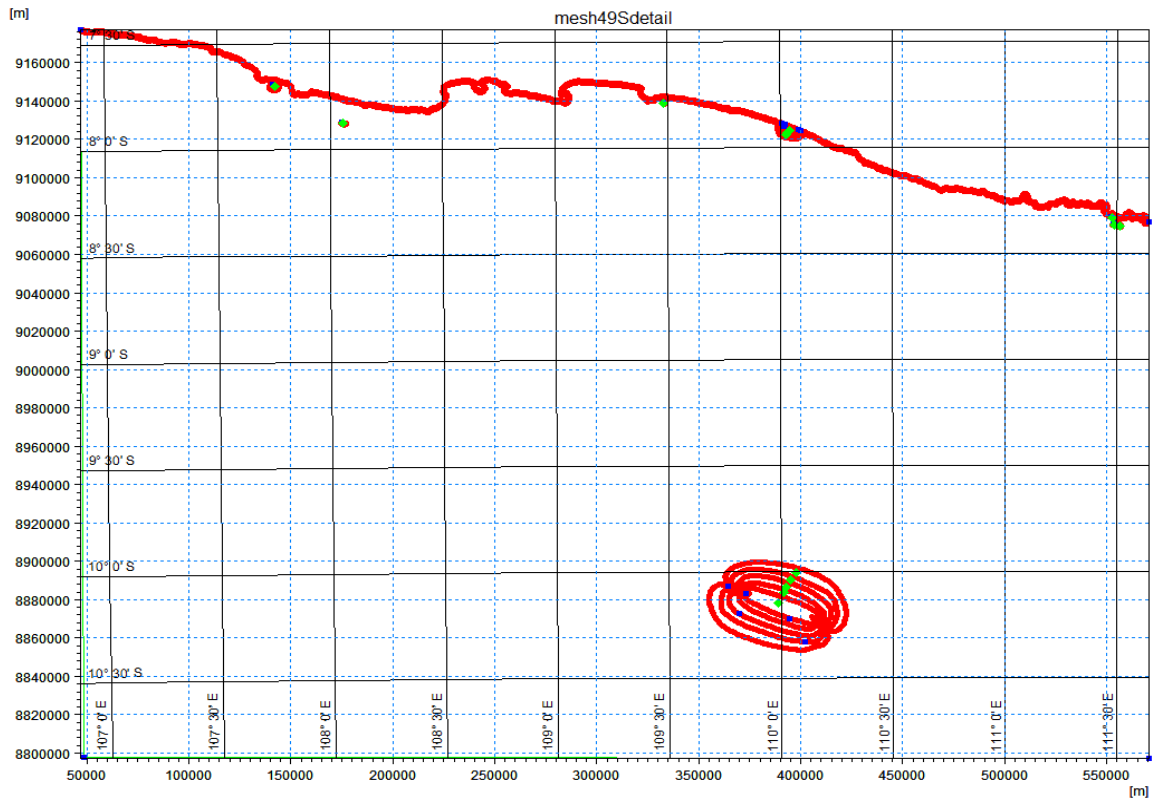
##### 1. Skenario lokasi gempa 1

Skenario pertama dibuat di selatan Pulau Jawa pada kedalaman 5000 meter dan jarak kurang lebih 347,7 km dari Bandara Internasional Yogyakarta dengan lokasi yang apabila ditarik sebuah garis, lokasi gempa berada dibawah Bandara Internasional Yogyakarta tepatnya pada longitude  $110.036396^0$  dan latitude  $-9.937978^0$ . Lokasi ini dipilih untuk mengetahui *run up* terbesar yang ada di Bandara Internasional Yogyakarta karena pada lokasi ini, gelombang yang sampai akan lebih besar tingginya karena lebih tegak lurus dengan pantai.



**Gambar 4.28** Lokasi skenario lokasi gempa 1

Pemodelan dilakukan di zona UTM 49 S yaitu 389938,6708 *easting* dan 8877945,0478 *northing* dengan kondisi lingkungan yang sama dengan gempa 17 Juli 2006. Kondisi tersebut meliputi pasang tertinggi, kekasaran dasar laut, kekentalan air laut, dan elevasi muka air laut pada sumber tersebut.

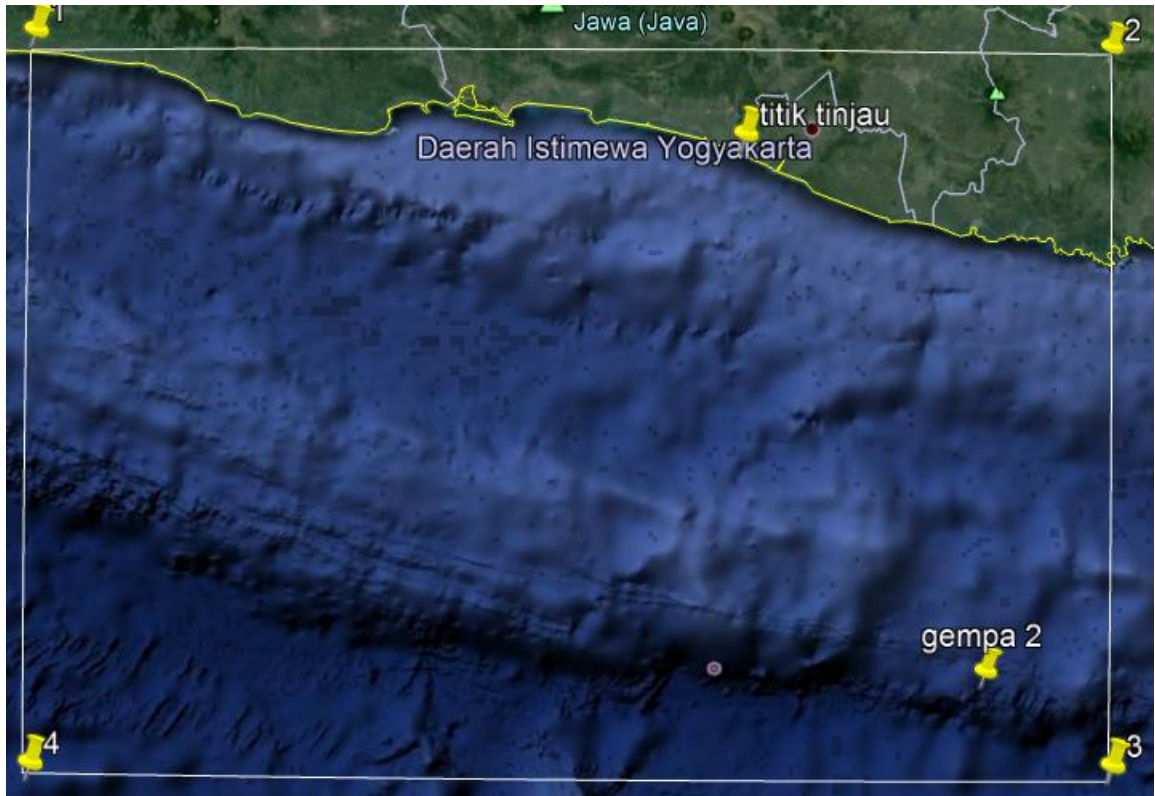


**Gambar 4.29** Domain skenario lokasi gempa 1

Perbedaan model dibuat pada batimetri yang berada di lokasi sumber gempa, dimana kontur batimetri dibuat sesuai dengan lokasi gempa pada daerah tersebut. Data tersebut berasal dari navionics dan dilakukan dengan digit manual.

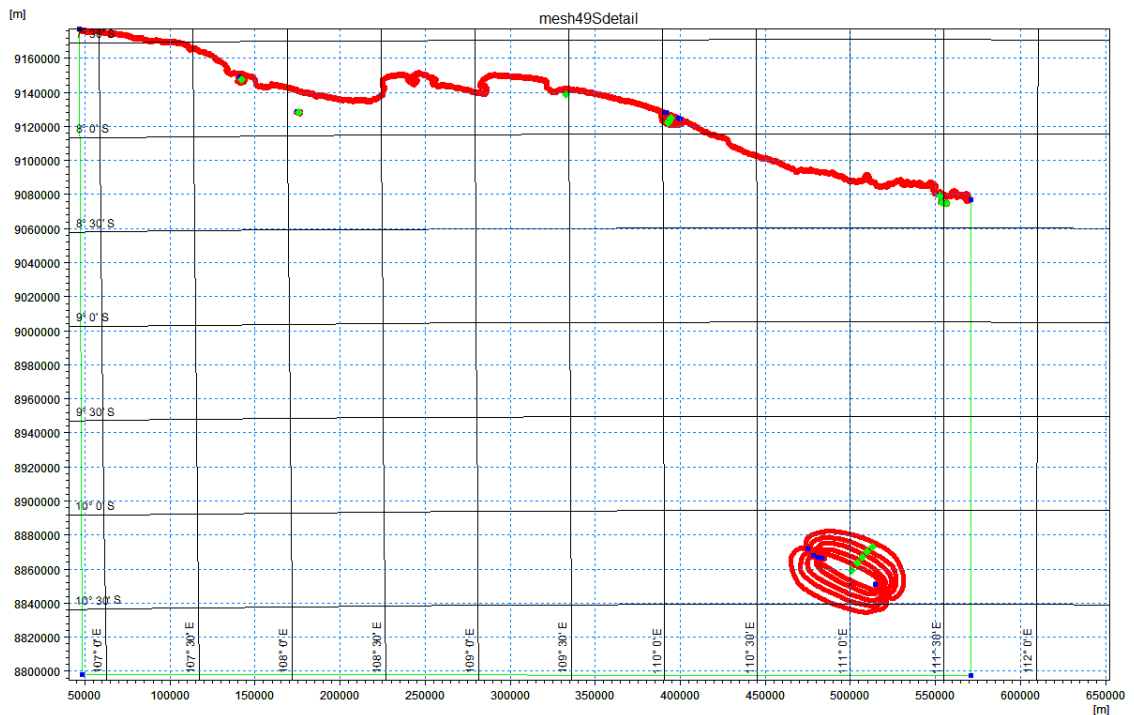
## 2. Skenario lokasi gempa 2

Skenario ini terletak di tenggara Bandara Internasional Yogyakarta tepat pada 287,7 km meter dari Bandara Internasional Yogyakarta tepatnya pada longitude 111.128659<sup>0</sup> dan latitude -10.243315<sup>0</sup>. Tsunami akan terbentuk akibat gempa yang berada di tenggara Bandara Internasional Yogyakarta. Pada posisi tersebut, lokasi gempa dibuat dengan kedalaman yang sama dengan Gempa pada 17 Juli 2006 dan skenario lokasi gempa 1 yaitu pada kedalaman 5000 m.



**Gambar 4.30** Lokasi skenario lokasi gempa 2

Berikut merupakan skenario model gempa kedua yang berada di zona UTM 49 S tepatnya 501796,5647 *easting* dan 8858800,6523 *northing*.

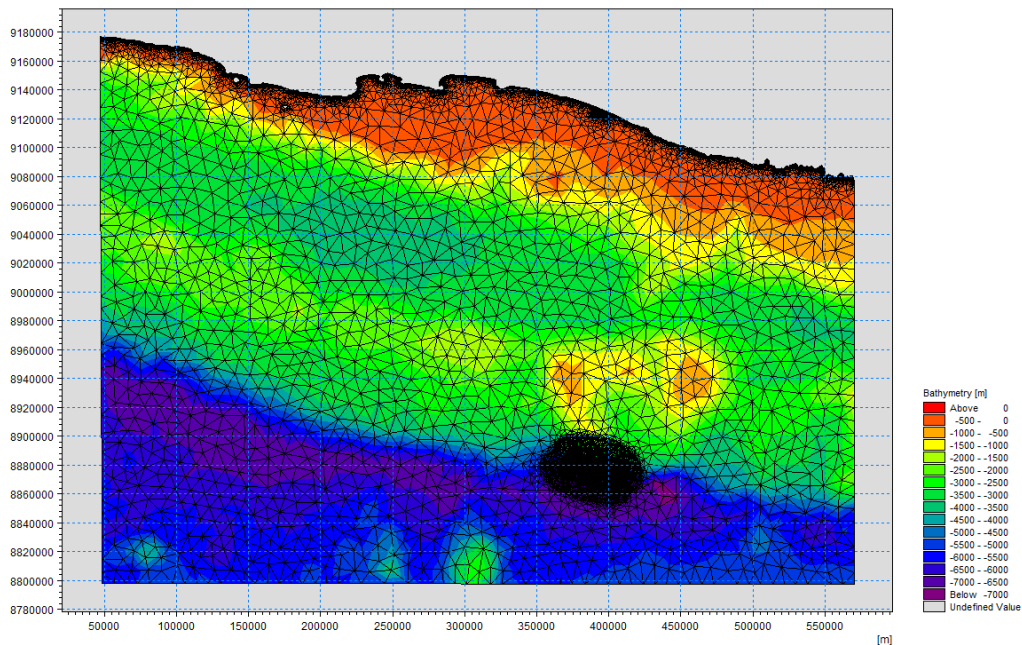


**Gambar 4.31** Domain skenario lokasi gempa 2

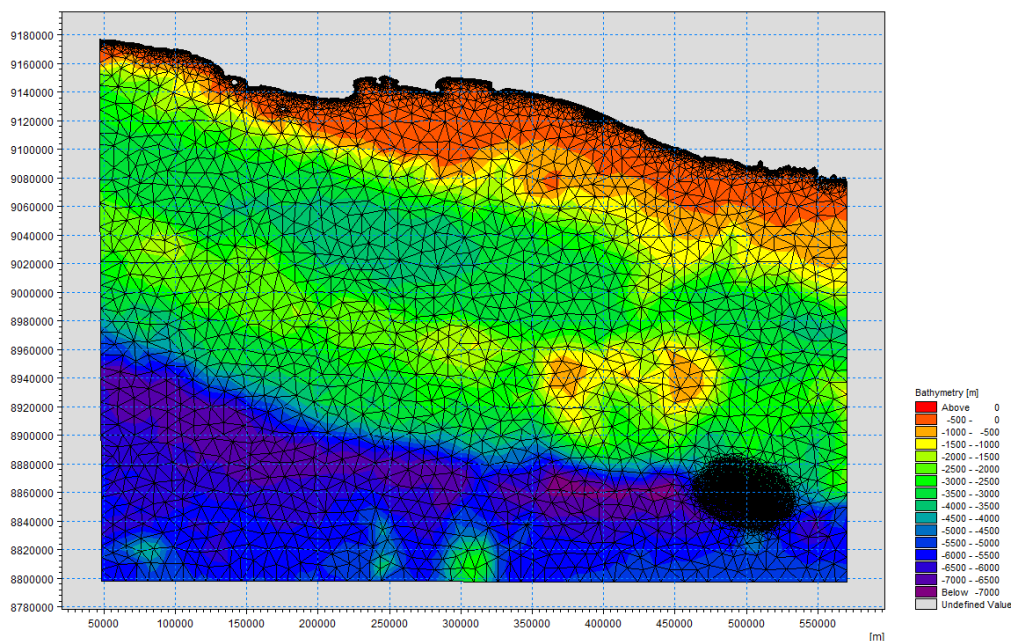


#### 4.8 Meshing Skenario Lokasi Gempa

Berdasarkan skenario lokasi gempa yang berbeda, batimetri yang telah diinputkan di simpan dalam bentuk .mesh untuk melihat domain sebelum di running dengan MIKE 21 Flow Model FM modul *Hydrodynamics*. Model tersebut diatur besar *meshing* dimana semakin menjauhi daratan maka luas area *meshing* lebih besar begitu juga sebaliknya. Hal ini diharapkan dapat memberikan hasil yang baik dengan tingkat keakuratan yang baik. Hasil *meshing* dan kontur batimetri pada sumber gempa dapat dilihat pada gambar 4.32 skenario lokasi gempa 1 dan gambar 4.33 untuk skenario lokasi gempa 2 berikut ini:



Gambar 4.32 Meshing Skenario Lokasi Gempa 1



Gambar 4.33 Meshing Skenario Lokasi Gempa 2

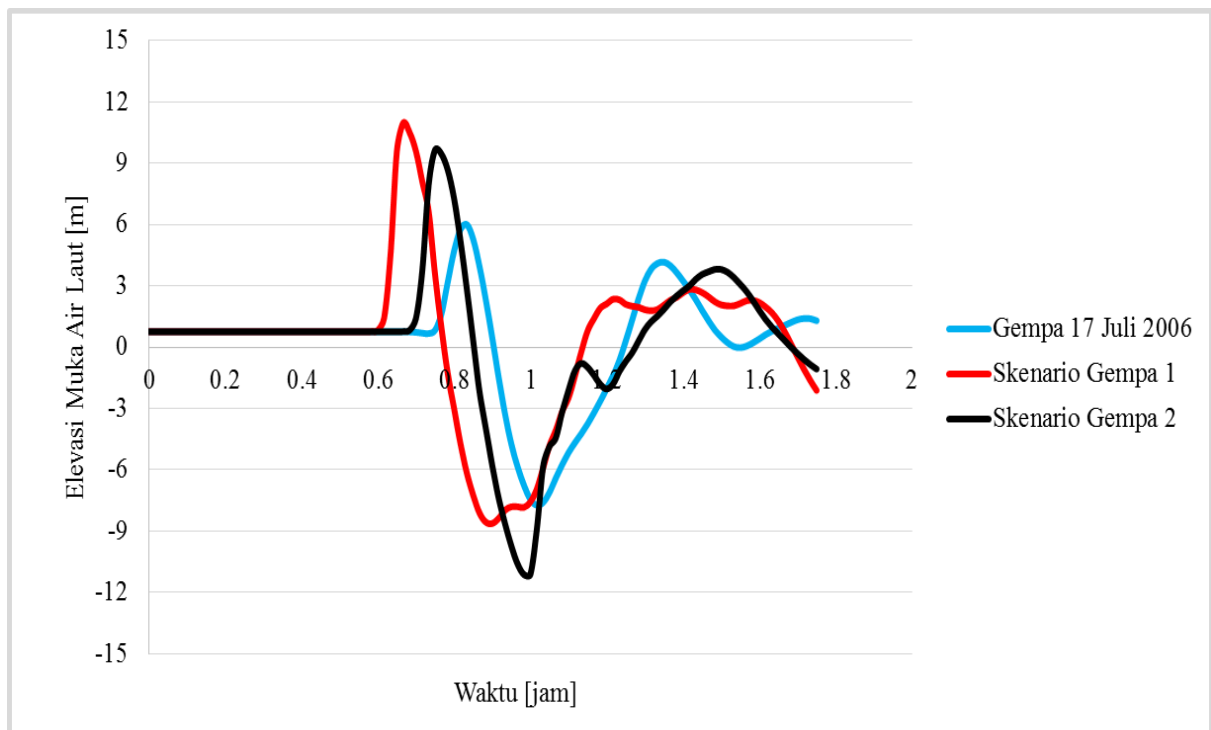
#### 4.9 Simulasi Model

Simulasi pemodelan dilakukan menggunakan *software* MIKE 21 Flow Model FM modul *Hydrodynamics* secara 2 dimensi atau tampak atas untuk melihat penjalaran gelombang dari sumber gempa menuju lokasi tinjau.

Simulasi pemodelan dilakukan selama 1 jam 45 menit untuk mengetahui penjalaran gelombang dari sumber gempa sampai lokasi tinjau yaitu Bandara Internasional Yogyakarta. Interval waktu setiap *time step* dibuat 3 detik sehingga running dilakukan sebanyak 2100 *time step*. Kondisi batas model juga diberikan agar batas darat dan laut dapat dibedakan dan gelombang akan bergerak dan terserap apabila melewati batas-batas tersebut.

#### 4.10 Analisis Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan sebelumnya yang terjadi pada tanggal 17 Juli 2006, gelombang yang sampai pesisir memiliki ketinggian elevasi muka air sebesar 6 meter. Ketinggian elevasi muka air tersebut di dapat dimana lokasi gempa berada di barat daya Bandara Internasional Yogyakarta. Ketinggian elevasi muka air yang sampai di pesisir Pantai Yogyakarta akan berbeda-beda berdasarkan lokasi gempa. Hal ini dibuktikan pada grafik dibawah ini :



**Gambar 4.34** Grafik perbandingan elevasi muka air laut

Dari grafik diatas, elevasi muka air tertinggi yang sampai di pesisir Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini:

**Tabel 4.7** Elevasi muka air laut variasi lokasi gempa

| Sumber Gempa            | Elevasi Muka Air Tertinggi [m] |
|-------------------------|--------------------------------|
| 17 Juli 2006            | 5.99565                        |
| Skenario Lokasi Gempa 1 | 10.9582                        |
| Skenario Lokasi Gempa 2 | 9.64434                        |

Pada Tabel 4.7 diketahui bahwa elevasi muka air tertinggi diambil pada titik 395959.80616 *Easting* dan 9125145.0261 *Northing* paling besar yaitu pada skenario lokasi gempa 2 yaitu 9,83189 meter. Ketinggian elevasi muka air sangat ditentukan pada lokasi gempa. Semakin dekat lokasi gempa dengan pantai dan titik tinjau maka ketinggian elevasi muka air akan semakin besar begitu juga sebaliknya ketinggian elevasi muka air akan semakin kecil apabila lokasi gempa semakin jauh. Jarak sumber gempa ke Bandara Internasional Yogyakarta dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut:

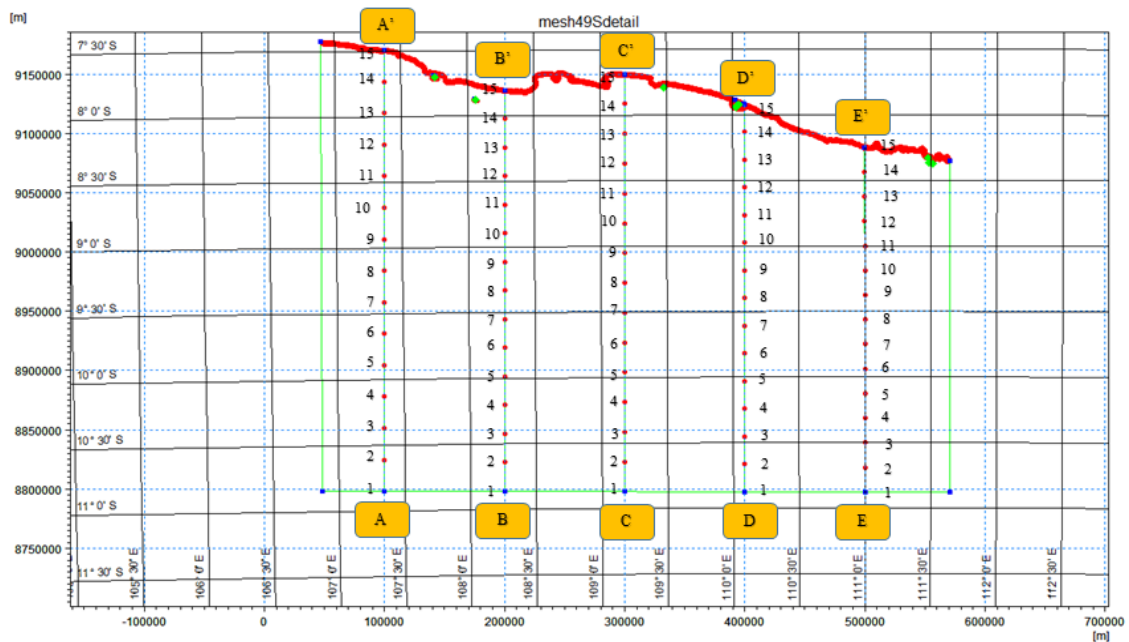
**Tabel 4.8** Jarak dari sumber gempa menuju Bandara Internasional Yogyakarta

| Sumber Gempa            | Jarak dari sumber gempa menuju Bandara Internasional Yogyakarta [km] |
|-------------------------|--|
| 17 Juli 2006            | 347,7  |
| Skenario Lokasi Gempa 1 | 247,5  |
| Skenario Lokasi Gempa 2 | 287,2  |

Hal tersebut membuktikan bahwa jarak dari lokasi gempa dengan lokasi tinjau sangat menentukan ketinggian elevasi muka air. Selain itu, lokasi gempa yang tegak lurus dengan pantai juga akan memperbesar ketinggian elevasi muka air dan mempercepat sampainya gelombang tsunami ke pesisir pantai. Hal ini disebabkan gelombang yang datang akan tegak lurus pantai dan apabila lokasinya tidak tegak lurus pantai maka gelombang akan berusaha untuk datang tegak lurus pantai sehingga gelombang akan melakukan gerakan akibat pendangkalan atau shoaling dan pembelokan atau refraksi sehingga waktu yang ditempuh akan lebih lama.

Perubahan elevasi muka air terdapat pada sumber gempa dan titik validasi yaitu pesisir Pantai Yogyakarta. Ketinggian elevasi lebih kecil dari elevasi muka air pertama yang diberikan di lokasi sumber. Hal tersebut terjadi karena adanya deformasi gelombang terutama shoaling atau pendangkalan. Perubahan elevasi muka air dicari di beberapa titik dan dibandingkan dengan batimetri pada titik tinjau pengambilan elevasi muka air tertinggi. Gambar 4.35 merupakan titik tinjau yang digunakan untuk melihat perubahan elevasi muka air akibat pendangkalan :





Keterangan :

= Titik Potong

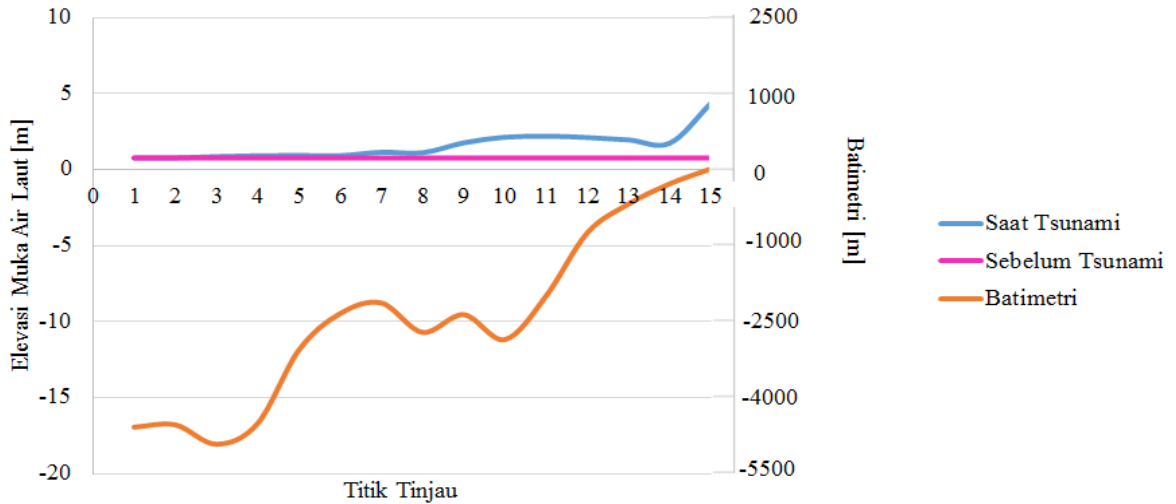
**Gambar 4.35** Lokasi pengambilan data elevasi muka air dan batimetri

Data diambil sebanyak 15 data di setiap titik potong. Jarak antar titik berbeda-beda dengan jarak titik di titik potong lainnya. Perbedaan tersebut disebabkan perbedaan panjang titik potong yang satu dengan lainnya dan dalam pengestrakan data menggunakan *Data Extractor FM* dengan format keluaran berbentuk garis yang dibagi dalam 15 data keluaran sehingga *tools* tersebut membagi dengan jarak antar titik sama dalam satu garis. Tabel 4.9 merupakan tabel jarak pengambilan data dari satu titik ke titik lainnya di setiap garisnya :

**Tabel 4.9** Jarak antar titik data pengambilan data

| Titik Potong | Titik Tinjau | Koordinat (UTM 49 S) |              | Panjang Garis [m] | Jarak Antar Titik [m] |
|--------------|--------------|----------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
|              |              | Easting [m]          | Northing [m] |                   |                       |
| A – A'       | A            | 99997.015            | 8797998.758  | 372.800           | 26.600                |
|              | A'           | 99945.438            | 9170303.044  |                   |                       |
| B – B'       | B            | 200005.159           | 8798451.878  | 336.000           | 24.000                |
|              | B'           | 200155.862           | 9136368.947  |                   |                       |
| C – C'       | C            | 299924.870           | 8797846.631  | 352.000           | 25.200                |
|              | C'           | 299739.310           | 9149934.023  |                   |                       |
| D – D'       | D            | 400004.356           | 8797553.572  | 328.000           | 23.400                |
|              | D'           | 400004.001           | 9124594.691  |                   |                       |
| E – E'       | E            | 500083.843           | 8797553.572  | 288.000           | 20.600                |
|              | E'           | 499885.859           | 9088208.611  |                   |                       |

Hasil dari pengambilan data tersebut di buat dalam grafik beserta batimetri di lokasi pengambilan data elevasi muka air. Gambar 4.36 merupakan salah satu hasil pengambilan data elevasi muka air dan batimetri yaitu pada titik potong E-E' gempa 17 Juli 2006 :



**Gambar 4.36** Grafik hubungan elevasi muka air dan batimetri gempa 17 Juli 2006

Pada grafik diatas, perubahan elevasi muka air yang signifikan terlihat pada titik tinjau ke 14 pada titik potong E-E'. Hal tersebut disebabkan karena kedalaman dasar laut mengalami perubahan atau menjadi lebih dangkal sehingga elevasi muka air menjadi lebih tinggi. Bertambahnya elevasi muka air merupakan bentuk dari transfer energi gelombang dari panjang gelombang menjadi penambahan elevasi muka air. Pendangkalan dasar laut menyebabkan terhambatnya kecepatan partikel air sehingga panjang gelombang semakin berkurang.

Perubahan elevasi muka air juga terjadi pada titik tinjau ke 8 akan tetapi tidak terlalu signifikan karena pada kondisi batimetri yang sebenarnya kedalaman dasar laut kurang lebih 2000 meter sehingga tidak terlalu terlihat perubahannya. Hal ini berbeda dengan perubahan elevasi muka air pada titik tinjau ke 14 karena kedalaman dasar laut sekitar 500 meter.

Pada penjarannya, gelombang tidak berhenti di garis pantai saja namun akan tetap menjalar ke daratan apabila elevasi muka air masih cukup tinggi. Peristiwa tersebut disebut dengan *run up*. *Run up* gelombang akan terus menjalar mengikuti topografi daratan di suatu wilayah dan akan berhenti apabila panjang gelombang menjadi lebih kecil sehingga energi gelombang berkurang. Energi gelombang dapat ditandai dengan adanya perubahan bentuk gelombang. Ketinggian *run up* berbeda-beda tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor tersebut adalah jarak dari sumber penyebab tsunami,

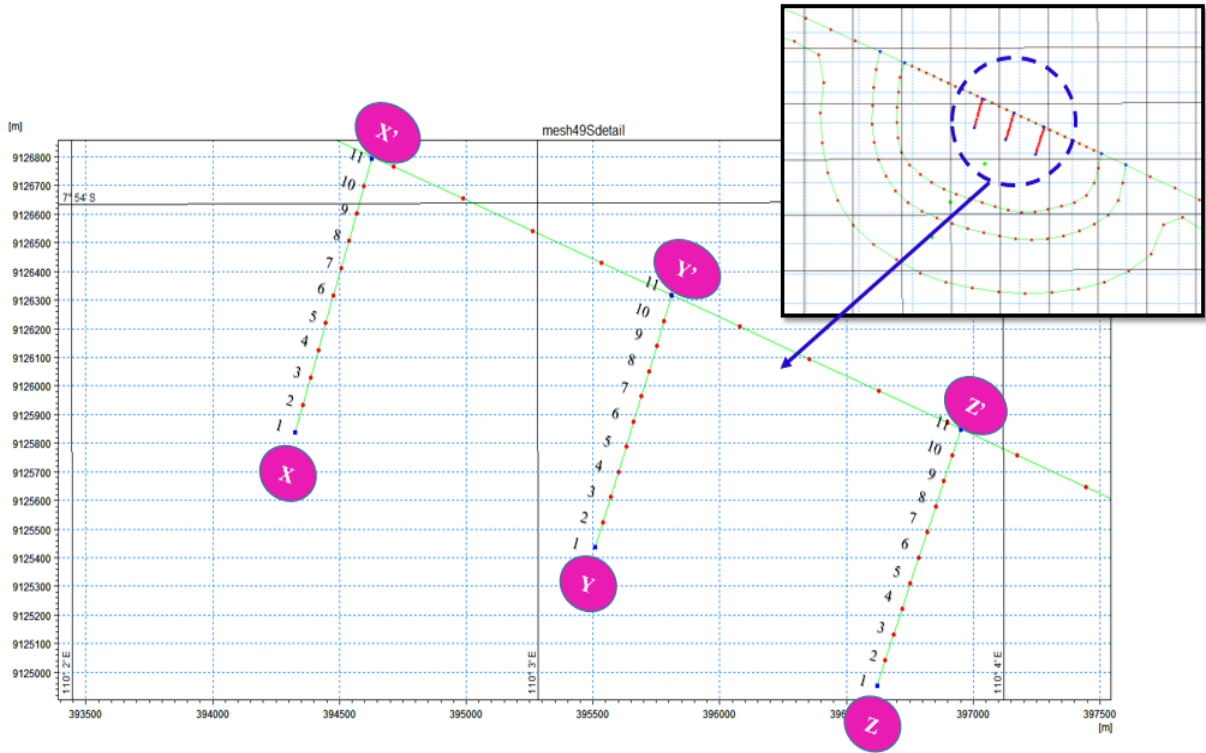
morfologi dasar laut, daerah pantai, pulau penghalang, jarak dari garis pantai, kemiringan lereng dan topografi daratan.

Jangkauan *run up* di buat di daerah Bandara Internasional Yogyakarta dengan 3 titik potong dari pesisir sampai 1000 meter. Titik potong pertama merupakan titik X ke X', titik potong merupakan titik Y ke Y', dan titik potong merupakan titik Z ke Z'. Pada titik potong X-X', garis ditarik dari 394426,71 Easting dan 9126115 Northing sampai 394723 Easting dan 9127104 Northing. Pada titik potong Y-Y', garis ditarik dari 395609,56 Easting dan 9125728,03 Northing sampai 395959 Easting dan 9126762 Northing. Pada titik potong Z-Z', garis ditarik dari 396755,37 Easting dan 9125315,5 Northing sampai 397122 Easting dan 9126324 Northing. Pada titik potong tersebut mencakup keluaran elevasi tertinggi pada *runway*. Berikut merupakan lokasi pengambilan data elevasi muka air tertinggi :



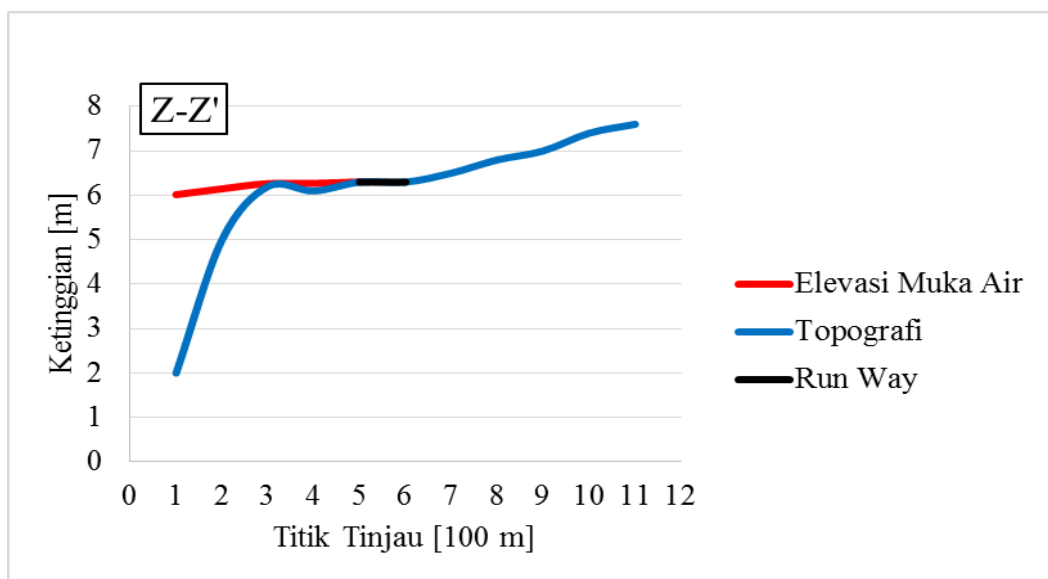
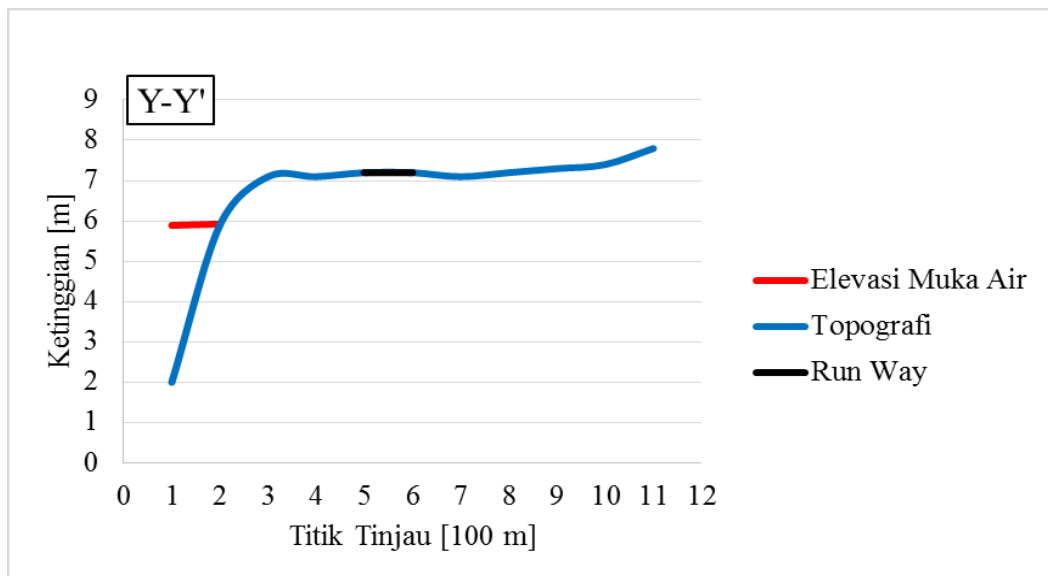
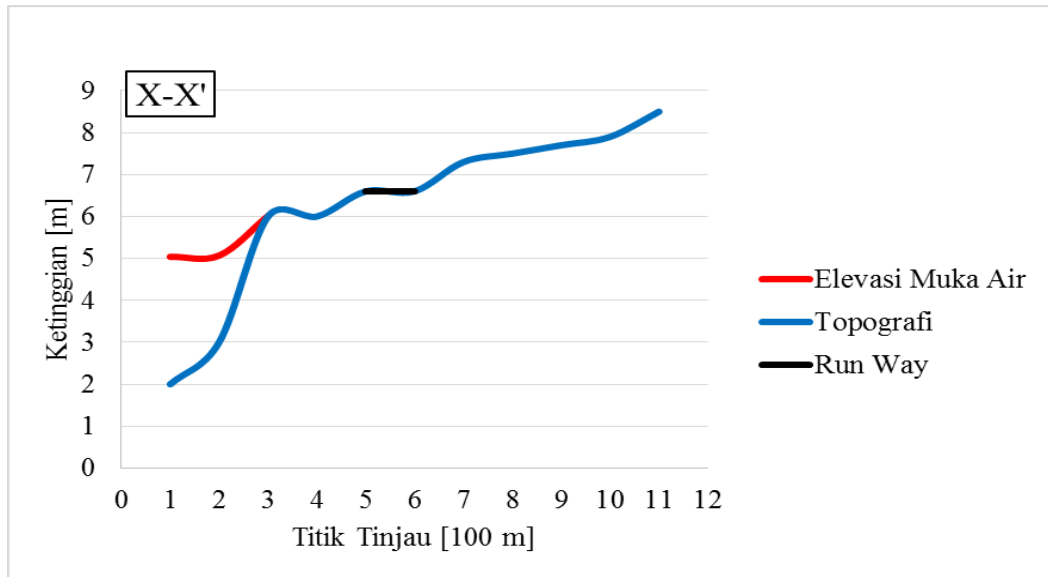
**Gambar 4.37** Lokasi tinjau *run up* di Bandara Internasional Yogyakarta

Setiap titik potong akan dibagi ke dalam 11 titik. Titik pertama merupakan titik acuan yang berada di jarak 0 meter dan dilanjutkan setiap 100 meter sampai 1000 meter. Sehingga, seluruh data yang didapatkan sebanyak 33 titik pada ketiga titik potong tersebut. Titik pengambilan data dapat dilihat pada gambar 4.38 dibawah ini :



**Gambar 4.38** Titik tinjau *run up* di Bandara Internasional Yogyakarta

Hasil dari pengambilan data tersebut adalah ketinggian elevasi muka air yang ada pada titik tinjau. Elevasi yang diambil ialah elevasi tertinggi dari data yang didapat lalu dibandingkan dengan topografi pada lokasi tinjau tersebut. Tinjauan runup dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh run up yang sampai ke daratan dan juga elevasi tertinggi pada *runway* dan elevasi tertinggi pada titik tinjau terakhir apabila masih ada elevasi pada titik tersebut. *Runway* Bandara Internasional Yogyakarta juga ditunjukkan pada grafik yaitu berada pada titik tinjau ke 5-6 dimana berada 400 -500 meter dari pesisir pantai atau titik tinjau 1 yang berada sebagai acuan 0 meter. *Run up* gelombang dicari untuk ketiga jenis lokasi gempa yaitu gempa yang terjadi 17 Juli 2006, skenario lokasi gempa 1 yang berada di selatan Bandara Internasional Yogyakarta, dan skenario lokasi gempa 2 tenggara Bandara Internasional Yogyakarta. Berikut merupakan hasil grafik hubungan elevasi muka air di daratan dan topografi pada titik potong X-X', titik potong Y-Y', dan titik potong Z-Z' akibat gempa pada tanggal 17 Juli 2006 :



**Gambar 4.39** Grafik hasil *run up* akibat gempa 17 Juli 2006

Pada Gambar 4.39, *run up* yang terjadi di Bandara Internasional Yogyakarta berhenti pada titik tinjau yang berbeda-beda. Pada hasil grafik titik potong X-X', gelombang *run up* sejauh 200 meter dan berhenti karena adanya perbedaan topografi daratan yang semakin tinggi sehingga gelombang tidak sampai ke Bandara Internasional Yogyakarta. Pada hasil grafik titik potong Y-Y', gelombang *run up* sejauh 100 meter. Selain itu, gelombang juga tidak sampai ke *runway* Bandara Internasional Yogyakarta. Hal ini dikarenakan topografi daratan memiliki kemiringan lereng yang curam dibanding dengan topografi di titik potong yang ditinjau lainnya sedangkan elevasi muka air yang sampai tidak terlalu tinggi yaitu  $\pm 5$  meter dari air tenang. Pada hasil grafik titik potong Z-Z', gelombang *run up* sejauh lebih dari 500 meter dari pesisir dan sampai ke Bandara Internasional Yogyakarta 300 meter dari batas area Bandara Internasional Yogyakarta. Ketinggian gelombang *run up* dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini :

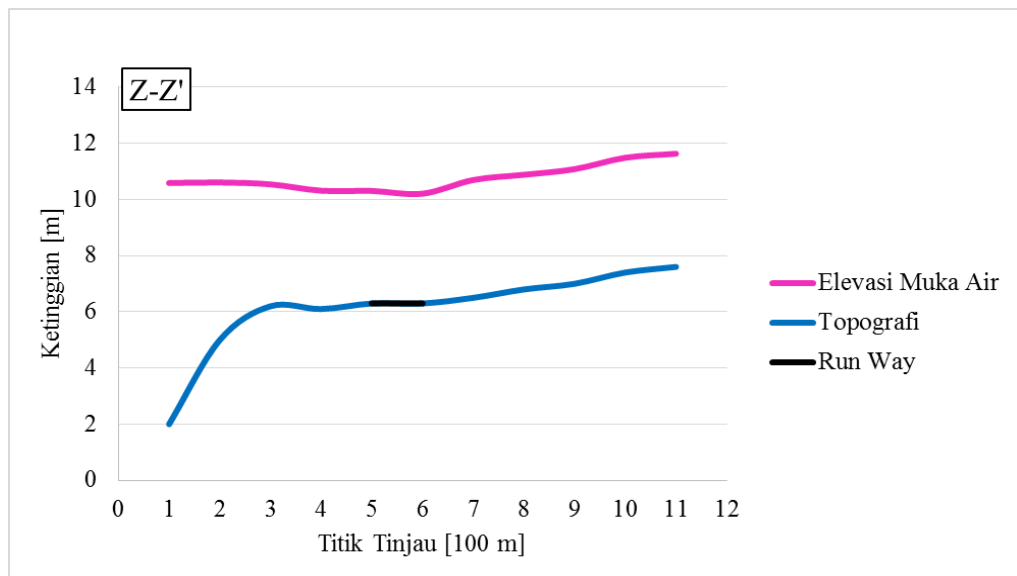
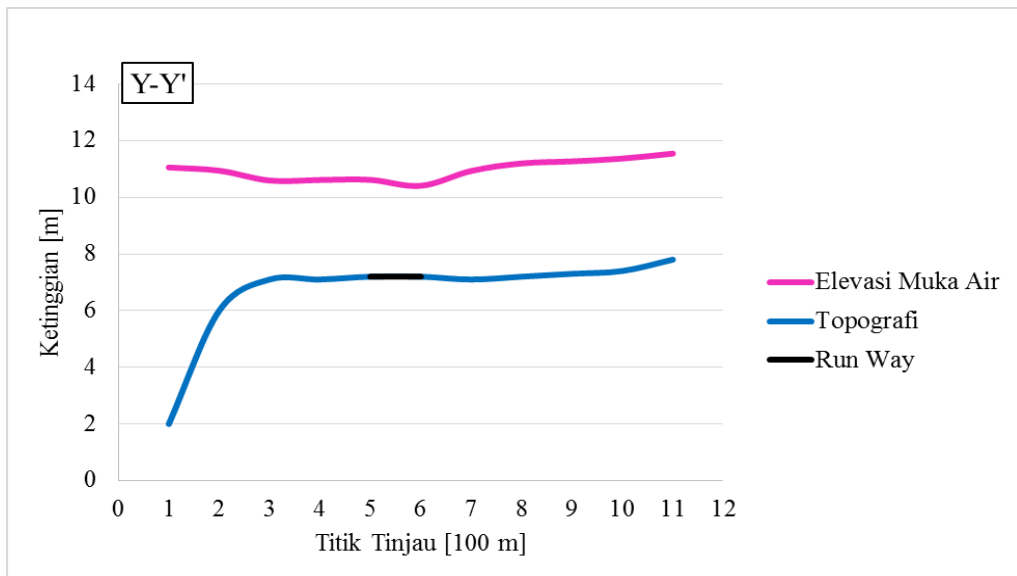
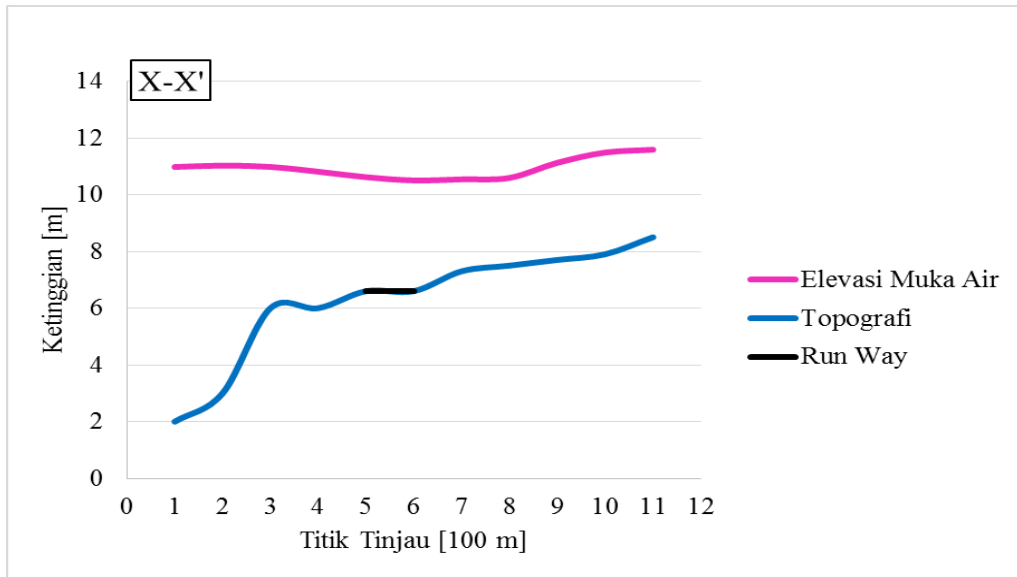
**Tabel 4.10** Ketinggian gelombang akibat gempa 17 Juli 2006

| Lokasi runway | Ketinggian elevasi muka air akibat gempa 17 Juli 2006 |          |          |
|---------------|---|----------|----------|
|               | X-X' [m]  | Y-Y' [m] | Z-Z' [m] |
| 5             | -   | -        | 0,171    |
| 6             | -   | -        | 0,006    |

Pada titik potong Z-Z', gelombang mengalami penurunan elevasi muka air dari titik tinjau 5 ke titik tinjau 6. Penurunan tersebut terlihat pada tabel 4.10. Penurunan elevasi ini diakibatkan karena adanya berkurangnya kecepatan gelombang akibat adanya gesekan yang terjadi antara air *runup* dengan daratan. Berkurangnya kecepatan mempengaruhi jangkauan gelombang saat menjalar di daratan. Gelombang akan berhenti apabila sudah tidak memiliki kecepatan dan kemampuan untuk memindahkan air.

Pada tabel 4.10 juga tertulis bahwa elevasi muka air pada titik tinjau 6 memiliki ketinggian 0,006 m. Hal ini menjelaskan bahwa gelombang tidak berhenti pada titik tinjau 6 melainkan lebih dari titik tinjau 6. Akan tetapi, pada titik tinjau 7 gelombang sudah tidak terlihat sehingga dapat disimpulkan bahwa gelombang berhenti diantara titik tinjau 6 dan titik tinjau 7.

Hasil *run up* dari sumber lokasi gempa 1 dicari dengan titik yang sama yaitu X-X', Y-Y', dan Z-Z'. Berikut hasil dari *run up* gelombang akibat Skenario Lokasi Gempa 1 di beberapa titik :



**Gambar 4.40** Grafik hasil *run up* akibat skenario lokasi gempa 1

Pada Gambar 4.40 didapatkan hasil *run up* untuk skenario lokasi gempa 2 dimana grafik tersebut menunjukkan bahwa penurunan elevasi muka air akibat pendangkalan memang terjadi dan dapat ditunjukkan pada titik tinjau 1 sampai 3 dimana perubahan daratan cukup signifikan.

Jangkauan *run up* akibat skenario lokasi gempa 1 sangat jauh yaitu melebihi 1000 meter dari pesisir karena pada titik tinjau ke 11 elevasi muka air masih berada sekitar 3 - 4 meter dari topografi daratan pada lokasi tersebut. Ketinggian gelombang *run up* pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini :

**Tabel 4.11** Ketinggian gelombang akibat skenario lokasi gempa 1

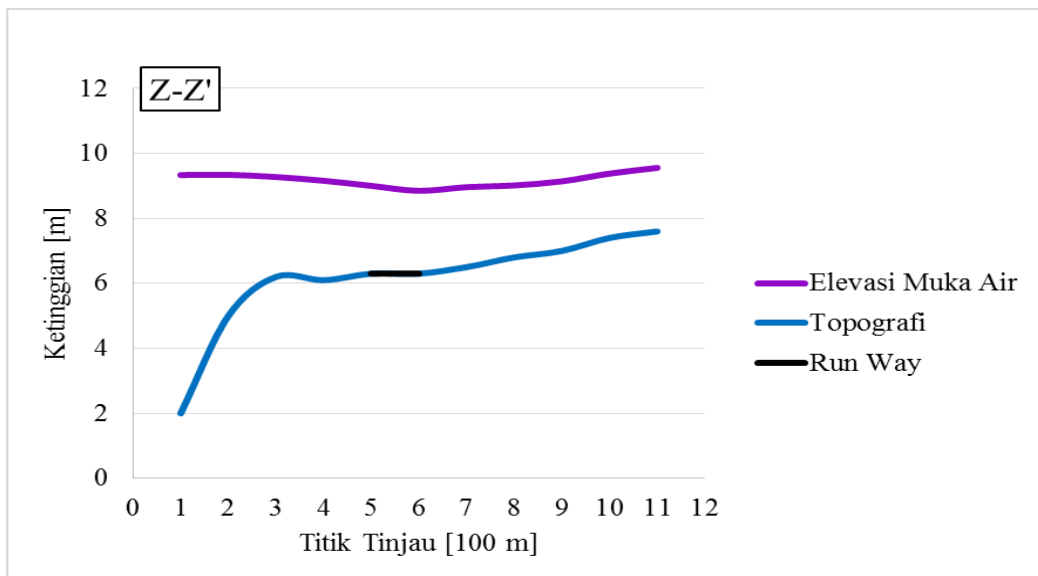
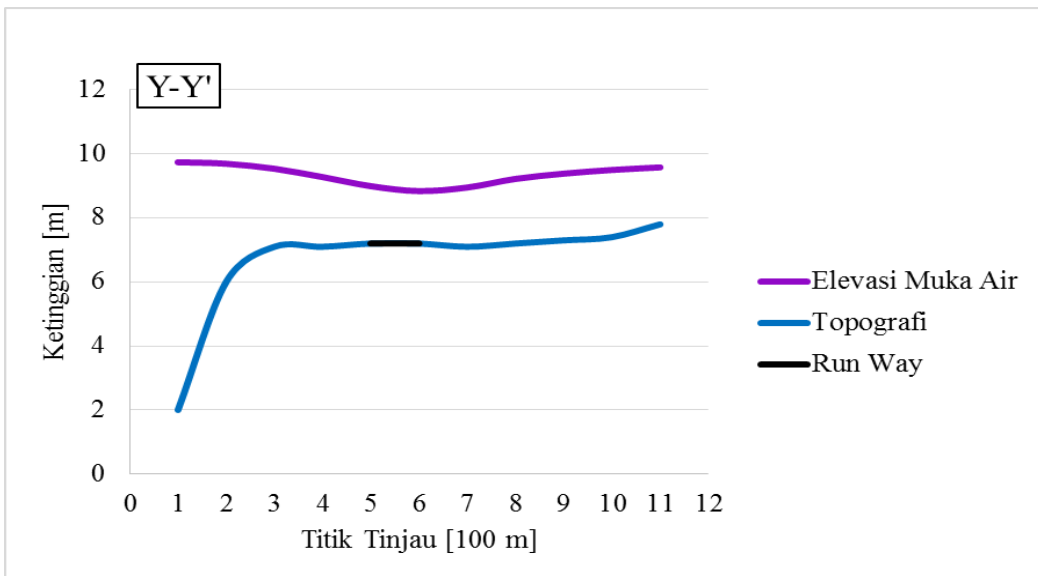
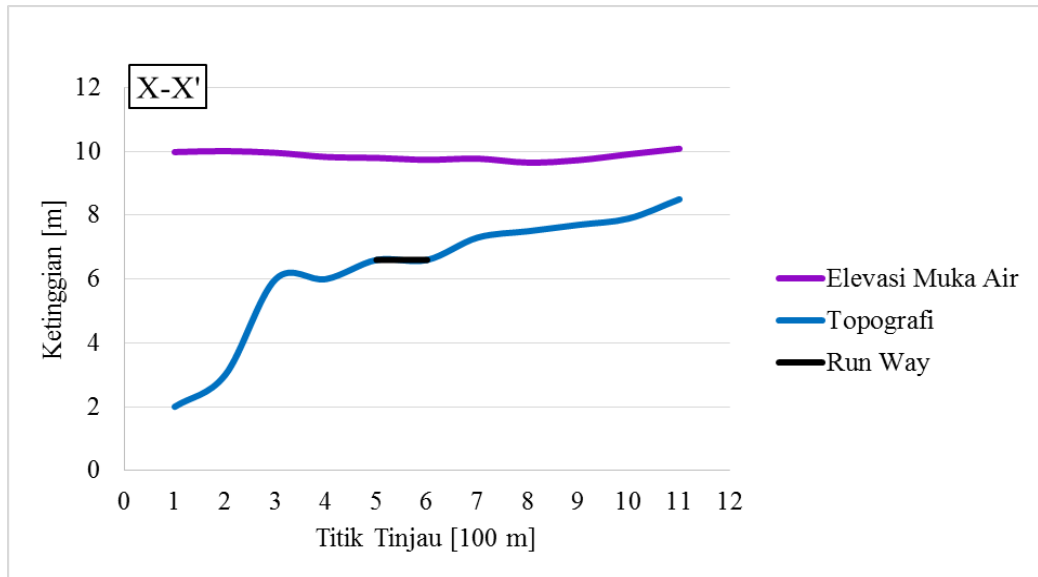
| No. Lokasi | Ketinggian elevasi muka air akibat skenario lokasi gempa 1 |          |          |
|------------|--|----------|----------|
|            | X-X' [m]   | Y-Y' [m] | Z-Z' [m] |
| 5          | 4,018  | 3,417    | 4,006    |
| 6          | 3,904  | 2,847    | 3,709    |

Pada titik potong X-X', elevasi yang sampai pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta lebih tinggi daripada elevasi yang sampai pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta di titik potong Y-Y' dan titik potong Z-Z'. Hal ini dikarenakan kenaikan topografi pada titik potong X-X' terjadi bertahap yaitu dari ketinggian 2 meter menjadi 3 meter dan kemudian 6 meter pada titik tinjau 3 yaitu 200 meter dari titik acuan. Sedangkan pada titik potong Y-Y' dan Z-Z' perubahan topografi terjadi cukup signifikan di awal yaitu dari ketinggian 2 meter menjadi 6 meter pada titik tinjau 2 yaitu 100 meter dari titik acuan.

Pada topografi yang landai, gelombang yang dipindahkan lebih mudah karena membutuhkan gaya yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan gelombang yang menjalar pada topografi yang curam. Pada topografi yang landai kecepatan akan berkurang secara bertahap berbeda dengan topografi curam yang akan berubah cukup signifikan kecepataannya. Hal ini terjadi pada elevasi muka air akibat skenario lokasi gempa 1 pada *runway* titik potong X-X' yang lebih besar dari pada *runway* titik potong Y-Y' dan titik potong Z-Z'.

Hasil *run up* dari sumber lokasi gempa 1 dicari dengan titik yang sama yaitu X-X', Y-Y', dan Z-Z'. Berikut hasil dari *run up* gelombang akibat Skenario Lokasi Gempa 1 di beberapa titik :





**Gambar 4.41** Grafik hasil *run up* akibat skenario lokasi gempa 2

Pada Gambar 4.41 didapatkan hasil *run up* jangkauan *run up* melebihi 1000 meter karena pada titik tinjau ke 11 elevasi muka air masih berada sekitar 1,5 – 2 meter dari topografi daratan pada lokasi tersebut. Pada grafik diatas, proses pendangkalan terlihat mengikuti topografi dimana elevasi bergerak naik namun semakin mendekati topografi. Pada posisi *runway*, gelombang bergerak lebih cepat bila dibandingkan titik tinjau lain karena pada posisi tersebut topografi dalam kondisi datar atau tidak ada perubahan yang cukup signifikan sehingga jika dibandingkan dengan posisi lain yang cenderung mengalami kenaikan topografi maka kecepatan berkurang karena jangkauan yang akan dicapai dan berkurangnya kecepatan tersebut cukup kecil. Pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta, elevasi gelombang yang sampai dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

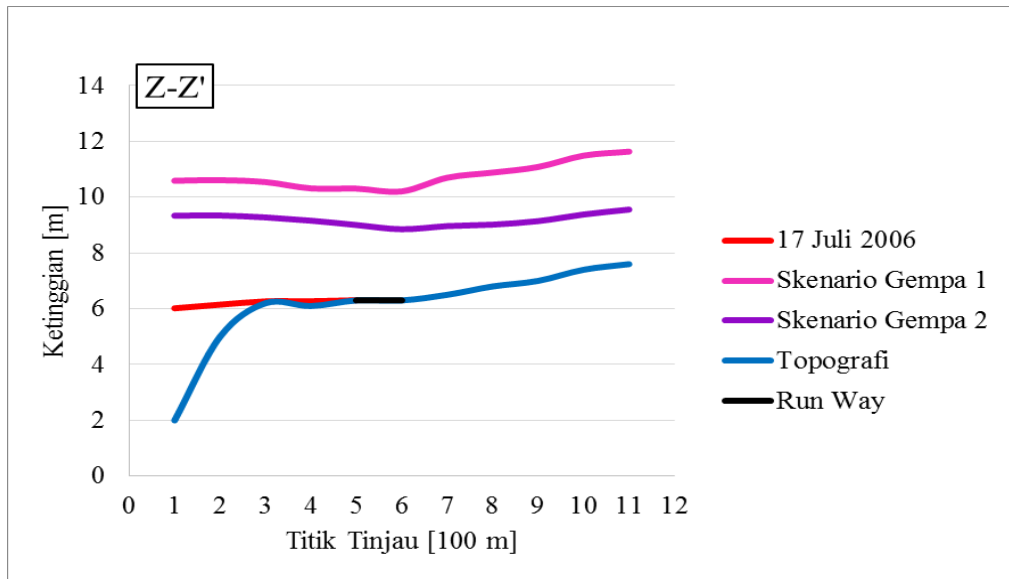
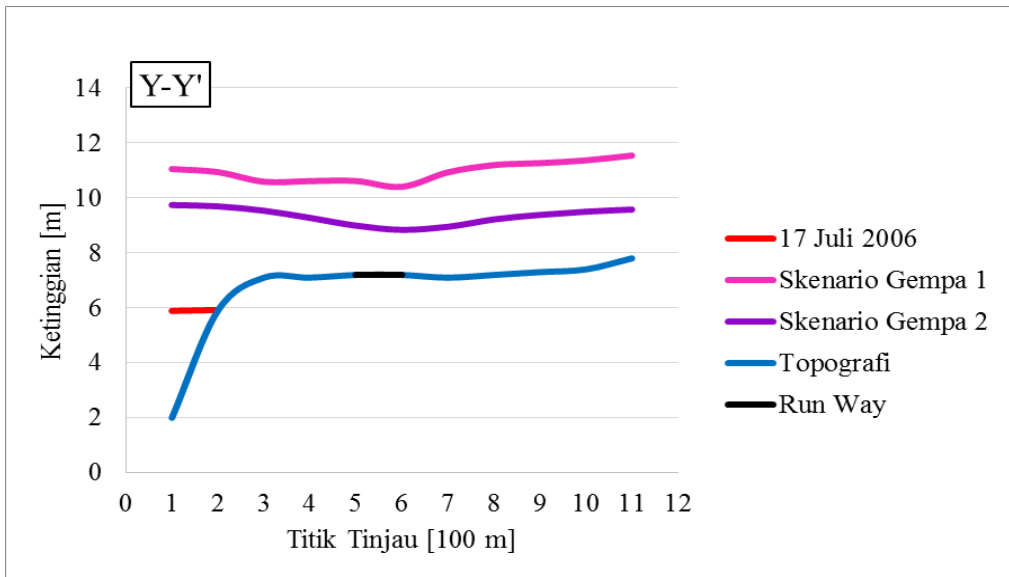
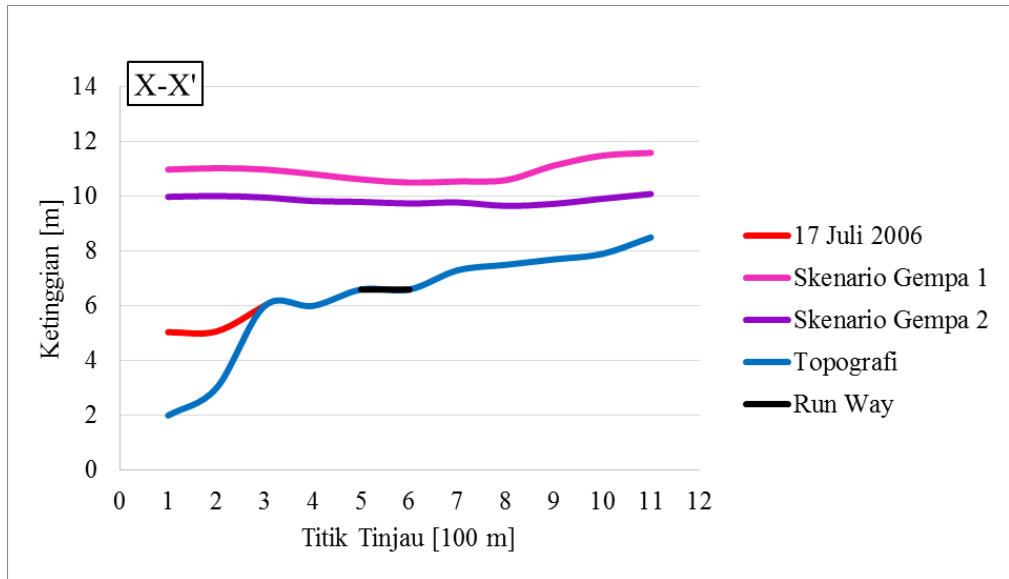
**Tabel 4.12** Ketinggian gelombang akibat skenario lokasi gempa 2

| No. Lokasi | Ketinggian elevasi muka air akibat skenario lokasi gempa 2 |          |          |
|------------|--|----------|----------|
|            | X-X' [m]   | Y-Y' [m] | Z-Z' [m] |
| 5          | 3,198  | 1,794    | 2,703    |
| 6          | 3,139  | 1,640    | 2,551    |

Pada tabel 4.12 terlihat bahwa elevasi gelombang yang sampai pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta cukup tinggi yaitu antara 1,5 – 3,2 meter. Penurunan terjadi apabila dilihat dari perubahan elevasi pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta dan pada titik tinjau ke 11 yang berada 100 meter dari pesisir perubahan rentang elevasi dari 1,5 meter sampai 3,2 meter menjadi 1,5 meter sampai 2 meter.

Pada titik potong X-X', elevasi muka air pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta lebih dari 3 meter dan pada titik tinjau 11 sebesar 1,6 meter. Pada titik potong Y-Y', elevasi muka air pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta lebih dari 1,5 meter dan pada titik tinjau 11 sebesar kurang dari 1,5 meter Pada titik potong Z-Z', elevasi muka air pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta lebih dari 2 meter dan pada titik tinjau 11 sebesar 1,9 meter.

Grafik hasil *run up* ketiga skenario digabungkan menjadi satu beserta topografi dan lokasi *runway* seperti pada gambar 4.42. Hal ini ditujukan untuk mengetahui perbandingan hasil disetiap skenarionya. Berikut merupakan grafik hasil *runup* berdasarkan 3 skenario lokasi gempa yang berbeda :



**Gambar 4.42** Grafik perbandingan hasil *run up* di 3 skenario lokasi gempa

Berdasarkan gambar 4.42, perbedaan ketinggian dan jangkauan *run up* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

#### 1. Jarak dari sumber gempa

Pada skenario lokasi gempa 1, ketinggian *run up* lebih besar dari skenario lokasi gempa 2 dan gempa pada 17 Juli 2006. Jangkauan *run up* karena skenario lokasi gempa 1 dan 2 juga melebihi 1000 meter dari pesisir dan lebih jauh dari pada gempa 17 Juli 2006. Sedangkan elevasi muka air yang sampai di daratan karena Gempa 17 Juli 2006 hanya sampai 300 meter dari batas Bandara Internasional Yogyakarta. Akan tetapi jangkauan *run up* karena skenario lokasi gempa 1 dan 2 melebihi 1000 meter. Ketinggian muka air yang sampai di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta akibat skenario lokasi gempa 1 adalah 2,5 – 4,1 meter. Ketinggian muka air yang sampai di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta akibat skenario lokasi gempa 2 adalah 1,5 - 3,2 meter. Tinggi elevasi muka air karena skenario lokasi gempa 2 tidak terlalu tinggi apabila dibandingkan dengan hasil *run up* skenario lokasi gempa 1. Hal ini disebabkan jarak sumber tsunami skenario lokasi gempa 1 lebih dekat dan lurus dibawah lokasi yang ditinjau yaitu sekitar 347,7 km sedangkan gempa 17 Juli 2006 berjarak 247,5 km dan berada di sebelah kiri lokasi tinjau, dan skenario lokasi gempa 2 berjarak 287,2 km. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak sumber tsunami ke lokasi tinjau maka semakin pendek pula ketinggian *run up* dan jangkauan *run up* gelombang. Namun, semakin dekat jarak sumber tsunami dengan lokasi tinjau maka semakin tinggi ketinggian gelombang *run up* dan semakin jauh juga jangkauan *run up* gelombang.

#### 2. Pulau penghalang

Pada saat gelombang sampai di pantai, elevasi gelombang yang sampai akan berbeda dengan pantai lain. Hal ini disebabkan adanya pulau-pulau kecil yang berada di depan pantai. Adanya pulau-pulau kecil akan sangat berpengaruh terhadap ketinggian gelombang karena akan menghalangi pergerakan gelombang dan energi gelombang akan berkurang saat mendekati pulau kecil tersebut. Deformasi gelombang terjadi saat gelombang mendekati pulau tersebut. Pulau kecil tersebut memiliki topografi atau ketinggian daratan yang lebih besar daripada batimetri laut sehingga terjadi pendangkalan atau *shoaling* dasar laut dan terjadi gesekan antara partikel air dengan *seabed*. Selain itu, sebagian gelombang akan memantul saat terkena pulau tersebut sehingga terjadi tumbukan antara gelombang datang dengan pantulan gelombang. Sebagian gelombang yang tidak terpantul bergerak ke belakang

pulau atau disebut dengan difraksi gelombang lalu bergerak menuju pantai. Deformasi gelombang tersebut dapat mengurangi ketinggian gelombang di pantai.

Di pulau Jawa bagian selatan hanya ada sedikit pulau kecil yang berada di bawahnya. Namun, tidak terdapat pulau kecil di sekitar pantai dekat dengan Bandara Internasional Yogyakarta. Sehingga, gelombang yang sampai di pantai masih cukup tinggi karena hanya terjadi pengurangan elevasi gelombang karena pendangkalan.

### 3. Daerah pantai

Pada saat terjadi pergeseran lempeng, air yang berada di atasnya akan berpindah ke tempat yang lebih rendah dan membentuk suatu gelombang panjang. Gelombang panjang tersebut akan menjalar ke segala arah termasuk pantai dan daratan yang berada di sekitarnya. Pada saat mendekati pantai, panjang gelombang akan berkurang dan tinggi gelombang akan bertambah. Ketinggian gelombang *run up* akan berkurang tergantung pada kondisi pantai, semakin banyak pohon dan penghalang lain maka semakin pendek pula ketinggian *run up*. Akan tetapi, pesisir pantai Yogyakarta khususnya di sekitar bandara Internasional Yogyakarta memiliki sedikit pohon dan penghalang disekitar pantai. Pemanfaatan lahan di sekitar pantai digunakan sebagai sawah sehingga saat terjadi tsunami, Ketinggian *run up* gelombang akan *ter-reduksi* sedikit saat mendekati Bandara Internasional Yogyakarta.

### 4. Jarak dari pantai

Jarak bangunan dengan garis pantai harus dipertimbangkan pada saat membangun atau memanfaatkan lahan di sekitar pantai. Pertimbangan tersebut digunakan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan akibat gelombang, tsunami, dan faktor lainnya. Bandara Internasional Yogyakarta dibangun sangat dekat dengan pantai yaitu sekitar 200 meter dari pantai sehingga telah dilakukan pemodelan gempa, *run up* gelombang terjadi dengan jangkauan yang cukup jauh yaitu lebih dari 1000 meter akibat lokasi dari skenario lokasi gempa 1 dan skenario lokasi gempa 2.

### 5. Kemiringan lereng dan topografi daratan

Ketinggian topografi daratan dapat mengurangi jangkauan *run up* gelombang ke daratan. Jangkauan *run up* gelombang akan berbeda apabila melewati perbukitan di bandingkan dengan dataran rendah. Kecepatan yang dibutuhkan untuk naik ke topografi yang lebih tinggi juga akan berbeda juga dengan saat melewati topografi yang cenderung datar. Kecepatan akan berkurang apabila melewati perbukitan.

Topografi pada Bandara Internasional Yogyakarta yang ditinjau dari lokasi pengambilan data berbeda-beda di setiap titik potongnya. Titik potong Y-Y' memiliki

kemiringan lereng yang landai jika dibandingkan dengan titik potong X-X' dan Y-Y'. Sedangkan kemiringan lereng yang paling curam ialah titik potong Z-Z'. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jangkauan *run up* gelombang akan semakin jauh apabila kemiringan lereng semakin landai dan begitu pula sebaliknya.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pemodelan tsunami dari sumber gempa ke Bandara Internasional Yogyakarta dengan beberapa skenario lokasi gempa, didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Tsunami akibat gempa 17 Juli 2006 yang berkekuatan 6,8 SR berdasarkan simulasi selama 1,75 jam untuk melihat penjararan tsunami dari sumber gempa ke Bandara Internasional Yogyakarta. Hasil dari pemodelan tersebut didapat bahwa tsunami sampai ke pesisir pantai pada menit ke 50 dengan elevasi muka air sebesar 6 meter pada garis pantai sebelum gelombang menjalar ke darat.
2. *Run up* gelombang tsunami terjadi dengan elevasi yang berbeda-beda berdasarkan beberapa faktor yaitu jarak sumber gempa ke Bandara Internasional Yogyakarta, pulau penghalang, daerah pantai, jarak dari pantai, kemiringan lereng, dan topografi daratan. Jangkauan *run up* gelombang akibat Gempa 17 Juli 2006 yang berkekuatan 6,8 SR adalah sejauh 500 meter dari pesisir pantai dan tidak sampai pada *runway* Bandara Internasional Yogyakarta sedangkan *run up* akibat skenario lokasi gempa yang berlokasi di selatan Bandara Internasional Yogyakarta (Skenario lokasi gempa 1) yang berkekuatan 6,8 SR adalah sejauh lebih dari 1000 meter dengan ketinggian 2,5 – 4,1 meter di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta (Skenario lokasi gempa 2) dan *run up* akibat skenario lokasi gempa yang berlokasi di tenggara Bandara Internasional Yogyakarta yang berkekuatan 6,8 SR adalah sejauh lebih dari 1000 meter dengan ketinggian 1,5-3,2 meter di *runway* Bandara Internasional Yogyakarta.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pemodelan menggunakan MIKE SHE untuk analisa *run up*.
2. Perlu dibuat pemetaan daerah yang terkena tsunami.
3. Perlu dilakukan rencana mitigasi bencana akibat tsunami.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

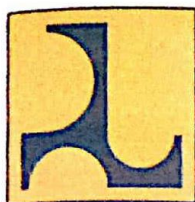
- Aeda, S. A., Saputro, S., Subardjo, P. 2017. “Simulasi Penjalaran dan Penentuan Run-Up Gelombang Tsunami di Teluk Pangandaran, Jawa Barat”. *Jurnal Oseanografi*. Vol 6 : 254 – 262. No 1.
- Akbar, T., Sujali. 2012. *Presepsi dan Harapan untuk Pengembangan Pariwisata Pantai Pangandaran Pasca Tsunami*. Banten : Penerbit Erlangga
- Anonim. Tanpa Tahun. Earth Google. Diakses dari [www.earth.google.com](http://www.earth.google.com) pada 3 September 2019.
- Anonim. 2011. Macam-macam Sesar. Diakses dari <https://samarticlenews.wordpress.com> pada 10 Oktober 2019.
- Anonim. 2016. Bentuk-bentuk Patahan dan Penjelasannya. Diakses dari <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/geomorfologi/bentuk-bentuk-patahan> pada 19 September 2019.
- Anonim. 2018. Dahsyatnya Erupsi Gunung Krakatau 1883 Letusan Terdengar Telinga Manusia Sampai Jarak 4500 KM. Diakses dari <https://bali.tribunnews.com> pada 5 September 2019.
- Anonim. 2018. Indonesia dalam Jepitan Tiga Lempeng Tektonik Dunia. Diakses dari <https://rmollampung.id/indonesia-dalam-jepitan-tiga-lempeng-tektonik-dunia/> pada 3 September 2019.
- Arifin, K.A., U. Basuki. 2018. “Analisis Wacana Kritis Pembangunan Bandara Baru New Yogyakarta International Airport dalam Pemberitaan Media Lokal di Yogyakarta”. *Jurnal Komunikasi*. Vol 13 : 69 – 80. No 1
- Azizah, N. 2017. “Dampak Sosial Ekonomi Pembebasan Lahan Pembangunan Bandar Udara (New Yogyakarta International Airport)”. *Jurnal Ilmu Politik*. Vol 8 : 76 – 91. No 2.
- Fadhil, E.E. 2018. *Pemodelan Run-Up Tsunami: Studi Kasus Kota Cilacap*. Tesis. Surabaya : Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.

- Gayer, G., S. Leschka., I. Nohren., O. Larsen., dan H. Gunther. 2010. "Tsunami Inundation Modelling Based On Detailed Roughness Map of Densely Populated Areas". *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol 10 : 1679 – 1687.
- GK Admin. 2016. Tsunami. Diakses dari <https://gkforschoolkids.com/concepts/tsunami> pada 5 September 2019.
- Havis, M.I. 2019. *Evaluasi Sumber Data Gelombang (Merged Altimetry, ERA5 dan Windwave -05), Studi Kasus: Estimasi Potensi Energi Gelombang Laut di Pantai Barat Kota Jayapura*. Tesis. Surabaya : Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Ibad, M.I. 2014. *Pemodelan Tsunami berdasarkan Parameter Mekanisme Sumber Gempa Bumi dari Analisis Inversi Waveform Tiga Komponen Gempa Bumi Mentawai 25 Oktober 2010*. Tugas Akhir. Surabaya : Departemen Fisika FMIA ITS.
- Kongko, W., R. Hidayat. 2014. "Earthquake-Tsunami in South Jogjakarta Indonesia: Potential Simulation Models, and Related Mitigation Efforts". *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics*. Vol 2 : 18 – 22.
- Kustiningsih, W. 2017. "Kelompok Rentan dalam Pembangunan Kawasan Kota Bandara di Kulon Progo : Studi Kasus New Yogyakarta International Airport (NYIA)". *Jurnal Pemikiran Sosiologi*. Vol 4 : 91 – 105. No 1
- Maghfiroh, A. 2014. *Simulasi Penjalaran dan Prediksi Run-Up Gelombang Tsunami di Pantai Malang*. Tugas Akhir. Surabaya : Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Mahardika, R.W., A. Ismanto., dan Purwanto. 2015. "Studi Perbandingan Simulasi Flow Model FM dan ADCIRC terhadap Pola Arus Pasut Perairan Teluk Lembar Lombok". *Jurnal Oseanografi*. Vol 4 : 206-214.
- Palupi, I.R., W. Raharjo., E. Wibowo., dan H. Hamdalah. 2018. "Pemodelan Tsunami Sederhana dengan Menggunakan Persamaan Differensial Parsial". *Journal of Applied Physics*. Vol 8 : 26.
- Pratama, W.A. 2017. *Simulasi Penjalaran Gelombang Tsunami Akibat Gempa Tektonik di Pantai Jember*. Tugas Akhir. Surabaya : Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.

- Putera, M.Q.P. 2014. *Simulasi Pembangkitan dan Penjalaran Gelombang Tsunami Berdasarkan Skenario Gempa Tektonik*. Tugas Akhir. Surabaya : Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Rabung, F., A.B. Muhiddin., M.P. Hatta., dan S. Malik. 2015. “Deformasi Gelombang di Pantai Makassar”. *Prosiding Hasil Penelitian dan Teknologi Terapan*. Makassar. Unibersitas Hasanuddin.
- Sriyana., I.K. Hadihardaja., dan J. Hadihardaja. 2007. “Run-Up dan Run-Down Akibat Pengaruh Sudut Datang Gelombang pada Berbagai Unit Lapis Lindung Pemecah Gelombang”. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol 14. No 4.
- Subardjo, P., dan R. Ario. 2015. “Uji Kerawanan Terhadap Tsunami dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta”. *Jurnal Kelautan Tropis*.
- Triatmadja, R. 2010. *Tsunami : Kejadian, Penjalaran, Mitigasinya*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Penerbit Beta Offset.
- Widyawati, A., G. Handoyo., dan A. Satriadi. 2013. “Kajian Kerentanan Bencana Tsunami di pesisir Kabupaten Kulon Progo Provinsi D. I. Yogyakarta”. *Journal of Marine Research*. Vol 2 : 103-110.

**LAMPIRAN I**

**SURAT IZIN**



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR  
**BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PANTAI**  
Jalan Gilimanuk - Singaraja Km 122 Gerokgak, Bali 81155  
Telp. (0362) 92598 Fax (0362) 92555, E-mail : b\_pantai@pusair-pu.go.id

Nomor : HM 05.06/Lb4/140  
Lampiran : -  
Hal : Konfirmasi permohonan data tugas akhir

Buleleng, 27 November 2019

Kepada Yth.:  
Kepala Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
di  
Surabaya

Sehubungan dengan surat Saudara Nomor 80631/IT2.VI.6.3/PP.05.02/2019 tanggal 30 September 2019 perihal Permohonan Data Tugas Akhir Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, atas nama :

| No. | Data Mahasiswa    |  |
|-----|-------------------|--|
| 1.  | Nama              | Lutfiana Nur Rohmah  |
| 2.  | NRP               | 04311640000019   |
| 3.  | Judul Tugas Akhir | Pemodelan Numerik Tsunami Yogyakarta Akibat Gempa Tektonik, Studi Kasus, Bandara Kulon Progo |
| 4.  | Pembimbing        | Haryo Dwito A, ST., M.Eng., Ph.D, Ph.D   |

Bersama ini disampaikan bahwa Balai Litbang Pantai bersedia menerima Mahasiswi tersebut diatas untuk melakukan Penelitian Tugas Akhir yang dilaksanakan pada bulan September 2019 – Agustus 2020 dengan Pembimbing Saudara **Juventus Welly Radianta Ginting, S.Si., MPSDA.**

License MIKE 21 dan data yang tersedia di Balai Litbang Pantai digunakan hanya untuk keperluan Riset (Tugas Akhir). Publikasi ilmiah yang diterbitkan sebagai hasil dari penelitian Tugas Akhir ini, hendaknya mengikutsertakan Balai Litbang Pantai sehingga diharapkan terjalin sinergi yang baik antara Balai Litbang Pantai dan Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Kepala Balai Penelitian dan  
Pengembangan Pantai

**Dr. Leo Eliasta, ST., M.Sc**  
NIP. 19800802 200502 1 001

**LAMPIRAN II**  
**DATA PASANG SURUT**

Data Pasang Surut (16 – 18 Juli 2006)

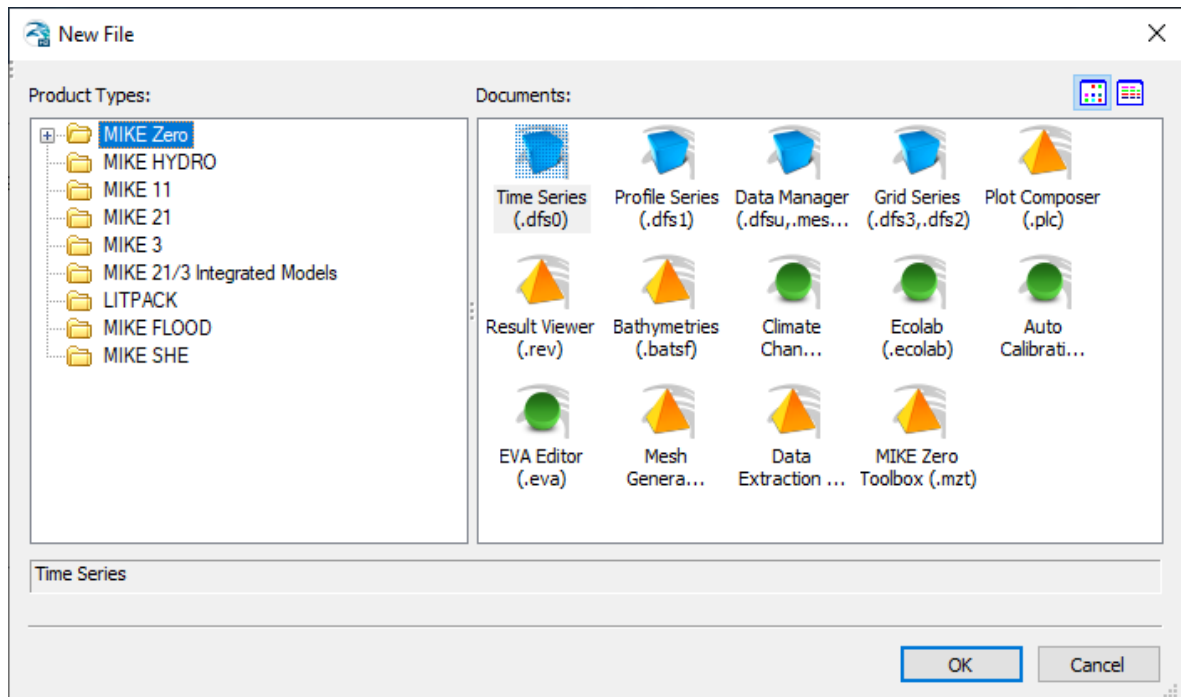
| <b>Lat</b> | <b>Lon</b> | <b>yyyy-mm-dd</b> | <b>hh:mm:ss (UTC)</b> | <b>Z[m]</b> |
|------------|------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 00.00.00              | -0.42       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 01.00.00              | -0.13       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 02.00.00              | 0.216       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 03.00.00              | 0.521       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 04.00.00              | 0.708       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 05.00.00              | 0.722       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 06.00.00              | 0.556       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 07.00.00              | 0.246       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 08.00.00              | -0.14       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 09.00.00              | -0.5        |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 10.00.00              | -0.75       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 11.00.00              | -0.83       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 12.00.00              | -0.73       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 13.00.00              | -0.46       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 14.00.00              | -0.09       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 15.00.00              | 0.282       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 16.00.00              | 0.578       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 17.00.00              | 0.727       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 18.00.00              | 0.7         |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 19.00.00              | 0.51        |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 20.00.00              | 0.21        |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 21.00.00              | -0.12       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 22.00.00              | -0.39       |
| -7.9239    | 110.0822   | 16/07/2006        | 23.00.00              | -0.55       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 00.00.00              | -0.54       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 01.00.00              | -0.39       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 02.00.00              | -0.13       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 03.00.00              | 0.166       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 04.00.00              | 0.411       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 05.00.00              | 0.541       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 06.00.00              | 0.518       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 07.00.00              | 0.346       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 08.00.00              | 0.065       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 09.00.00              | -0.25       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 10.00.00              | -0.53       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 11.00.00              | -0.69       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 12.00.00              | -0.7        |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 13.00.00              | -0.54       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 14.00.00              | -0.26       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 15.00.00              | 0.089       |



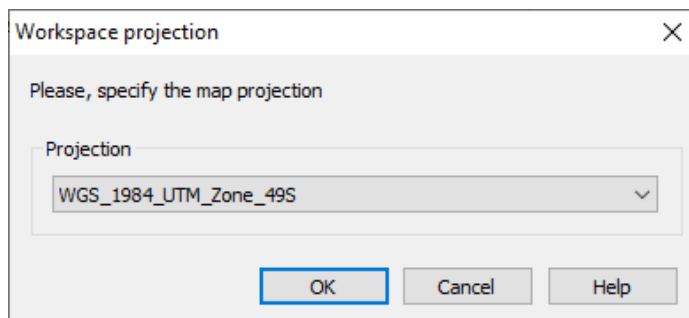
| <b>Lat</b> | <b>Lon</b> | <b>yyyy-mm-dd</b> | <b>hh:mm:ss (UTC)</b> | <b>Z[m]</b> |
|------------|------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 16.00.00              | 0.42        |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 17.00.00              | 0.66        |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 18.00.00              | 0.755       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 19.00.00              | 0.69        |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 20.00.00              | 0.484       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 21.00.00              | 0.192       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 22.00.00              | -0.12       |
| -7.9239    | 110.0822   | 17/07/2006        | 23.00.00              | -0.36       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 00.00.00              | -0.5        |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 01.00.00              | -0.5        |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 02.00.00              | -0.37       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 03.00.00              | -0.16       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 04.00.00              | 0.075       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 05.00.00              | 0.26        |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 06.00.00              | 0.347       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 07.00.00              | 0.311       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 08.00.00              | 0.161       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 09.00.00              | -0.06       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 10.00.00              | -0.31       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 11.00.00              | -0.5        |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 12.00.00              | -0.58       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 13.00.00              | -0.54       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 14.00.00              | -0.36       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 15.00.00              | -0.09       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 16.00.00              | 0.216       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 17.00.00              | 0.493       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 18.00.00              | 0.68        |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 19.00.00              | 0.739       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 20.00.00              | 0.658       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 21.00.00              | 0.461       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 22.00.00              | 0.195       |
| -7.9239    | 110.0822   | 18/07/2006        | 23.00.00              | -0.08       |

**LAMPIRAN III**  
***SEQUENCE INPUT DATA***

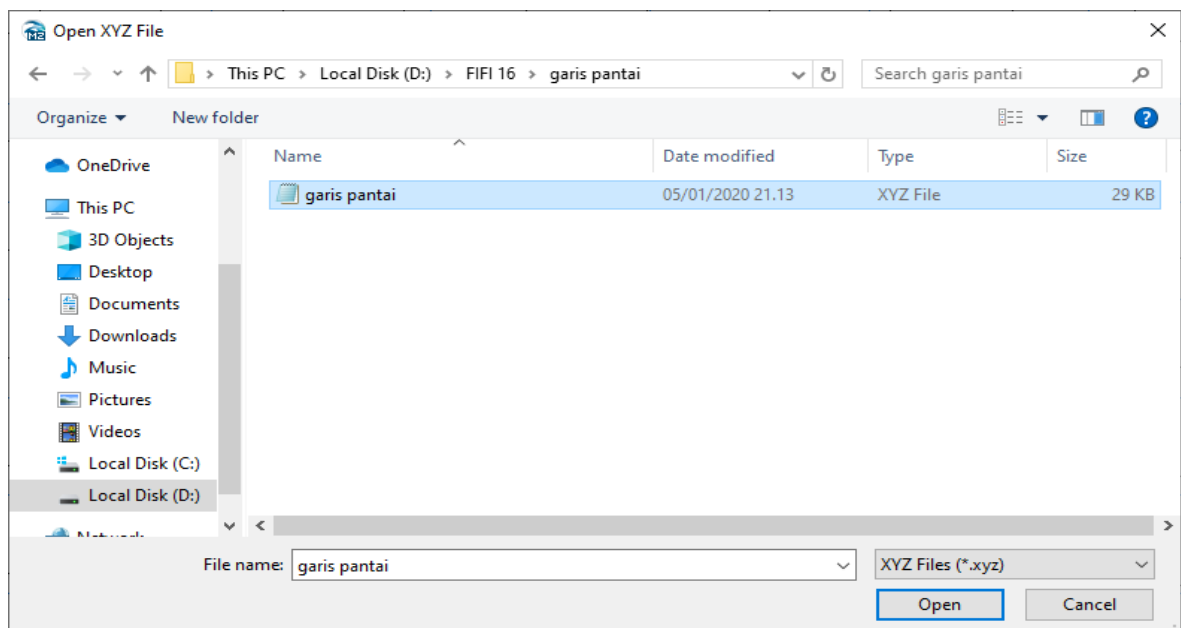
### 1. Membuat domain pada Mesh Generator



### 2. Menentukan datum model



### 3. Input garis pantai



#### 4. Setting batasan garis pantai

**Boundary Properties** [X]

Please specify the layout of the data file, the projection of the data and whether the points in the data constitute a single arc or multiple arcs.

**Column sequence**

- X, Y, Connectivity and Z
- X, Y, Z and Connectivity
- X, Y and Connectivity

**Arc definition**

- Add all vertices to one arc
- Use connectivity information

Discard arcs with less than:  vertices

**Projection**

Unit of X and Y:

Unit of Z:

#### 5. Input *Initial Condition*

**Manage Scatter Data** [X]

**Scatter Data Files**

| Display                  | Path   | Projection   |
|--------------------------|--|--------------|
| <input type="checkbox"/> | D:\FIFI 16\MODEL BARU\GEMPA2\initialgempa2.xyz | WGS_1984_... |
| <input type="checkbox"/> | D:\FIFI 16\MODEL BARU\GEMPA2\0.755.xyz         | WGS_1984_... |
|                          |  |              |
|                          |  |              |
|                          |  |              |
|                          |  |              |
|                          |  |              |
|                          |  |              |

**Scatter Data**

- All files
- Selected file:

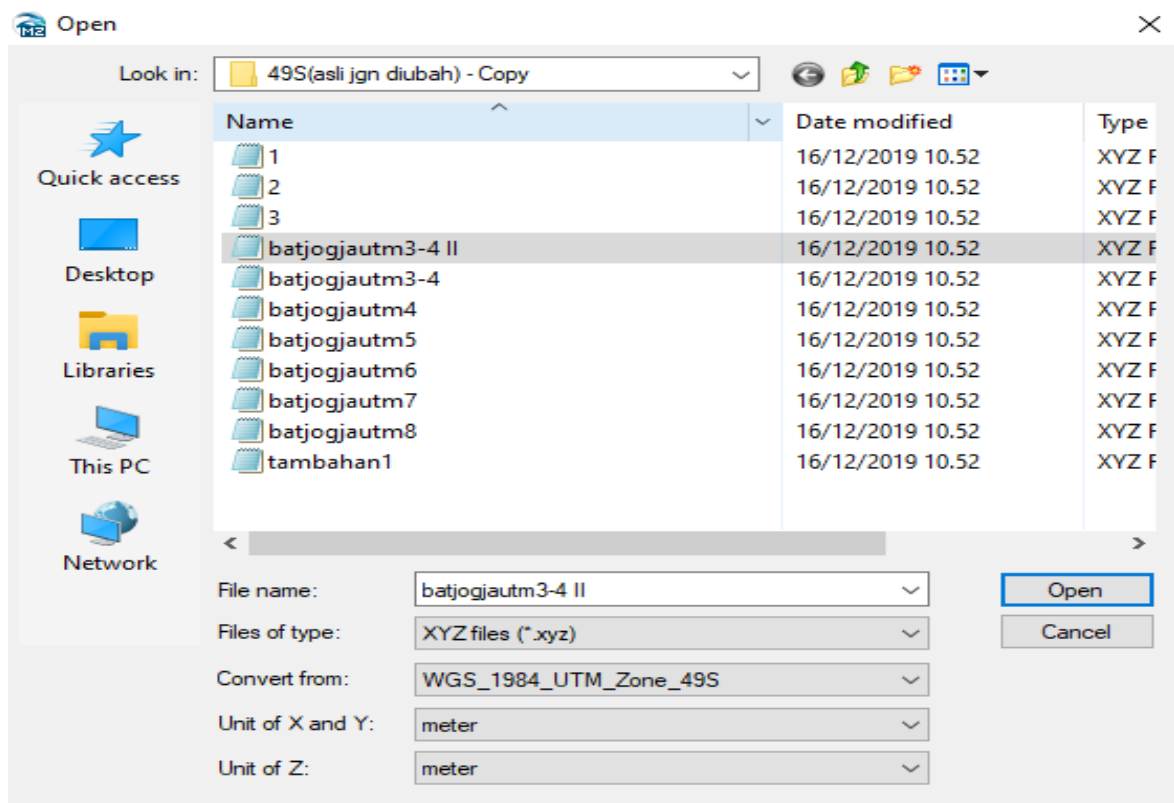
Number of scatter points:

X-range:

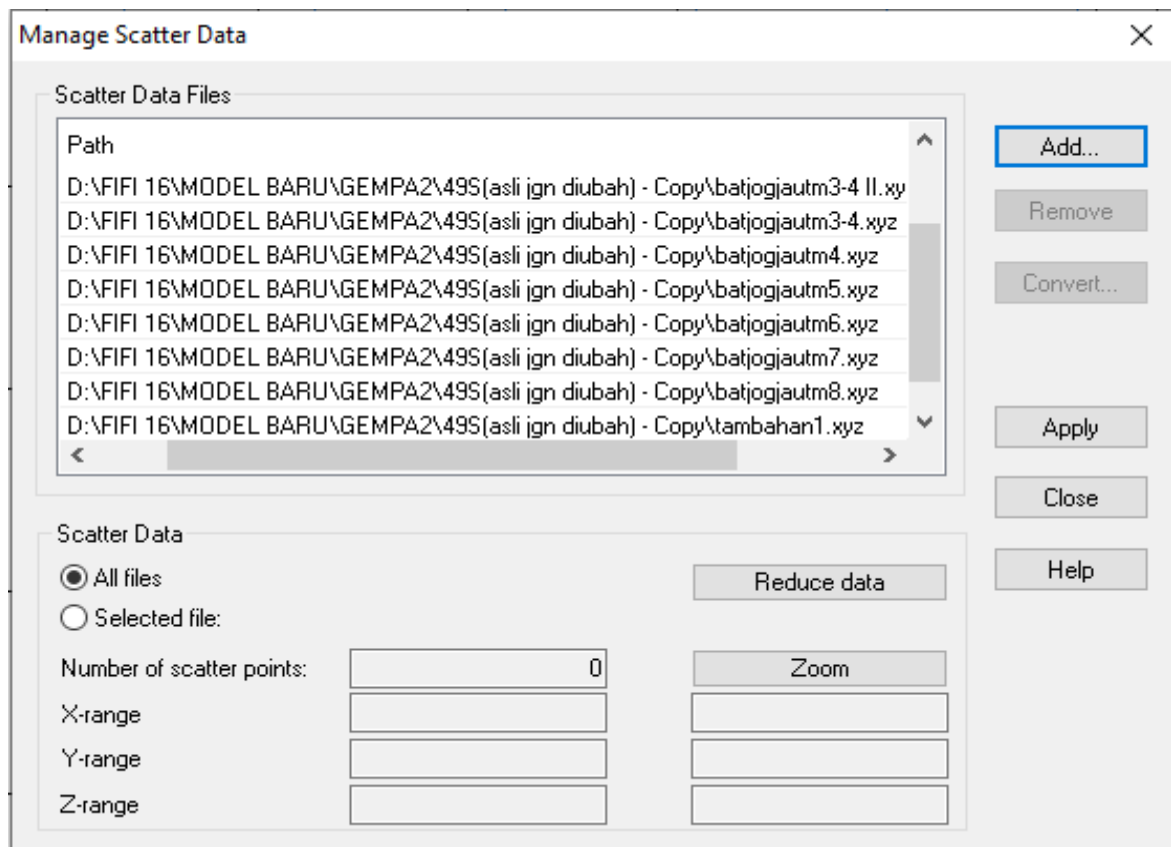
Y-range:

Z-range:

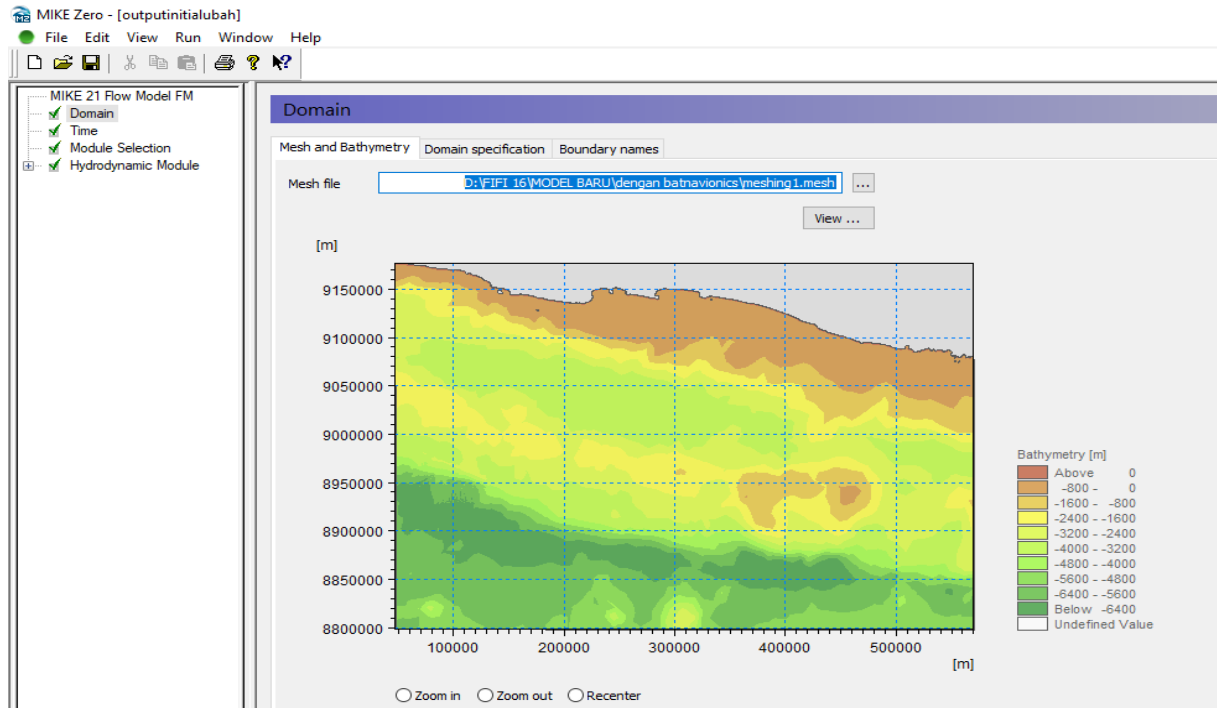
## 6. Input Batimetri



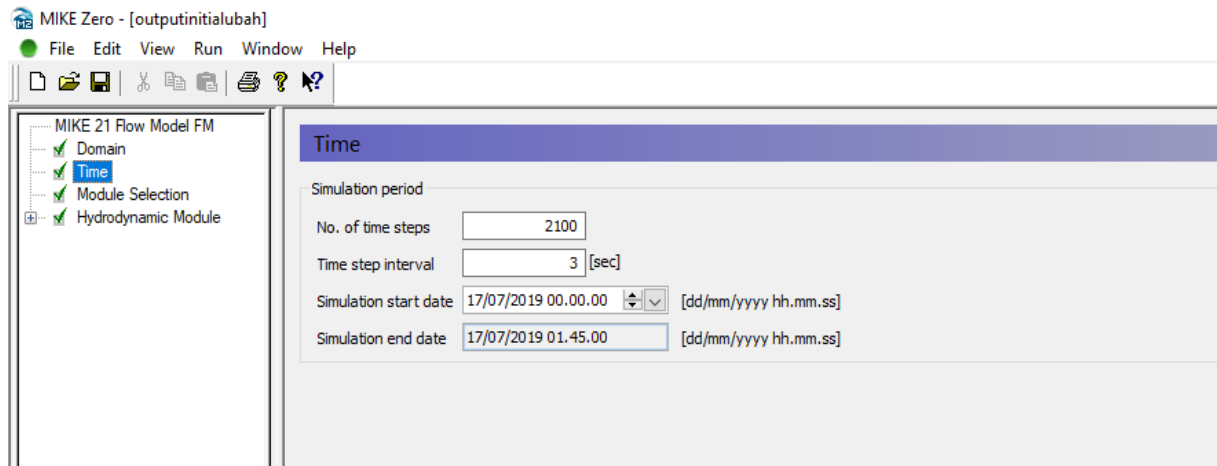
## 7. Data Batimetri



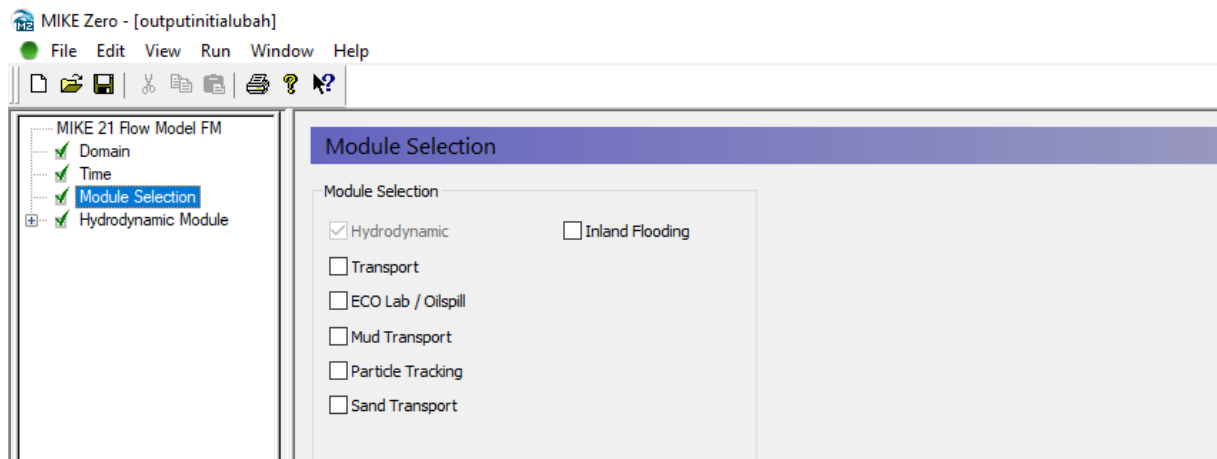
## 8. Input batimetri output model



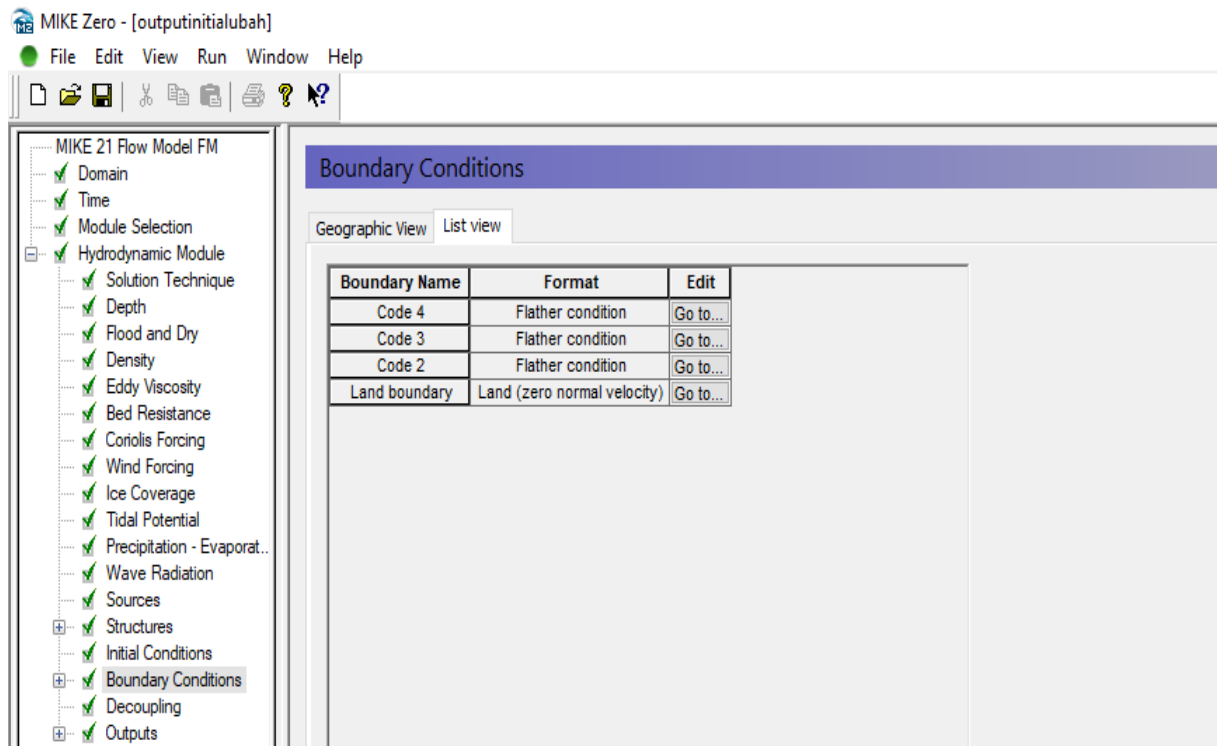
## 9. Setting *time* pemodelan



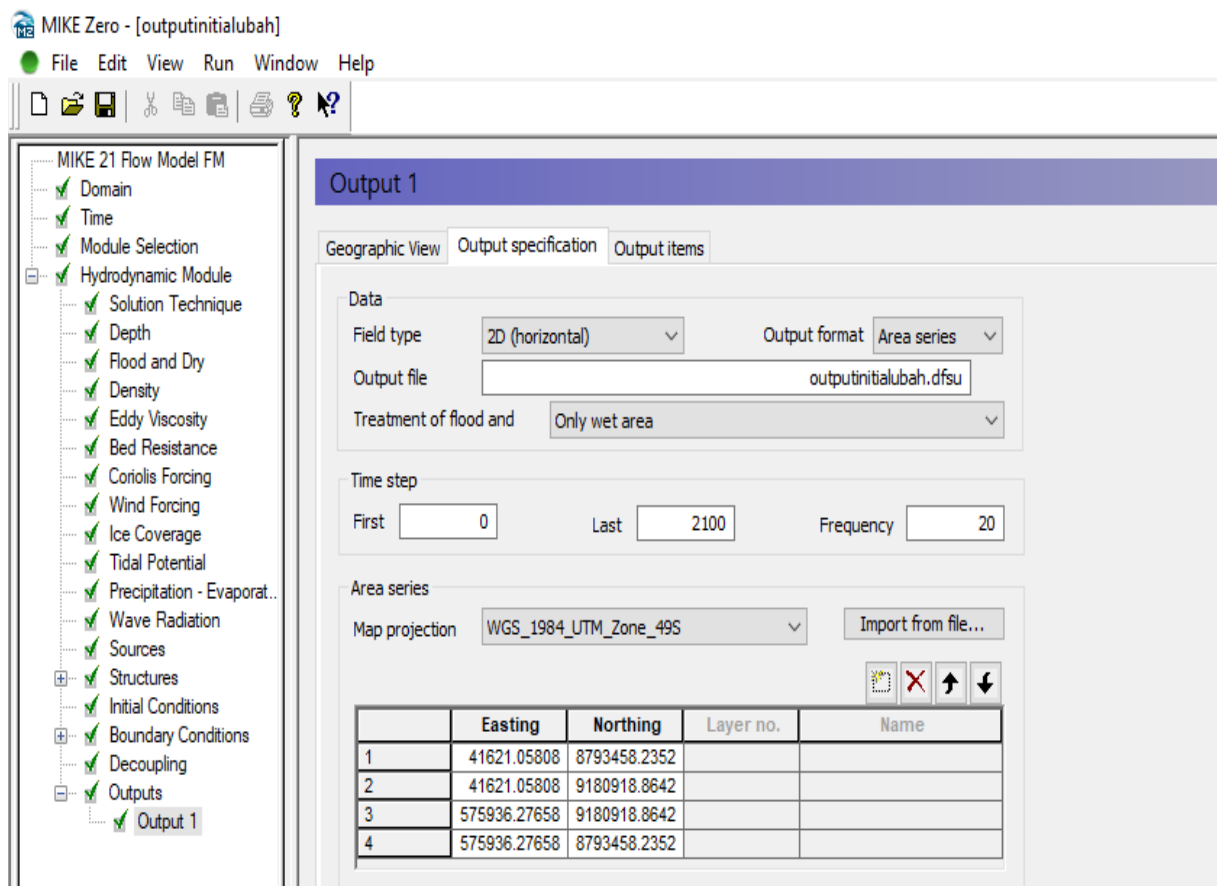
## 10. Setting modul *Hydrodynamic*



## 11. Setting *Boundary Condition* untuk batas darat dan laut

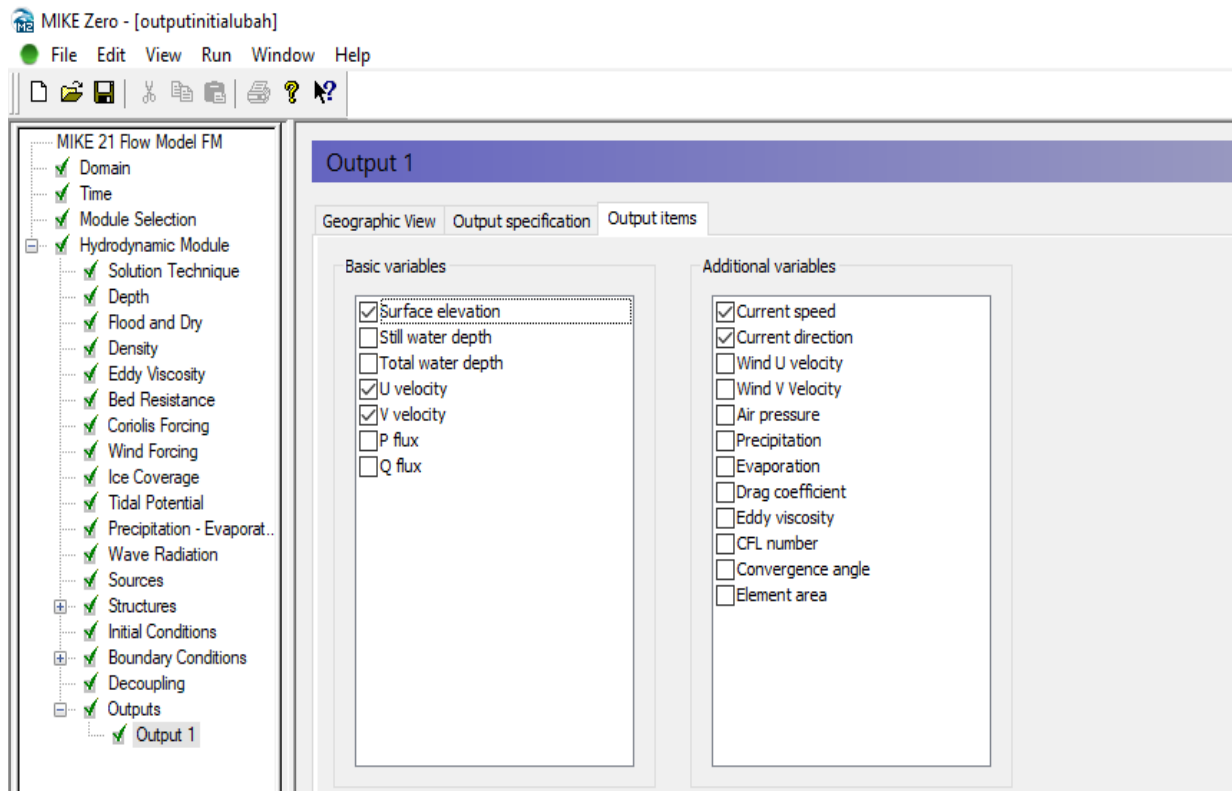


## 12. Setting output specification

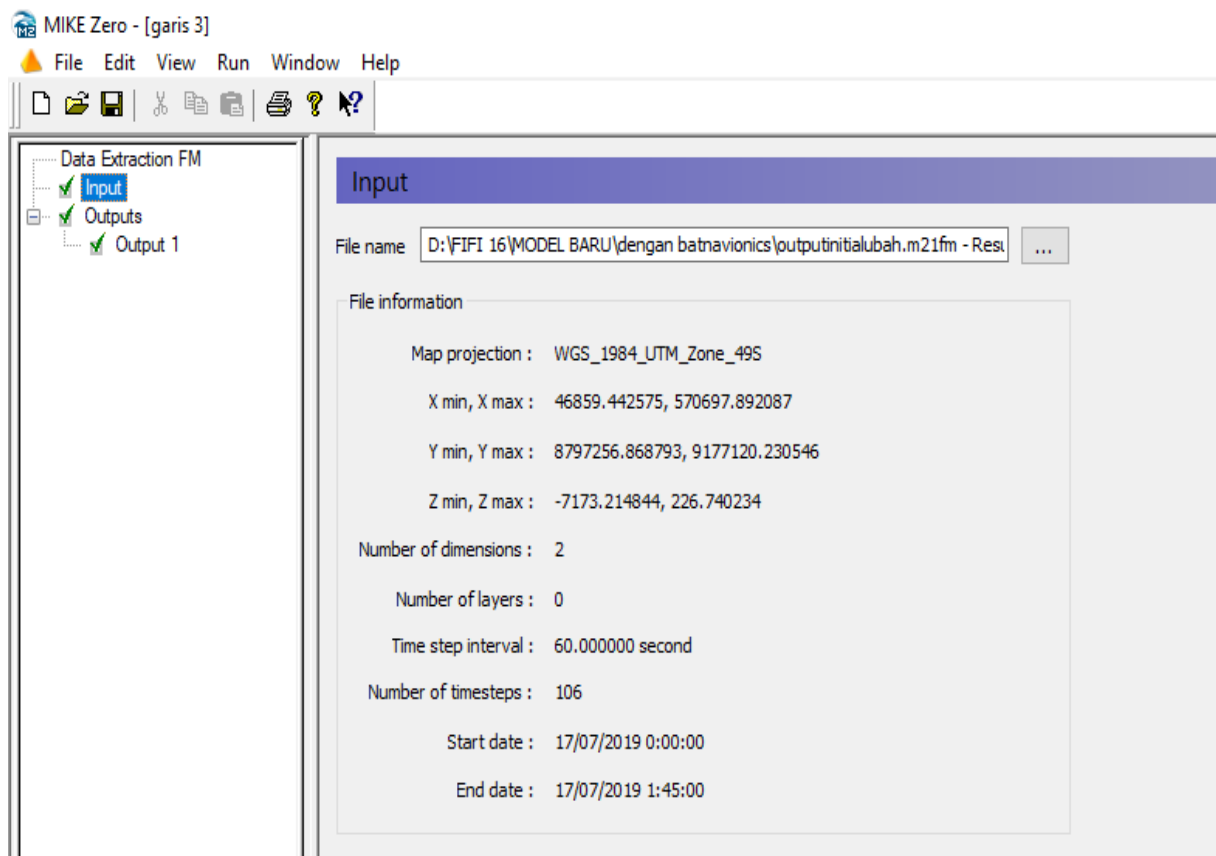




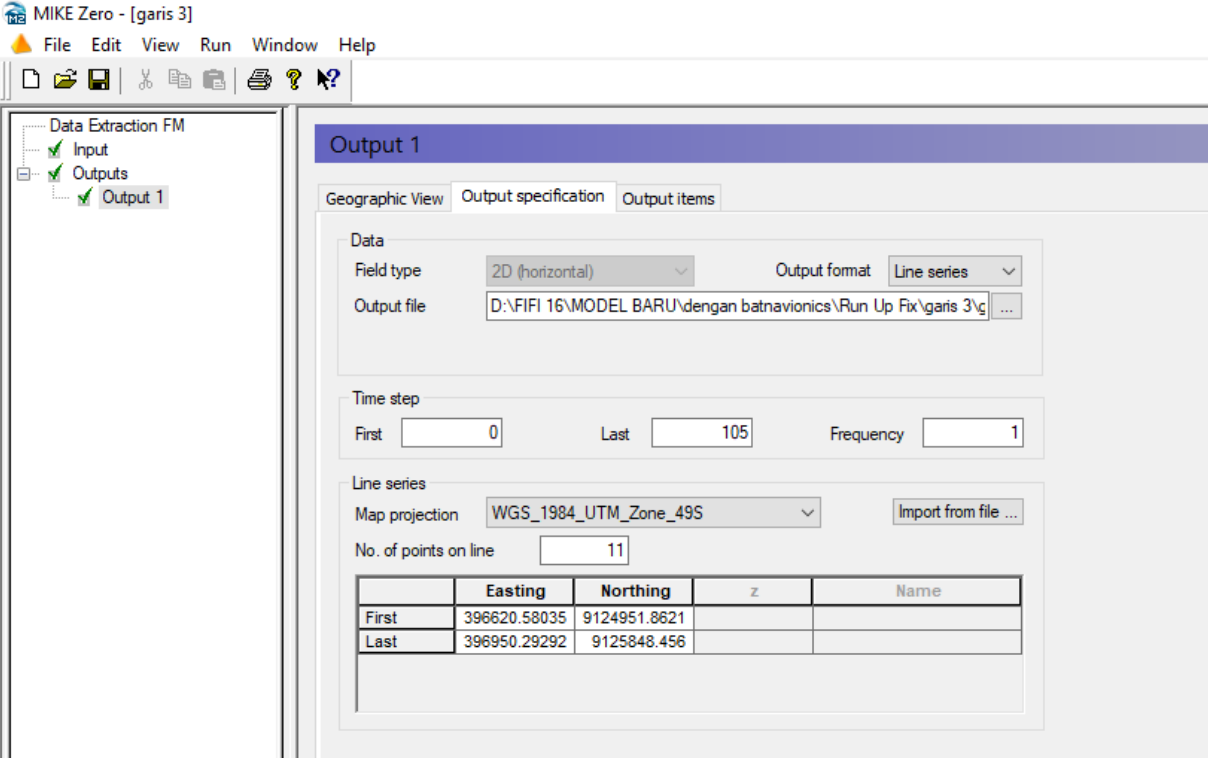
### 13. Setting output items



### 14. Input hasil pemodelan dalam Data Extractor FM



## 15. Setting 11 data elevasi muka air



MIKE Zero - [garis 3]

File Edit View Run Window Help

Data Extraction FM

- Input
- Outputs
  - Output 1

**Output 1**

Geographic View Output specification Output items

Data

Field type: 2D (horizontal) Output format: Line series

Output file: D:\FIFI 16\MODEL BARU\dengan batnavionics\Run Up Fix\garis 3\g...

Time step

First: 0 Last: 105 Frequency: 1

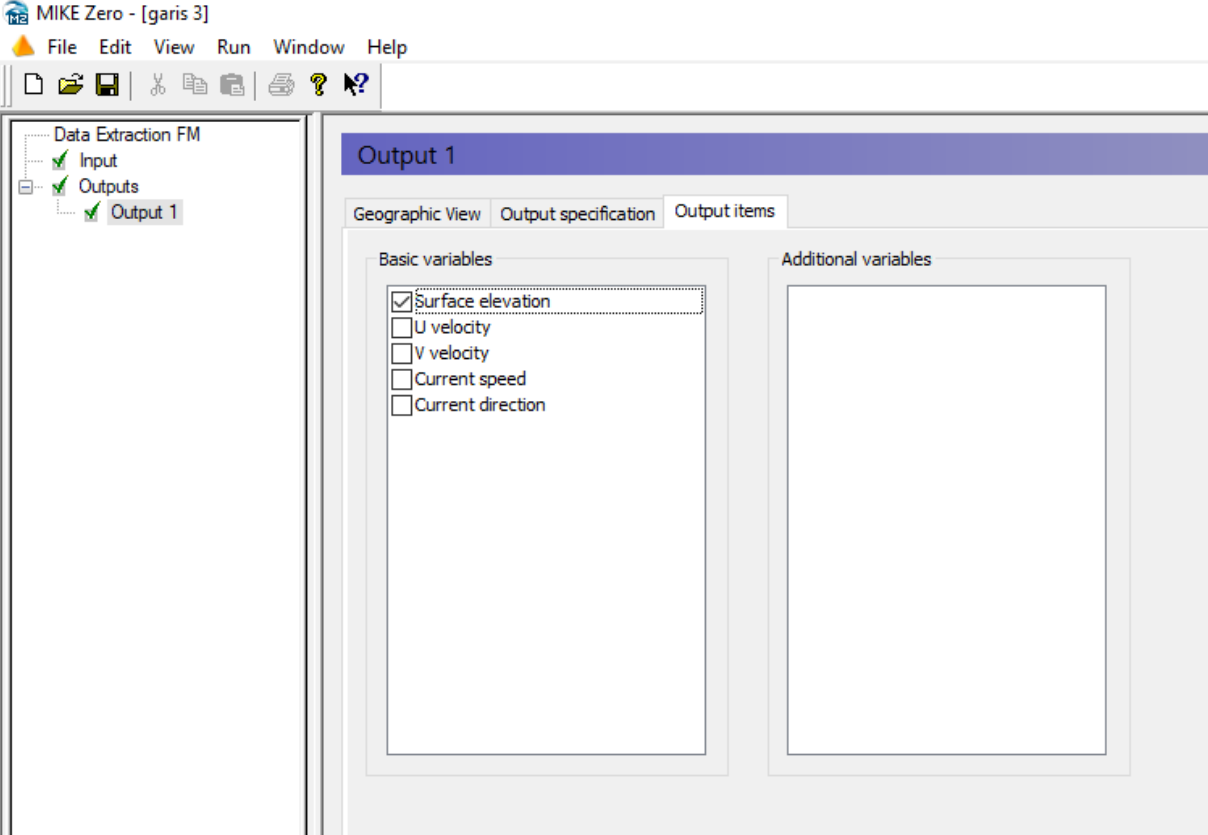
Line series

Map projection: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_49S Import from file ...

No. of points on line: 11

|       | Easting      | Northing     | z | Name |
|-------|--------------|--------------|---|------|
| First | 396620.58035 | 9124951.8621 |   |      |
| Last  | 396950.29292 | 9125848.456  |   |      |

## 16. Seting output item untuk elevasi muka air



MIKE Zero - [garis 3]

File Edit View Run Window Help

Data Extraction FM

- Input
- Outputs
  - Output 1

**Output 1**

Geographic View Output specification Output items

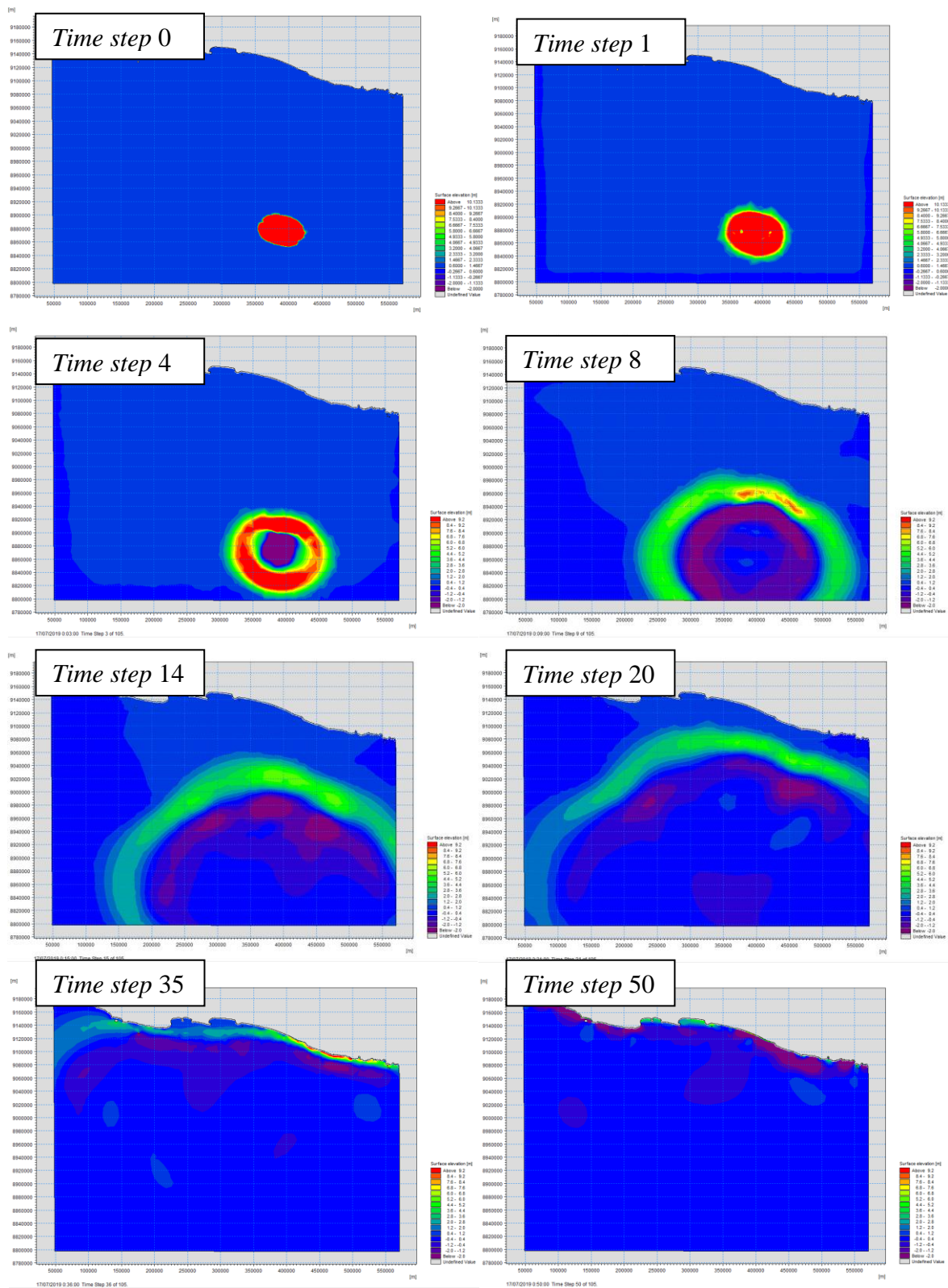
Basic variables

- Surface elevation
- U velocity
- V velocity
- Current speed
- Current direction

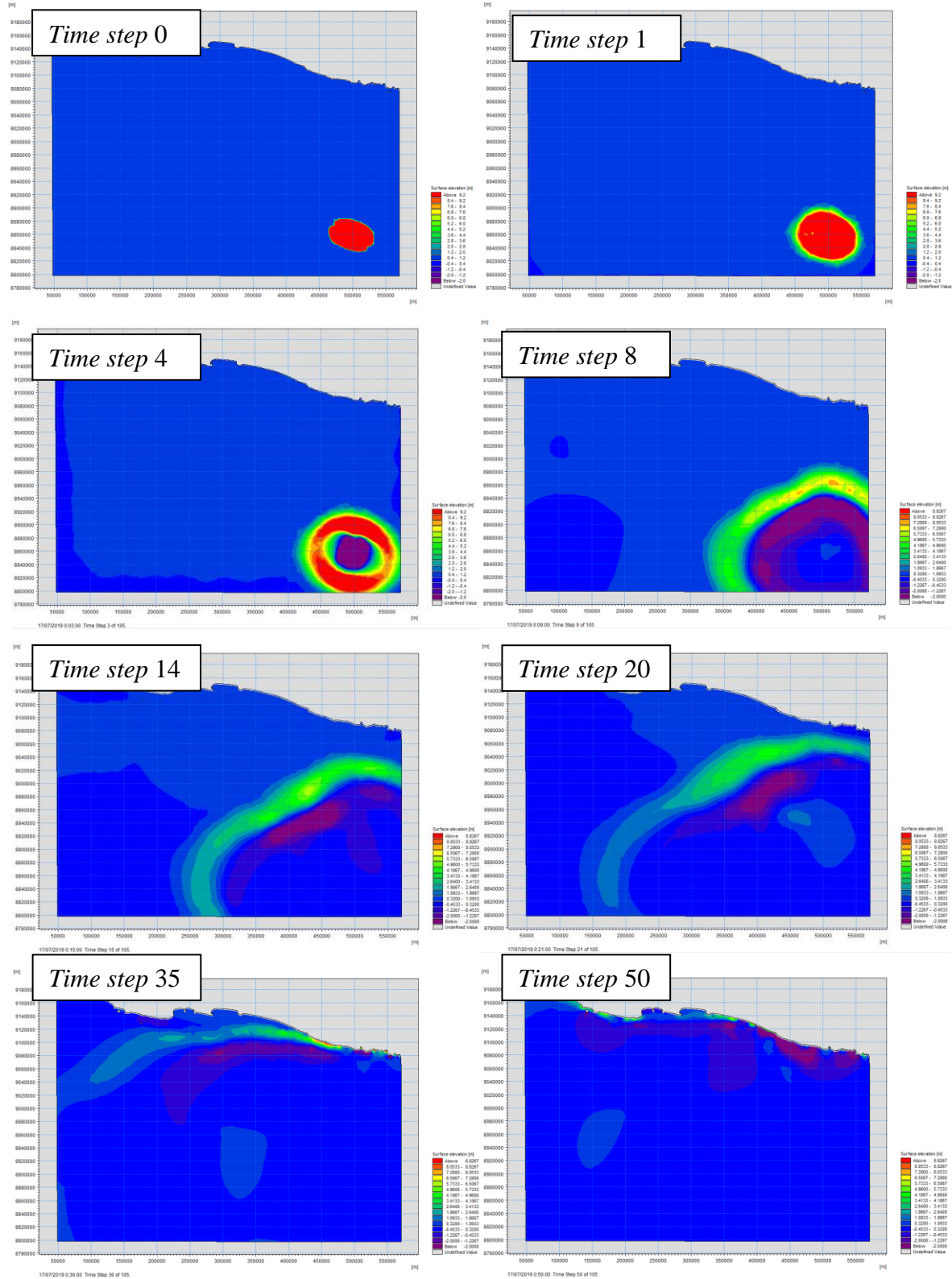
Additional variables

**LAMPIRAN IV**  
**HASIL SIMULASI**  
**PEMODELAN TSUNAMI**

# 1. Hasil pemodelan skenario lokasi gempa 1



## 2. Hasil pemodelan skenario lokasi gempa 2



**LAMPIRAN IV**  
**HASIL SIMULASI**  
**PEMODELAN TSUNAMI**

1. Koordinat titik potong

Berikut merupakan letak titik tinjau 1 sampai 15 dalam datum 49 S dari beberapa titik potong :

| <b>Titik Potong</b> | <b>Titik Tinjau</b> | <b>Easting [m]</b> | <b>Northing [m]</b> |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| A - A'              | 1                   | 99997.015          | 8797998.758         |
|                     | 2                   | 99993.331          | 8824591.921         |
|                     | 3                   | 99989.647          | 8851185.084         |
|                     | 4                   | 99985.963          | 8877778.248         |
|                     | 5                   | 99982.279          | 8904371.411         |
|                     | 6                   | 99978.595          | 8930964.574         |
|                     | 7                   | 99974.911          | 8957557.738         |
|                     | 8                   | 99971.227          | 8984150.901         |
|                     | 9                   | 99967.543          | 9010744.064         |
|                     | 10                  | 99963.859          | 9037337.227         |
|                     | 11                  | 99960.175          | 9063930.391         |
|                     | 12                  | 99956.490          | 9090523.554         |
|                     | 13                  | 99952.806          | 9117116.717         |
|                     | 14                  | 99949.122          | 9143709.881         |
|                     | 15                  | 99945.438          | 9170303.044         |
| B - B'              | 1                   | 200005.160         | 8798451.878         |
|                     | 2                   | 200015.924         | 8822588.811         |
|                     | 3                   | 200026.688         | 8846725.745         |
|                     | 4                   | 200037.453         | 8870862.678         |
|                     | 5                   | 200048.217         | 8894999.612         |
|                     | 6                   | 200058.982         | 8919136.545         |
|                     | 7                   | 200069.746         | 8943273.479         |
|                     | 8                   | 200080.511         | 8967410.412         |
|                     | 9                   | 200091.275         | 8991547.346         |
|                     | 10                  | 200102.039         | 9015684.279         |
|                     | 11                  | 200112.804         | 9039821.213         |
|                     | 12                  | 200123.568         | 9063958.146         |
|                     | 13                  | 200134.333         | 9088095.08          |
|                     | 14                  | 200145.097         | 9112232.013         |



| <b>Titik Potong</b> | <b>Titik Tinjau</b> | <b>Easting [m]</b> | <b>Northing [m]</b> |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                     | 15                  | 200155.862         | 9136368.947         |
| C - C'              | 1                   | 299924.870         | 8797846.631         |
|                     | 2                   | 299911.616         | 8822995.73          |
|                     | 3                   | 299898.361         | 8848144.83          |
|                     | 4                   | 299885.107         | 8873293.929         |
|                     | 5                   | 299871.853         | 8898443.029         |
|                     | 6                   | 299858.598         | 8923592.128         |
|                     | 7                   | 299845.344         | 8948741.227         |
|                     | 8                   | 299832.090         | 8973890.327         |
|                     | 9                   | 299818.836         | 8999039.426         |
|                     | 10                  | 299805.581         | 9024188.526         |
|                     | 11                  | 299792.327         | 9049337.625         |
|                     | 12                  | 299779.073         | 9074486.725         |
|                     | 13                  | 299765.818         | 9099635.824         |
|                     | 14                  | 299752.564         | 9124784.923         |
|                     | 15                  | 299739.310         | 9149934.023         |
| D - D'              | 1                   | 400004.357         | 8797553.572         |
|                     | 2                   | 400004.331         | 8820913.652         |
|                     | 3                   | 400004.306         | 8844273.732         |
|                     | 4                   | 400004.281         | 8867633.812         |
|                     | 5                   | 400004.255         | 8890993.892         |
|                     | 6                   | 400004.230         | 8914353.972         |
|                     | 7                   | 400004.204         | 8937714.052         |
|                     | 8                   | 400004.179         | 8961074.131         |
|                     | 9                   | 400004.154         | 8984434.211         |
|                     | 10                  | 400004.128         | 9007794.291         |
|                     | 11                  | 400004.103         | 9031154.371         |
|                     | 12                  | 400004.078         | 9054514.451         |
|                     | 13                  | 400004.052         | 9077874.531         |
|                     | 14                  | 400004.027         | 9101234.611         |
|                     | 15                  | 400004.001         | 9124594.691         |
| E - E'              | 1                   | 500083.843         | 8797553.572         |
|                     | 2                   | 500069.702         | 8818314.646         |

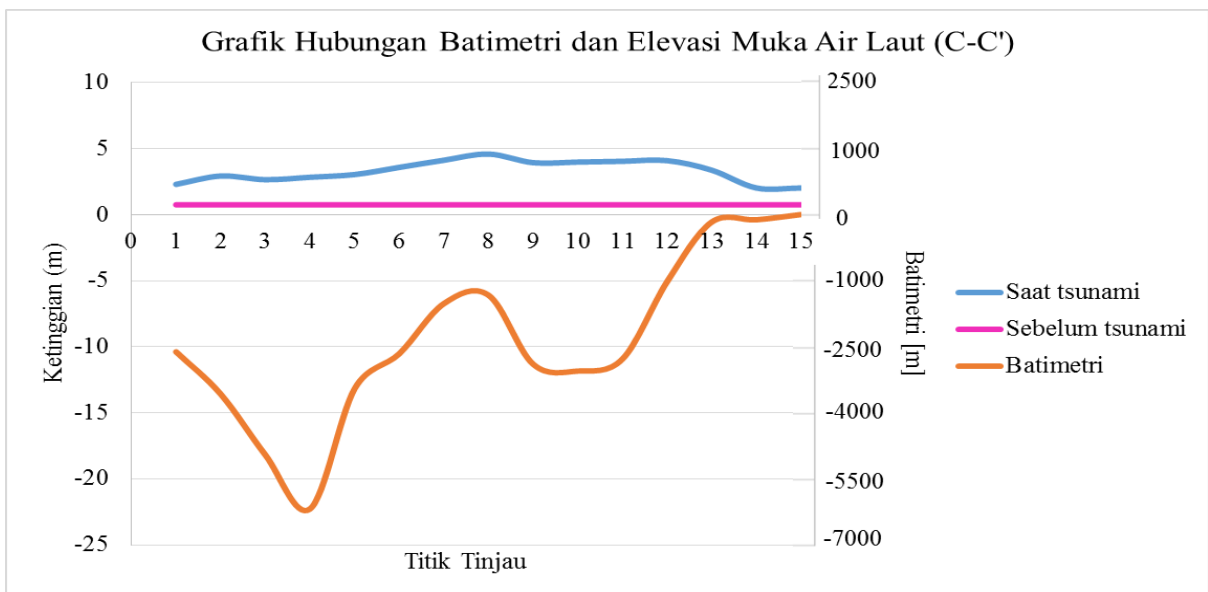
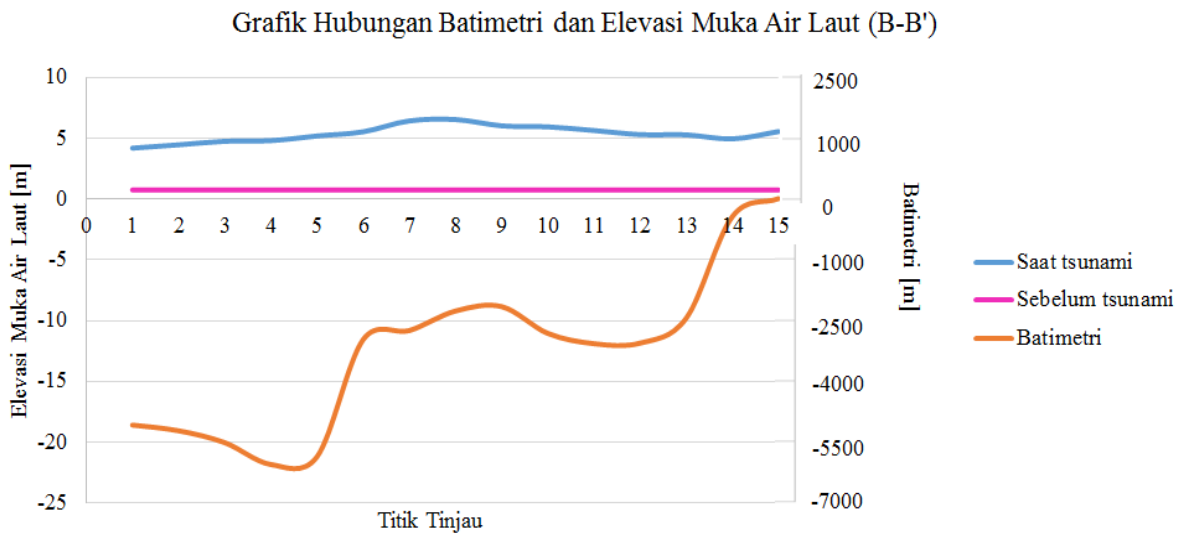
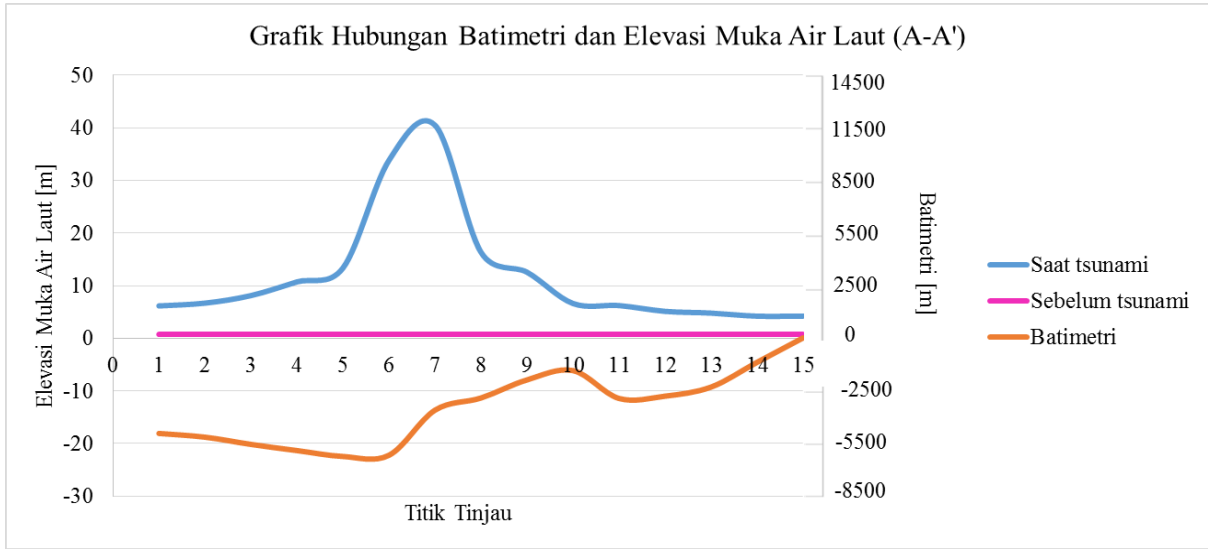
| <b>Titik Potong</b> | <b>Titik Tinjau</b> | <b>Easting [m]</b> | <b>Northing [m]</b> |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                     | 3                   | 500055.560         | 8839075.721         |
|                     | 4                   | 500041.418         | 8859836.795         |
|                     | 5                   | 500027.277         | 8880597.869         |
|                     | 6                   | 500013.135         | 8901358.943         |
|                     | 7                   | 499998.993         | 8922120.017         |
|                     | 8                   | 499984.852         | 8942881.091         |
|                     | 9                   | 499970.710         | 8963642.166         |
|                     | 10                  | 499956.568         | 8984403.24          |
|                     | 11                  | 499942.427         | 9005164.314         |
|                     | 12                  | 499928.285         | 9025925.388         |
|                     | 13                  | 499914.143         | 9046686.462         |
|                     | 14                  | 499900.001         | 9067447.536         |
|                     | 15                  | 499885.860         | 9088208.611         |

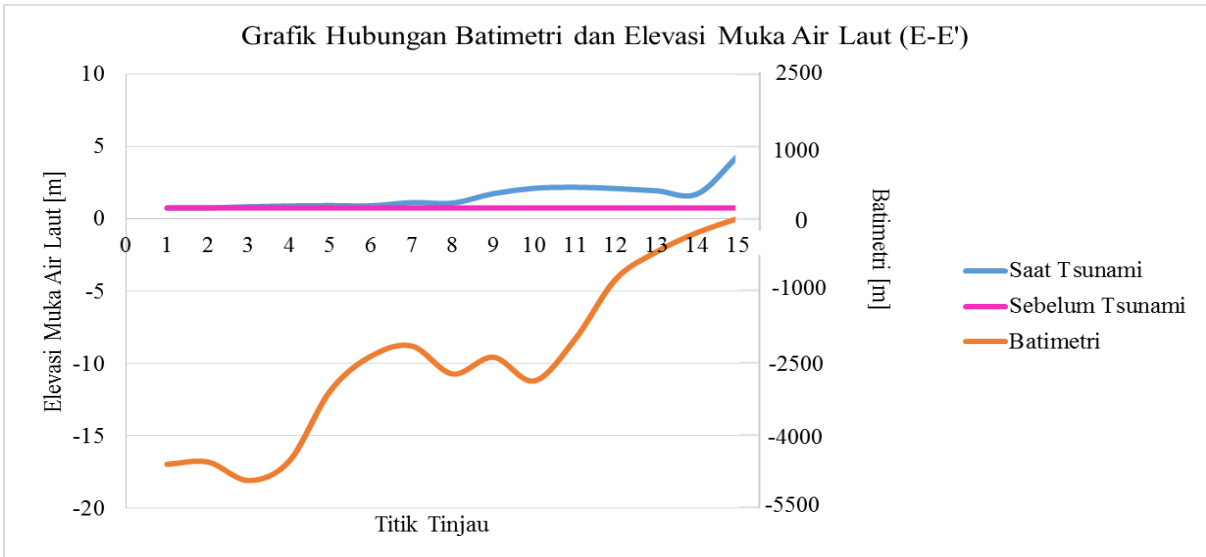
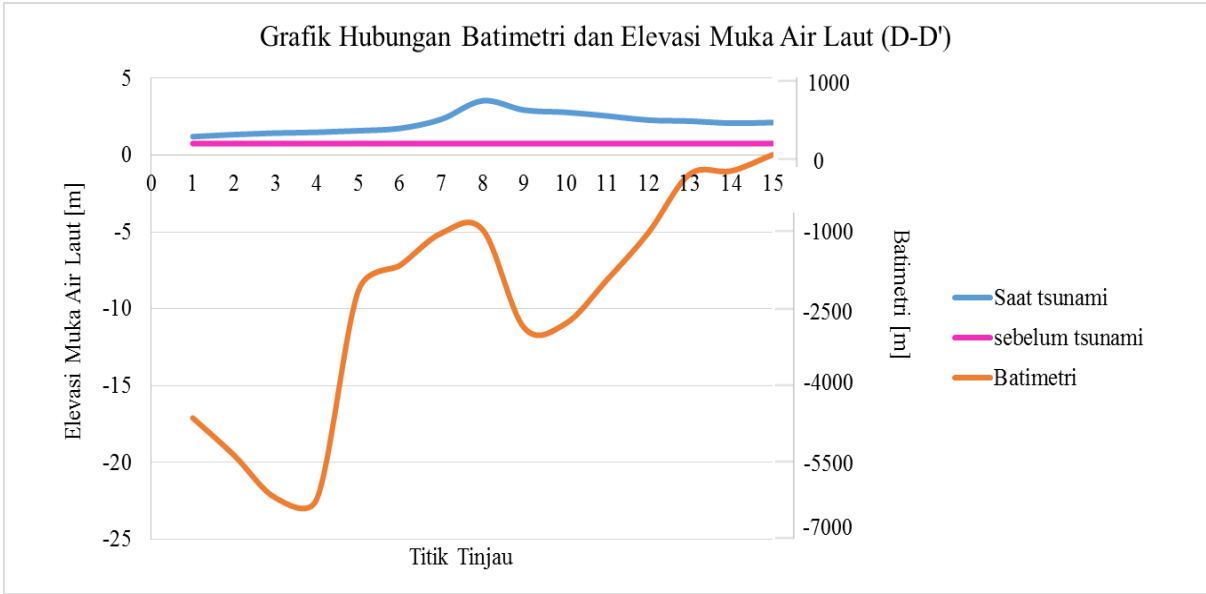
2. Koordinat titik potong *run up*

| <b>Titik Potong</b> | <b>Titik Tinjau</b> | <b>Easting [m]</b> | <b>Northing [m]</b> |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| X - X'              | 1                   | 394325.375         | 9125836.841         |
|                     | 2                   | 394355.617         | 9125932.574         |
|                     | 3                   | 394385.860         | 9126028.307         |
|                     | 4                   | 394416.102         | 9126124.040         |
|                     | 5                   | 394446.344         | 9126219.773         |
|                     | 6                   | 394476.586         | 9126315.506         |
|                     | 7                   | 394506.828         | 9126411.239         |
|                     | 8                   | 394537.071         | 9126506.972         |
|                     | 9                   | 394567.313         | 9126602.705         |
|                     | 10                  | 394597.555         | 9126698.438         |
|                     | 11                  | 394627.797         | 9126794.171         |
| Y - Y'              | 1                   | 395540.752         | 9125524.768         |
|                     | 2                   | 395567.797         | 9125603.715         |
|                     | 3                   | 395594.843         | 9125682.663         |
|                     | 4                   | 395621.888         | 9125761.610         |
|                     | 5                   | 395648.934         | 9125840.558         |
|                     | 6                   | 395675.980         | 9125919.505         |
|                     | 7                   | 395703.025         | 9125998.453         |
|                     | 8                   | 395730.071         | 9126077.400         |
|                     | 9                   | 395757.116         | 9126156.348         |
|                     | 10                  | 395784.162         | 9126235.295         |
|                     | 11                  | 395811.208         | 9126314.242         |
| Z - Z'              | 1                   | 396620.580         | 9124951.862         |
|                     | 2                   | 396653.552         | 9125041.522         |
|                     | 3                   | 396686.523         | 9125131.181         |
|                     | 4                   | 396719.494         | 9125220.840         |
|                     | 5                   | 396752.465         | 9125310.500         |
|                     | 6                   | 396785.437         | 9125400.159         |
|                     | 7                   | 396818.408         | 9125489.818         |
|                     | 8                   | 396851.379         | 9125579.478         |
|                     | 9                   | 396884.350         | 9125669.137         |
|                     | 10                  | 396917.322         | 9125758.797         |
|                     | 11                  | 396950.293         | 9125848.456         |

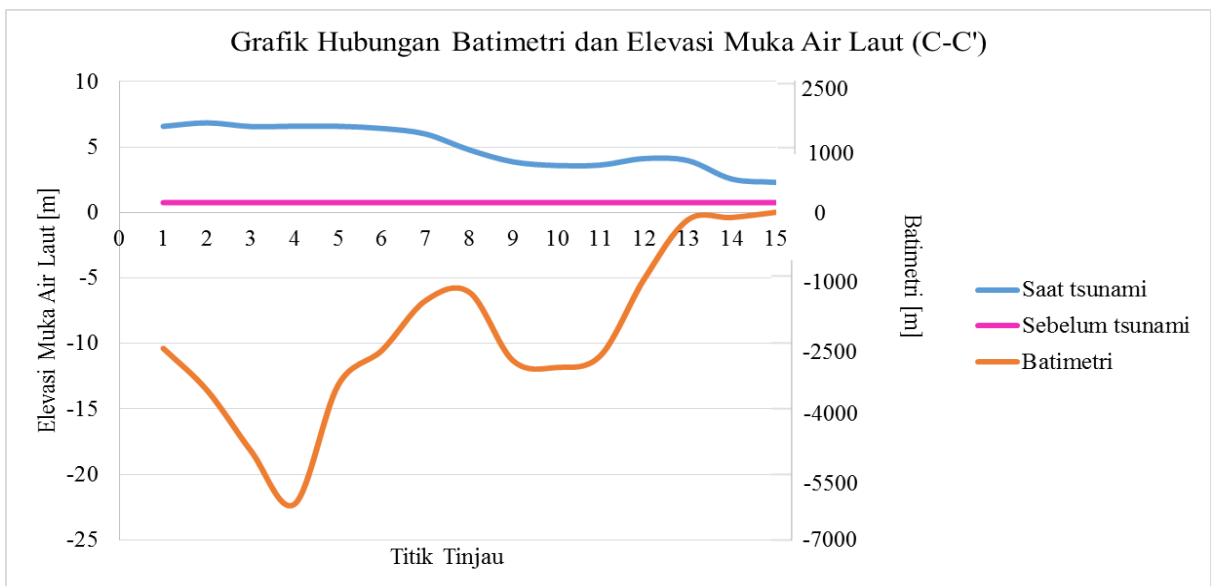
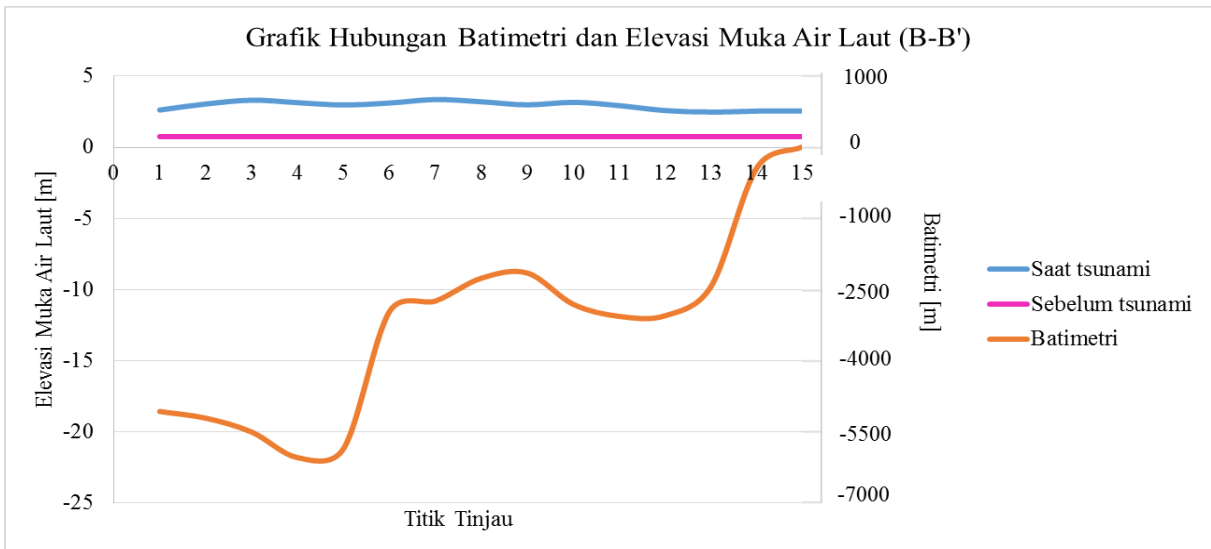
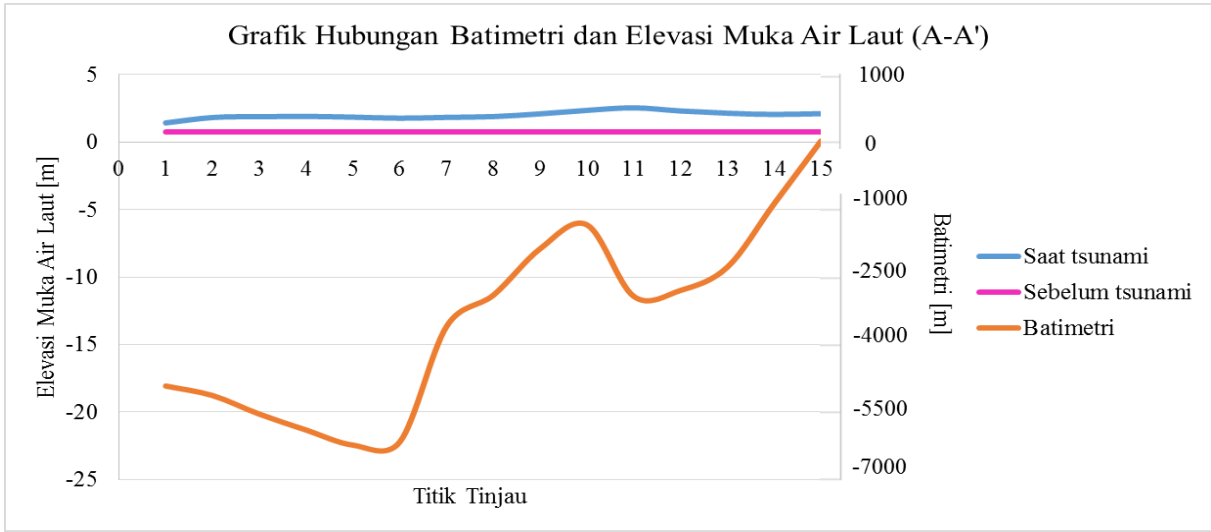
**LAMPIRAN VI**  
**GRAFIK HASIL PEMODELAN**

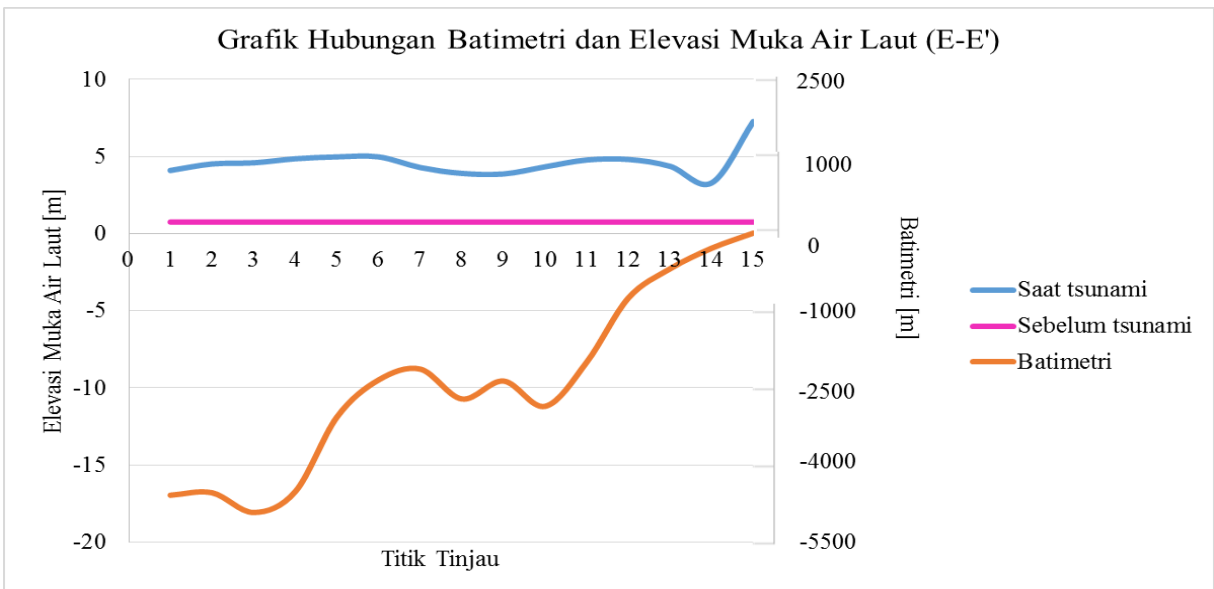
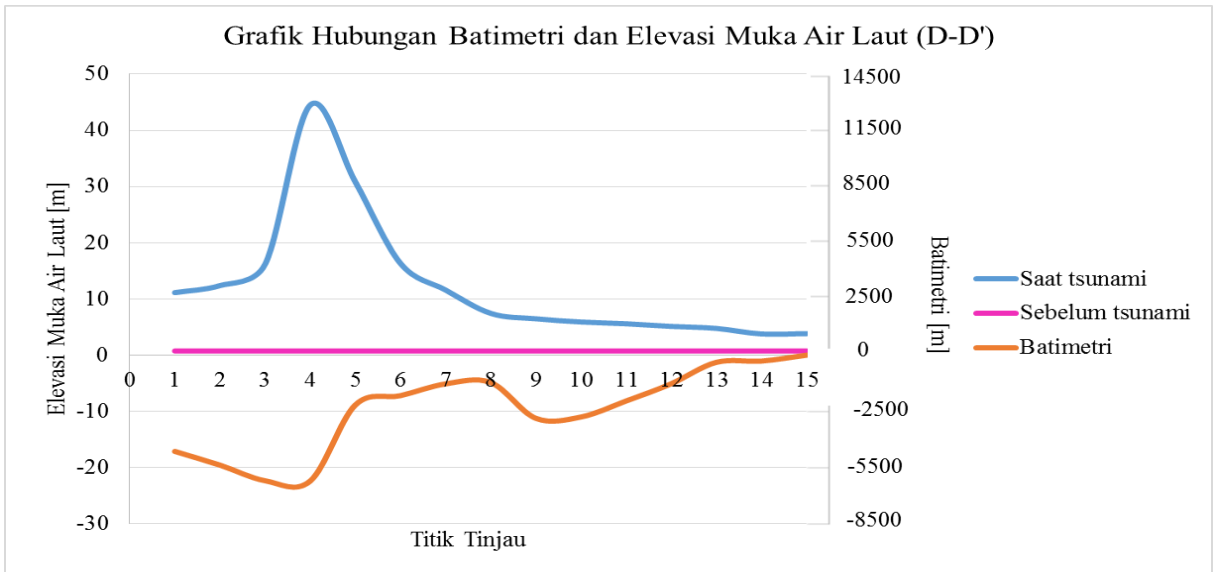
# 1. Gempa 17 Juli 2006





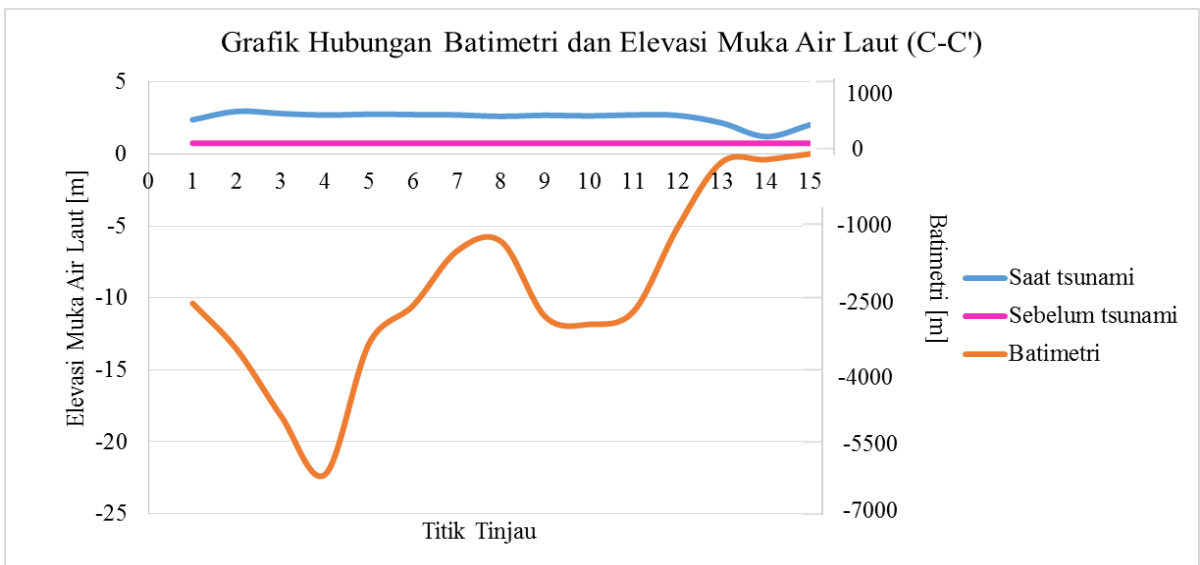
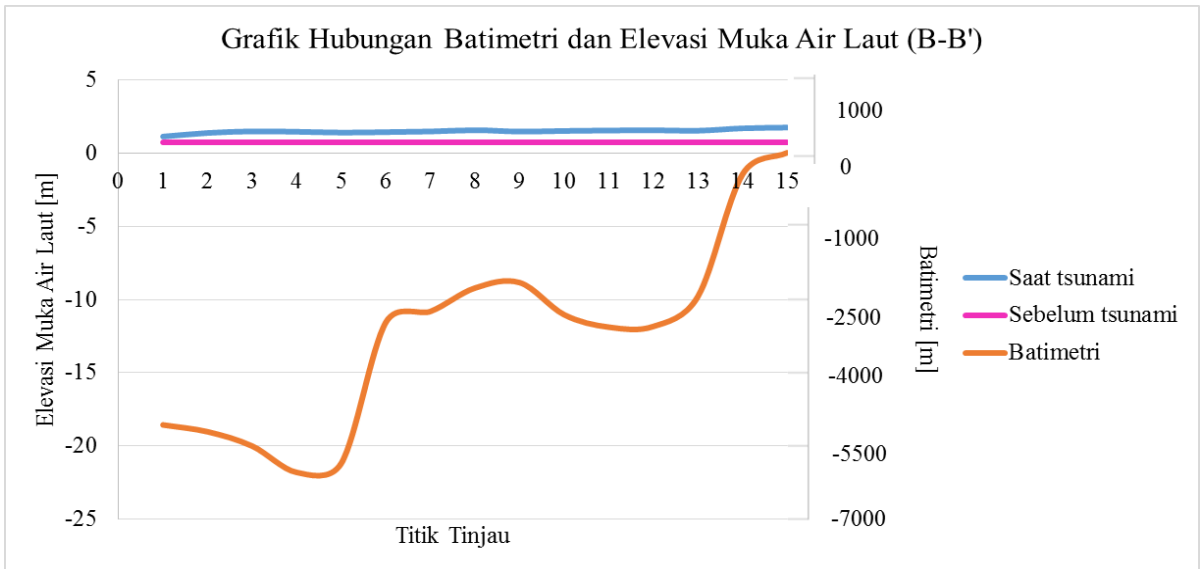
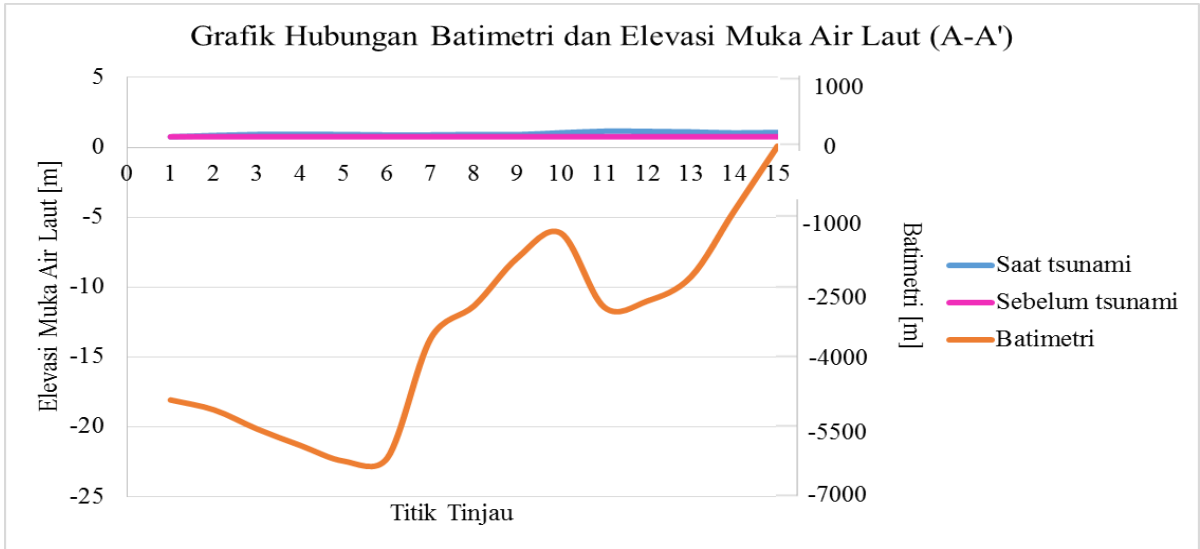
## 2. Skenario Lokasi Gempa 1

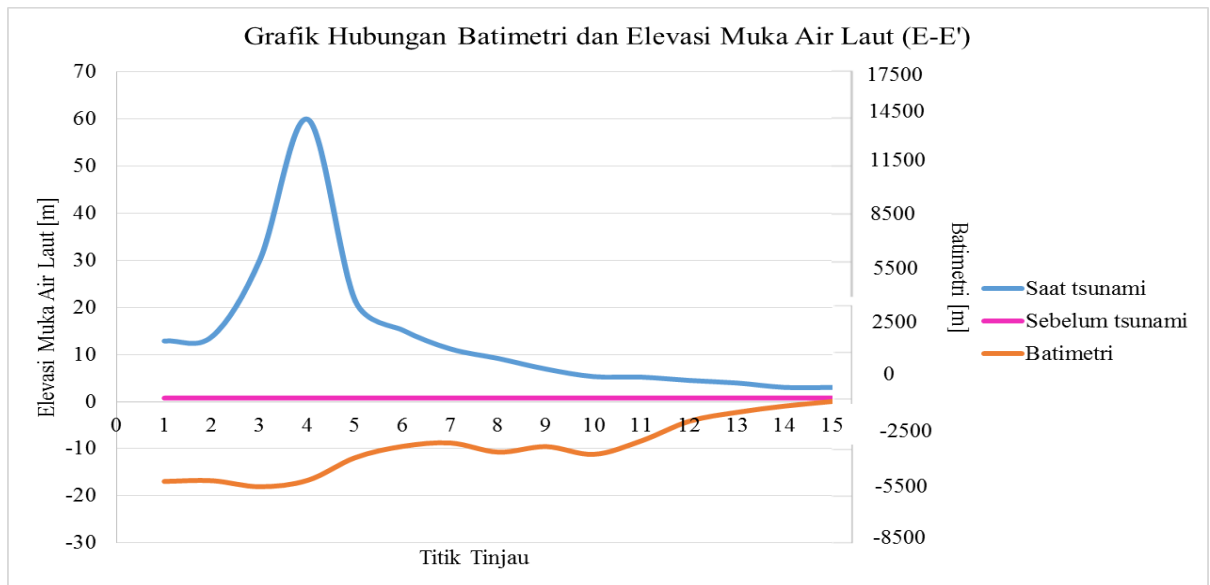
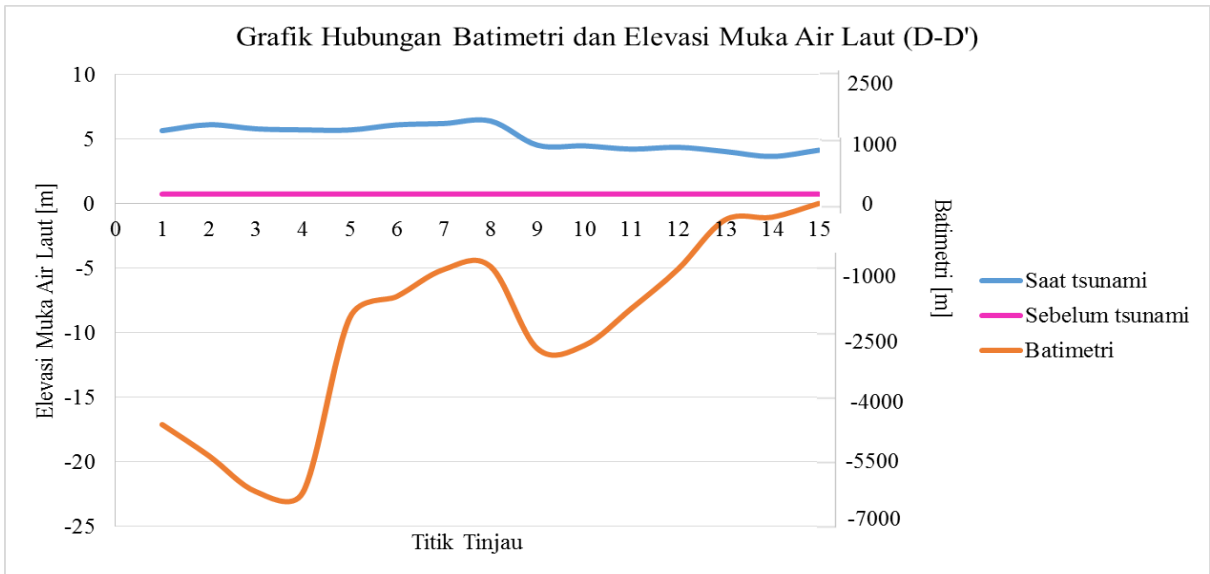






### 3. Skenario Lokasi Gempa 2





**LAMPIRAN VII**  
**OUTPUT DATA**  
***EXTRACTOR FM***

1. Tabel perbandingan elevasi muka air pada *Intial Condition*

| Waktu (jam) | Validasi | Initial Condition |       |       |
|-------------|----------|-------------------|-------|-------|
|             |          | 50                | 55    | 60    |
| 0           | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.016666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.033333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.05        | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.066666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.083333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.1         | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.116666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.133333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.15        | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.166666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.183333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.2         | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.216666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.233333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.25        | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.266666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.283333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.3         | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.316666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.333333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.35        | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.366666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.383333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.4         | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.416666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.433333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.45        | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.466666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.483333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.5         | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.516666667 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |
| 0.533333333 | 6        | 0.755             | 0.755 | 0.755 |

| Waktu (jam) | Validasi | Initial Condition |         |         |
|-------------|----------|-------------------|---------|---------|
|             |          | 50                | 55      | 60      |
| 0.55        | 6        | 0.755             | 0.755   | 0.755   |
| 0.566666667 | 6        | 0.755             | 0.755   | 0.755   |
| 0.583333333 | 6        | 0.755             | 0.755   | 0.755   |
| 0.6         | 6        | 0.755             | 0.755   | 0.755   |
| 0.616666667 | 6        | 0.755             | 0.755   | 0.755   |
| 0.633333333 | 6        | 0.75498           | 0.75498 | 0.75498 |
| 0.65        | 6        | 0.75486           | 0.75486 | 0.75486 |
| 0.666666667 | 6        | 0.75392           | 0.75391 | 0.75391 |
| 0.683333333 | 6        | 0.74726           | 0.74721 | 0.74717 |
| 0.7         | 6        | 0.72434           | 0.72423 | 0.72414 |
| 0.716666667 | 6        | 0.68582           | 0.6858  | 0.68578 |
| 0.733333333 | 6        | 0.66485           | 0.6655  | 0.66601 |
| 0.75        | 6        | 0.81738           | 0.82268 | 0.82694 |
| 0.766666667 | 6        | 1.56972           | 1.59905 | 1.62292 |
| 0.783333333 | 6        | 3.05041           | 3.12706 | 3.18942 |
| 0.8         | 6        | 4.49612           | 4.61313 | 4.70879 |
| 0.816666667 | 6        | 5.51582           | 5.64712 | 5.75159 |
| 0.833333333 | 6        | 5.76936           | 5.89604 | 5.99565 |
| 0.85        | 6        | 5.09557           | 5.19784 | 5.27829 |
| 0.866666667 | 6        | 3.77566           | 3.86025 | 3.93589 |
| 0.883333333 | 6        | 2.19923           | 2.25402 | 2.29457 |
| 0.9         | 6        | 0.37689           | 0.4186  | 0.45311 |
| 0.916666667 | 6        | -1.5271           | -1.4959 | -1.4701 |
| 0.933333333 | 6        | -3.2486           | -3.2495 | -3.2515 |
| 0.95        | 6        | -4.7188           | -4.7282 | -4.7349 |
| 0.966666667 | 6        | -5.8286           | -5.8494 | -5.8643 |
| 0.983333333 | 6        | -6.7142           | -6.7427 | -6.7686 |
| 1           | 6        | -7.3664           | -7.4087 | -7.4434 |
| 1.016666667 | 6        | -7.6232           | -7.6809 | -7.7264 |
| 1.033333333 | 6        | -7.4696           | -7.5456 | -7.5933 |
| 1.05        | 6        | -6.947            | -7.025  | -7.1023 |
| 1.066666667 | 6        | -6.2426           | -6.3236 | -6.3973 |
| 1.083333333 | 6        | -5.6073           | -5.6937 | -5.7437 |
| 1.1         | 6        | -5.0127           | -5.0899 | -5.1571 |

| Waktu (jam) | Validasi | Initial Condition |         |         |
|-------------|----------|-------------------|---------|---------|
|             |          | 50                | 55      | 60      |
| 1.116666667 | 6        | -4.5301           | -4.6124 | -4.6734 |
| 1.133333333 | 6        | -4.1131           | -4.1766 | -4.2359 |
| 1.15        | 6        | -3.6358           | -3.6967 | -3.7534 |
| 1.166666667 | 6        | -3.0903           | -3.1573 | -3.2083 |
| 1.183333333 | 6        | -2.5376           | -2.5995 | -2.6378 |
| 1.2         | 6        | -1.9719           | -2.0014 | -2.0209 |
| 1.216666667 | 6        | -1.3334           | -1.3517 | -1.3915 |
| 1.233333333 | 6        | -0.5921           | -0.6247 | -0.6404 |
| 1.25        | 6        | 0.32211           | 0.31277 | 0.31121 |
| 1.266666667 | 6        | 1.31221           | 1.323   | 1.32782 |
| 1.283333333 | 6        | 2.32376           | 2.3407  | 2.35459 |
| 1.3         | 6        | 3.18522           | 3.21144 | 3.23508 |
| 1.316666667 | 6        | 3.76266           | 3.7953  | 3.82149 |
| 1.333333333 | 6        | 4.02819           | 4.06568 | 4.09628 |
| 1.35        | 6        | 4.10429           | 4.13503 | 4.16015 |
| 1.366666667 | 6        | 3.93319           | 3.96216 | 3.9836  |
| 1.383333333 | 6        | 3.60147           | 3.62702 | 3.64836 |
| 1.4         | 6        | 3.21956           | 3.23106 | 3.24021 |
| 1.416666667 | 6        | 2.80059           | 2.81157 | 2.81837 |
| 1.433333333 | 6        | 2.31353           | 2.32307 | 2.33235 |
| 1.45        | 6        | 1.79183           | 1.79663 | 1.80064 |
| 1.466666667 | 6        | 1.29756           | 1.30129 | 1.30125 |
| 1.483333333 | 6        | 0.85106           | 0.84497 | 0.84342 |
| 1.5         | 6        | 0.51188           | 0.50498 | 0.49816 |
| 1.516666667 | 6        | 0.24432           | 0.23047 | 0.22059 |
| 1.533333333 | 6        | 0.05741           | 0.0386  | 0.02586 |
| 1.55        | 6        | -0.0019           | -0.0133 | -0.0247 |
| 1.566666667 | 6        | 0.07276           | 0.05965 | 0.05088 |
| 1.583333333 | 6        | 0.2232            | 0.21526 | 0.21052 |
| 1.6         | 6        | 0.40241           | 0.40216 | 0.40108 |
| 1.616666667 | 6        | 0.60599           | 0.61073 | 0.61055 |
| 1.633333333 | 6        | 0.76422           | 0.77466 | 0.78395 |
| 1.65        | 6        | 0.90817           | 0.92186 | 0.93252 |
| 1.666666667 | 6        | 1.03627           | 1.05373 | 1.066   |

| Waktu (jam) | Validasi | Initial Condition |         |         |
|-------------|----------|-------------------|---------|---------|
|             |          | 50                | 55      | 60      |
| 1.683333333 | 6        | 1.17474           | 1.19459 | 1.21024 |
| 1.7         | 6        | 1.29891           | 1.32171 | 1.33914 |
| 1.716666667 | 6        | 1.35681           | 1.38103 | 1.39895 |
| 1.733333333 | 6        | 1.34794           | 1.3721  | 1.39274 |
| 1.75        | 6        | 1.2505            | 1.27426 | 1.29408 |

2. Tabel perbandingan elevasi muka air variasi Manning's pada *Intial Condition*

| Waktu (jam) | Validasi | IC = 60, Varisi Manning |       |       |       |       |
|-------------|----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
|             |          | 20                      | 32    | 33    | 34    | 35    |
| 0           | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.01666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.03333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.05        | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.06666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.08333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.1         | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.11666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.13333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.15        | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.16666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.18333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.2         | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.21666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.23333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.25        | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.26666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.28333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.3         | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.31666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.33333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.35        | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.36666667  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.38333333  | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |
| 0.4         | 6        | 0.755                   | 0.755 | 0.755 | 0.755 | 0.755 |

| Waktu<br>(jam) | Validasi | IC = 60, Varisi Manning |         |         |         |         |
|----------------|----------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                |          | 20                      | 32      | 33      | 34      | 35      |
| 0.41666667     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.43333333     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.45           | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.46666667     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.48333333     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.5            | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.51666667     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.53333333     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.55           | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.56666667     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.58333333     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.6            | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.61666667     | 6        | 0.755                   | 0.755   | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.63333333     | 6        | 0.75498                 | 0.75498 | 0.75498 | 0.75498 | 0.75498 |
| 0.65           | 6        | 0.75486                 | 0.75486 | 0.75486 | 0.75486 | 0.75486 |
| 0.66666667     | 6        | 0.75391                 | 0.75391 | 0.75391 | 0.75391 | 0.75391 |
| 0.68333333     | 6        | 0.74717                 | 0.74717 | 0.74717 | 0.74717 | 0.74717 |
| 0.7            | 6        | 0.72416                 | 0.72414 | 0.72414 | 0.72414 | 0.72414 |
| 0.71666667     | 6        | 0.68584                 | 0.68578 | 0.68577 | 0.68577 | 0.68577 |
| 0.73333333     | 6        | 0.66617                 | 0.66601 | 0.66601 | 0.666   | 0.666   |
| 0.75           | 6        | 0.8259                  | 0.82694 | 0.82698 | 0.82702 | 0.82705 |
| 0.76666667     | 6        | 1.59817                 | 1.62292 | 1.62389 | 1.62479 | 1.62561 |
| 0.78333333     | 6        | 3.07115                 | 3.18942 | 3.19423 | 3.19865 | 3.20272 |
| 0.8            | 6        | 4.47401                 | 4.70879 | 4.71873 | 4.72786 | 4.73632 |
| 0.81666667     | 6        | 5.47181                 | 5.75159 | 5.7632  | 5.77375 | 5.78348 |
| 0.83333333     | 6        | 5.75787                 | 5.99565 | 6.00525 | 6.01403 | 6.02213 |
| 0.85           | 6        | 5.16131                 | 5.27829 | 5.28292 | 5.28716 | 5.2911  |
| 0.86666667     | 6        | 3.90301                 | 3.93589 | 3.93763 | 3.93919 | 3.94071 |
| 0.88333333     | 6        | 2.35775                 | 2.29457 | 2.29131 | 2.28829 | 2.28562 |
| 0.9            | 6        | 0.58939                 | 0.45311 | 0.44781 | 0.44025 | 0.43558 |
| 0.91666667     | 6        | -1.1951                 | -1.4701 | -1.4813 | -1.4892 | -1.4985 |
| 0.93333333     | 6        | -2.8178                 | -3.2515 | -3.2703 | -3.2921 | -3.3081 |
| 0.95           | 6        | -4.1559                 | -4.7349 | -4.759  | -4.7775 | -4.7973 |
| 0.96666667     | 6        | -5.1697                 | -5.8643 | -5.8961 | -5.9263 | -5.9532 |



| Waktu<br>(jam) | Validasi | IC = 60, Varisi Manning |         |         |         |         |
|----------------|----------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                |          | 20                      | 32      | 33      | 34      | 35      |
| 0.98333333     | 6        | -5.9924                 | -6.7686 | -6.8034 | -6.8365 | -6.8669 |
| 1              | 6        | -6.5649                 | -7.4434 | -7.4841 | -7.5207 | -7.5555 |
| 1.01666667     | 6        | -6.8533                 | -7.7264 | -7.7695 | -7.8188 | -7.8505 |
| 1.03333333     | 6        | -6.7747                 | -7.5933 | -7.6341 | -7.6746 | -7.6909 |
| 1.05           | 6        | -6.4716                 | -7.1023 | -7.1363 | -7.1593 | -7.1995 |
| 1.06666667     | 6        | -6.0258                 | -6.3973 | -6.4131 | -6.4326 | -6.4544 |
| 1.08333333     | 6        | -5.6273                 | -5.7437 | -5.752  | -5.7604 | -5.7582 |
| 1.1            | 6        | -5.2071                 | -5.1571 | -5.1498 | -5.1433 | -5.141  |
| 1.11666667     | 6        | -4.7911                 | -4.6734 | -4.6612 | -4.6508 | -4.6384 |
| 1.13333333     | 6        | -4.3907                 | -4.2359 | -4.2288 | -4.2173 | -4.2109 |
| 1.15           | 6        | -3.9548                 | -3.7534 | -3.7425 | -3.7343 | -3.7245 |
| 1.16666667     | 6        | -3.4448                 | -3.2083 | -3.1946 | -3.1898 | -3.178  |
| 1.18333333     | 6        | -2.8822                 | -2.6378 | -2.6265 | -2.6055 | -2.592  |
| 1.2            | 6        | -2.3092                 | -2.0209 | -2.0077 | -1.9931 | -1.9808 |
| 1.21666667     | 6        | -1.6841                 | -1.3915 | -1.3699 | -1.3558 | -1.3466 |
| 1.23333333     | 6        | -0.9601                 | -0.6404 | -0.6242 | -0.609  | -0.5936 |
| 1.25           | 6        | -0.1388                 | 0.31121 | 0.32822 | 0.34424 | 0.36493 |
| 1.26666667     | 6        | 0.81094                 | 1.32782 | 1.3563  | 1.38232 | 1.40503 |
| 1.28333333     | 6        | 1.72921                 | 2.35459 | 2.38484 | 2.41274 | 2.43074 |
| 1.3            | 6        | 2.57632                 | 3.23508 | 3.26572 | 3.29258 | 3.31474 |
| 1.31666667     | 6        | 3.20827                 | 3.82149 | 3.85173 | 3.88348 | 3.92214 |
| 1.33333333     | 6        | 3.54473                 | 4.09628 | 4.12146 | 4.14511 | 4.16521 |
| 1.35           | 6        | 3.68404                 | 4.16015 | 4.18124 | 4.19921 | 4.21189 |
| 1.36666667     | 6        | 3.64014                 | 3.9836  | 4.00101 | 4.01807 | 4.03898 |
| 1.38333333     | 6        | 3.40932                 | 3.64836 | 3.6594  | 3.6694  | 3.67826 |
| 1.4            | 6        | 3.07419                 | 3.24021 | 3.24621 | 3.25225 | 3.25553 |
| 1.41666667     | 6        | 2.73384                 | 2.81837 | 2.81916 | 2.81998 | 2.82236 |
| 1.43333333     | 6        | 2.3488                  | 2.33235 | 2.33105 | 2.32817 | 2.32626 |
| 1.45           | 6        | 1.93081                 | 1.80064 | 1.79417 | 1.78943 | 1.78362 |
| 1.46666667     | 6        | 1.50756                 | 1.30125 | 1.28915 | 1.27766 | 1.26377 |
| 1.48333333     | 6        | 1.12975                 | 0.84342 | 0.82843 | 0.81464 | 0.80174 |
| 1.5            | 6        | 0.80517                 | 0.49816 | 0.48272 | 0.46866 | 0.46169 |
| 1.51666667     | 6        | 0.542                   | 0.22059 | 0.20459 | 0.18961 | 0.17134 |
| 1.53333333     | 6        | 0.36186                 | 0.02586 | 0.01055 | -0.005  | -0.0164 |



| Waktu (jam) | Validasi | IC = 60, Manning = 32, Variasi EV |          |          |         |         |         |
|-------------|----------|-----------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|
|             |          | 0.25                              | 0.27     | 0.28     | 0.3     | 0.35    | 0.4     |
| 0.28333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.3         | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.31666667  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.33333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.35        | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.36666667  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.38333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.4         | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.41666667  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.43333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.45        | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.46666667  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.48333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.5         | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.51666667  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.53333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.55        | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.56666667  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.58333333  | 6        | 0.755                             | 0.755    | 0.755    | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.6         | 6        | 0.755                             | 0.754999 | 0.754999 | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.61666667  | 6        | 0.755                             | 0.754996 | 0.754996 | 0.755   | 0.755   | 0.755   |
| 0.63333333  | 6        | 0.75498                           | 0.754983 | 0.754983 | 0.75498 | 0.75498 | 0.75498 |
| 0.65        | 6        | 0.75486                           | 0.754863 | 0.754863 | 0.75486 | 0.75486 | 0.75486 |
| 0.66666667  | 6        | 0.75391                           | 0.753906 | 0.753906 | 0.75391 | 0.7539  | 0.7539  |
| 0.68333333  | 6        | 0.74717                           | 0.747169 | 0.747167 | 0.74716 | 0.74716 | 0.74715 |
| 0.7         | 6        | 0.72415                           | 0.724142 | 0.724141 | 0.72414 | 0.72413 | 0.72412 |
| 0.71666667  | 6        | 0.68575                           | 0.685765 | 0.685775 | 0.68579 | 0.68585 | 0.68591 |
| 0.73333333  | 6        | 0.6658                            | 0.665937 | 0.666013 | 0.66617 | 0.66662 | 0.66714 |
| 0.75        | 6        | 0.8257                            | 0.826512 | 0.826942 | 0.82785 | 0.8304  | 0.83334 |
| 0.76666667  | 6        | 1.6197                            | 1.62181  | 1.62292  | 1.62526 | 1.6318  | 1.63929 |
| 0.78333333  | 6        | 3.18678                           | 3.18849  | 3.18942  | 3.19134 | 3.19666 | 3.20265 |
| 0.8         | 6        | 4.7107                            | 4.70948  | 4.70879  | 4.70738 | 4.70355 | 4.69901 |
| 0.81666667  | 6        | 5.76165                           | 5.75509  | 5.75159  | 5.74437 | 5.72402 | 5.7007  |
| 0.83333333  | 6        | 6.01141                           | 6.00109  | 5.99565  | 5.98427 | 5.95277 | 5.91708 |

| Waktu (jam) | Validasi | IC = 60, Manning = 32, Variasi EV |           |           |         |         |         |
|-------------|----------|-----------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
|             |          | 0.25                              | 0.27      | 0.28      | 0.3     | 0.35    | 0.4     |
| 0.85        | 6        | 5.29464                           | 5.28392   | 5.27829   | 5.26642 | 5.23392 | 5.19752 |
| 0.86666667  | 6        | 3.95368                           | 3.94195   | 3.93589   | 3.92333 | 3.88946 | 3.85293 |
| 0.88333333  | 6        | 2.30503                           | 2.2982    | 2.29457   | 2.28696 | 2.26536 | 2.24017 |
| 0.9         | 6        | 0.4629                            | 0.456518  | 0.453108  | 0.4461  | 0.42626 | 0.40517 |
| 0.91666667  | 6        | -1.4633                           | -1.46778  | -1.47005  | -1.4746 | -1.4857 | -1.4984 |
| 0.93333333  | 6        | -3.25459                          | -3.25258  | -3.25148  | -3.2494 | -3.2439 | -3.2389 |
| 0.95        | 6        | -4.73875                          | -4.73602  | -4.73485  | -4.7318 | -4.7204 | -4.7096 |
| 0.96666667  | 6        | -5.87592                          | -5.86803  | -5.86433  | -5.8569 | -5.8363 | -5.8028 |
| 0.98333333  | 6        | -6.78088                          | -6.77316  | -6.7686   | -6.759  | -6.7326 | -6.7125 |
| 1           | 6        | -7.46146                          | -7.44967  | -7.4434   | -7.4304 | -7.3937 | -7.3419 |
| 1.01666667  | 6        | -7.74939                          | -7.73377  | -7.72636  | -7.7079 | -7.6578 | -7.6132 |
| 1.03333333  | 6        | -7.622                            | -7.60382  | -7.59326  | -7.5757 | -7.5263 | -7.4577 |
| 1.05        | 6        | -7.13667                          | -7.11685  | -7.10228  | -7.0785 | -7.0138 | -6.947  |
| 1.06666667  | 6        | -6.41474                          | -6.39666  | -6.39725  | -6.3709 | -6.3119 | -6.2571 |
| 1.08333333  | 6        | -5.76863                          | -5.75776  | -5.74374  | -5.7371 | -5.7003 | -5.6495 |
| 1.1         | 6        | -5.1773                           | -5.16421  | -5.15705  | -5.1497 | -5.1166 | -5.0866 |
| 1.11666667  | 6        | -4.67308                          | -4.67128  | -4.67339  | -4.6579 | -4.6466 | -4.6273 |
| 1.13333333  | 6        | -4.24429                          | -4.24014  | -4.23589  | -4.2369 | -4.2242 | -4.2117 |
| 1.15        | 6        | -3.76534                          | -3.75698  | -3.75344  | -3.7501 | -3.7442 | -3.7361 |
| 1.16666667  | 6        | -3.20861                          | -3.2096   | -3.20827  | -3.1933 | -3.2021 | -3.2046 |
| 1.18333333  | 6        | -2.63509                          | -2.63554  | -2.63775  | -2.6412 | -2.6439 | -2.6504 |
| 1.2         | 6        | -2.00769                          | -2.01683  | -2.02093  | -2.0408 | -2.0416 | -2.0477 |
| 1.21666667  | 6        | -1.38021                          | -1.38925  | -1.39151  | -1.3915 | -1.4037 | -1.4182 |
| 1.23333333  | 6        | -0.63565                          | -0.639742 | -0.640415 | -0.6397 | -0.6571 | -0.6731 |
| 1.25        | 6        | 0.32                              | 0.315338  | 0.311208  | 0.29789 | 0.27464 | 0.24773 |
| 1.26666667  | 6        | 1.34774                           | 1.3355    | 1.32782   | 1.31356 | 1.28392 | 1.25226 |
| 1.28333333  | 6        | 2.37291                           | 2.36038   | 2.35459   | 2.34244 | 2.30766 | 2.26717 |
| 1.3         | 6        | 3.25208                           | 3.24221   | 3.23508   | 3.2209  | 3.17479 | 3.12584 |
| 1.31666667  | 6        | 3.84509                           | 3.83015   | 3.82149   | 3.80466 | 3.75787 | 3.70552 |
| 1.33333333  | 6        | 4.12027                           | 4.10483   | 4.09628   | 4.07691 | 4.02993 | 3.97524 |
| 1.35        | 6        | 4.18085                           | 4.16785   | 4.16015   | 4.1441  | 4.0972  | 4.04645 |
| 1.36666667  | 6        | 4.00589                           | 3.99022   | 3.9836    | 3.97055 | 3.9312  | 3.88981 |
| 1.38333333  | 6        | 3.66444                           | 3.65396   | 3.64836   | 3.63518 | 3.60324 | 3.56529 |
| 1.4         | 6        | 3.25326                           | 3.24482   | 3.24021   | 3.23161 | 3.20718 | 3.17988 |

| Waktu<br>(jam) | Validasi | IC = 60, Manning = 32, Variasi EV |            |            |         |         |         |
|----------------|----------|-----------------------------------|------------|------------|---------|---------|---------|
|                |          | 0.25                              | 0.27       | 0.28       | 0.3     | 0.35    | 0.4     |
| 1.41666667     | 6        | 2.82426                           | 2.82022    | 2.81837    | 2.81337 | 2.80124 | 2.78769 |
| 1.43333333     | 6        | 2.33527                           | 2.33318    | 2.33235    | 2.33135 | 2.32663 | 2.32241 |
| 1.45           | 6        | 1.79815                           | 1.80015    | 1.80064    | 1.80277 | 1.80943 | 1.81795 |
| 1.46666667     | 6        | 1.28703                           | 1.29792    | 1.30125    | 1.30804 | 1.32743 | 1.34851 |
| 1.48333333     | 6        | 0.83495                           | 0.838778   | 0.843421   | 0.85362 | 0.87833 | 0.90606 |
| 1.5            | 6        | 0.48118                           | 0.491943   | 0.498164   | 0.51021 | 0.54369 | 0.57931 |
| 1.51666667     | 6        | 0.20641                           | 0.214854   | 0.22059    | 0.23226 | 0.26465 | 0.29949 |
| 1.53333333     | 6        | 0.01129                           | 0.0204619  | 0.0258648  | 0.03779 | 0.06815 | 0.10156 |
| 1.55           | 6        | -0.0428                           | -0.0292963 | -0.0247461 | -0.0145 | 0.00866 | 0.0396  |
| 1.56666667     | 6        | 0.04089                           | 0.0476458  | 0.0508834  | 0.05965 | 0.08125 | 0.11222 |
| 1.58333333     | 6        | 0.20151                           | 0.206923   | 0.210518   | 0.21598 | 0.23265 | 0.24692 |
| 1.6            | 6        | 0.39696                           | 0.399793   | 0.401076   | 0.4056  | 0.4168  | 0.42859 |
| 1.61666667     | 6        | 0.60536                           | 0.60571    | 0.610549   | 0.6134  | 0.61839 | 0.6349  |
| 1.63333333     | 6        | 0.78172                           | 0.784638   | 0.783953   | 0.78428 | 0.78614 | 0.78585 |
| 1.65           | 6        | 0.93215                           | 0.932138   | 0.932522   | 0.93274 | 0.93313 | 0.93134 |
| 1.66666667     | 6        | 1.06537                           | 1.06623    | 1.066      | 1.0661  | 1.06685 | 1.07073 |
| 1.68333333     | 6        | 1.2095                            | 1.20943    | 1.21024    | 1.21049 | 1.21114 | 1.21125 |
| 1.7            | 6        | 1.34135                           | 1.34052    | 1.33914    | 1.33777 | 1.33144 | 1.32556 |
| 1.71666667     | 6        | 1.40444                           | 1.40075    | 1.39895    | 1.39544 | 1.38435 | 1.37201 |
| 1.73333333     | 6        | 1.39817                           | 1.39437    | 1.39274    | 1.38714 | 1.37385 | 1.35695 |
| 1.75           | 6        | 1.30007                           | 1.29711    | 1.29408    | 1.28981 | 1.27586 | 1.25852 |

4. Tabel perbandingan elevasi muka air akibat gempa

| <b>Time Step (jam)</b> | <b>Gempa 17 Juli 2006 [m]</b> | <b>Skenario Lokasi Gempa 1 [m]</b> | <b>Skenario Lokasi Gempa 2 [m]</b> |
|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0                      | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.016666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.033333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.05                   | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.066666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.083333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.1                    | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.116666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.133333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.15                   | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.166666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.183333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.2                    | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.216666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.233333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.25                   | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.266666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.283333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.3                    | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.316666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.333333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.35                   | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.366666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.383333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.4                    | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.416666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.433333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.45                   | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.466666667            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.483333333            | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.5                    | 0.755                         | 0.755                              | 0.755                              |
| 0.516666667            | 0.755                         | 0.755001                           | 0.755                              |
| 0.533333333            | 0.755                         | 0.755009                           | 0.755                              |
| 0.55                   | 0.755                         | 0.755082                           | 0.755                              |

| <b>Time Step (jam)</b> | <b>Gempa 17 Juli 2006</b> | <b>Skenario Lokasi Gempa 1</b> | <b>Skenario Lokasi Gempa 2</b> |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0.566666667            | 0.755                     | 0.755704                       | 0.754995                       |
| 0.583333333            | 0.755                     | 0.761596                       | 0.754951                       |
| 0.6                    | 0.754999                  | 0.825211                       | 0.754855                       |
| 0.616666667            | 0.754996                  | 1.42501                        | 0.75477                        |
| 0.633333333            | 0.754983                  | 4.51703                        | 0.754778                       |
| 0.65                   | 0.754863                  | 9.57822                        | 0.75543                        |
| 0.666666667            | 0.753906                  | 10.9582                        | 0.762013                       |
| 0.683333333            | 0.747167                  | 10.4951                        | 0.829521                       |
| 0.7                    | 0.724141                  | 9.58021                        | 1.40143                        |
| 0.716666667            | 0.685775                  | 8.08468                        | 3.74787                        |
| 0.733333333            | 0.666013                  | 6.62481                        | 7.93284                        |
| 0.75                   | 0.826942                  | 3.54939                        | 9.64434                        |
| 0.766666667            | 1.62292                   | 0.958992                       | 9.44217                        |
| 0.783333333            | 3.18942                   | -1.29944                       | 8.65687                        |
| 0.8                    | 4.70879                   | -3.01366                       | 7.24513                        |
| 0.816666667            | 5.75159                   | -4.71397                       | 5.20351                        |
| 0.833333333            | 5.99565                   | -6.15209                       | 2.8439                         |
| 0.85                   | 5.27829                   | -7.23986                       | 0.31465                        |
| 0.866666667            | 3.93589                   | -8.11284                       | -2.18597                       |
| 0.883333333            | 2.29457                   | -8.55676                       | -3.9862                        |
| 0.9                    | 0.453108                  | -8.62217                       | -5.78373                       |
| 0.916666667            | -1.47005                  | -8.37398                       | -7.37357                       |
| 0.933333333            | -3.25148                  | -7.97297                       | -8.61621                       |
| 0.95                   | -4.73485                  | -7.80219                       | -9.72172                       |
| 0.966666667            | -5.86433                  | -7.80316                       | -10.6164                       |
| 0.983333333            | -6.7686                   | -7.83122                       | -11.1223                       |
| 1                      | -7.4434                   | -7.56968                       | -11.1132                       |
| 1.016666667            | -7.72636                  | -6.94686                       | -8.94027                       |
| 1.033333333            | -7.59326                  | -5.90813                       | -5.84674                       |
| 1.05                   | -7.10228                  | -4.81485                       | -4.86014                       |
| 1.066666667            | -6.39725                  | -4.05757                       | -4.43269                       |
| 1.083333333            | -5.74374                  | -3.13935                       | -3.16387                       |
| 1.1                    | -5.15705                  | -2.47515                       | -2.10292                       |
| 1.116666667            | -4.67339                  | -1.41501                       | -1.15307                       |
| 1.133333333            | -4.23589                  | -0.236484                      | -0.793245                      |

| <b>Time Step (jam)</b> | <b>Gempa 17 Juli 2006</b> | <b>Skenario Lokasi Gempa 1</b> | <b>Skenario Lokasi Gempa 2</b> |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.2                    | -2.02093                  | 2.11613                        | -2.04254                       |
| 1.216666667            | -1.39151                  | 2.34477                        | -1.80654                       |
| 1.233333333            | -0.640415                 | 2.3163                         | -1.18681                       |
| 1.25                   | 0.311208                  | 2.09355                        | -0.695826                      |
| 1.266666667            | 1.32782                   | 2.00449                        | -0.275667                      |
| 1.283333333            | 2.35459                   | 1.94925                        | 0.293757                       |
| 1.3                    | 3.23508                   | 1.83106                        | 0.854577                       |
| 1.316666667            | 3.82149                   | 1.78383                        | 1.2457                         |
| 1.333333333            | 4.09628                   | 1.8413                         | 1.52334                        |
| 1.35                   | 4.16015                   | 2.05505                        | 1.85181                        |
| 1.366666667            | 3.9836                    | 2.28904                        | 2.2103                         |
| 1.383333333            | 3.64836                   | 2.43633                        | 2.49999                        |
| 1.4                    | 3.24021                   | 2.66159                        | 2.75396                        |
| 1.416666667            | 2.81837                   | 2.82734                        | 2.99398                        |
| 1.433333333            | 2.33235                   | 2.80334                        | 3.31457                        |
| 1.45                   | 1.80064                   | 2.67062                        | 3.55312                        |
| 1.466666667            | 1.30125                   | 2.46666                        | 3.68336                        |
| 1.483333333            | 0.843421                  | 2.22188                        | 3.8                            |
| 1.5                    | 0.498164                  | 2.06943                        | 3.80077                        |
| 1.516666667            | 0.22059                   | 2.01993                        | 3.66396                        |
| 1.533333333            | 0.0258648                 | 2.02393                        | 3.40485                        |
| 1.55                   | -0.0247461                | 2.13421                        | 3.07351                        |
| 1.566666667            | 0.0508834                 | 2.26867                        | 2.71749                        |
| 1.583333333            | 0.210518                  | 2.29028                        | 2.27688                        |
| 1.6                    | 0.401076                  | 2.18388                        | 1.79597                        |
| 1.616666667            | 0.610549                  | 1.96134                        | 1.35292                        |
| 1.633333333            | 0.783953                  | 1.6745                         | 0.97661                        |
| 1.65                   | 0.932522                  | 1.26922                        | 0.649363                       |
| 1.666666667            | 1.066                     | 0.747082                       | 0.322953                       |
| 1.683333333            | 1.21024                   | 0.142978                       | -0.00644726                    |
| 1.7                    | 1.33914                   | -0.467067                      | -0.306999                      |
| 1.716666667            | 1.39895                   | -1.07159                       | -0.595662                      |
| 1.733333333            | 1.39274                   | -1.62294                       | -0.850467                      |
| 1.75                   | 1.29408                   | -2.11332                       | -1.07217                       |



5. Tabel cross section A –A’ akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5423                | 6.167282                              |
| 2                   | -5635                | 6.692317                              |
| 3                   | -6049                | 8.127797                              |
| 4                   | -6402                | 10.73238                              |
| 5                   | -6736                | 13.38992                              |
| 6                   | -6664                | 33.85308                              |
| 7                   | -4096                | 40.50683                              |
| 8                   | -3401                | 16.34333                              |
| 9                   | -2369                | 12.57214                              |
| 10                  | -1841                | 6.616852                              |
| 11                  | -3430                | 6.230173                              |
| 12                  | -3296                | 5.130875                              |
| 13                  | -2779                | 4.79114                               |
| 14                  | -1366                | 4.21371                               |
| 15                  | 26                   | 4.22543                               |

6. Tabel cross section B–B’ akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5573                | 4.193351                              |
| 2                   | -5714                | 4.464689                              |
| 3                   | -6007                | 4.756424                              |
| 4                   | -6547                | 4.807384                              |
| 5                   | -6356                | 5.196193                              |
| 6                   | -3463                | 5.537429                              |
| 7                   | -3243                | 6.432595                              |
| 8                   | -2761                | 6.541446                              |
| 9                   | -2652                | 6.030189                              |
| 10                  | -3312                | 5.943543                              |
| 11                  | -3566                | 5.64179                               |
| 12                  | -3552                | 5.304667                              |
| 13                  | -2935                | 5.287973                              |
| 14                  | -427                 | 4.951845                              |
| 15                  | 13                   | 5.55714                               |

7. Tabel cross section C–C' akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -3113                | 2.30547                               |
| 2                   | -4074                | 2.93666                               |
| 3                   | -5457                | 2.658086                              |
| 4                   | -6682                | 2.84293                               |
| 5                   | -3950                | 3.047064                              |
| 6                   | -3158                | 3.591162                              |
| 7                   | -2017                | 4.13200                               |
| 8                   | -1827                | 4.595107                              |
| 9                   | -3395                | 3.944686                              |
| 10                  | -3550                | 3.989895                              |
| 11                  | -3277                | 4.049517                              |
| 12                  | -1523                | 4.100456                              |
| 13                  | -166                 | 3.378674                              |
| 14                  | -114                 | 2.031582                              |
| 15                  | 5                    | 2.03247                               |

8. Tabel cross section D–D' akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5132                | 1.205484                              |
| 2                   | -5862                | 1.340534                              |
| 3                   | -6693                | 1.437817                              |
| 4                   | -6707                | 1.488908                              |
| 5                   | -2645                | 1.589645                              |
| 6                   | -2154                | 1.743109                              |
| 7                   | -1526                | 2.332109                              |
| 8                   | -1456                | 3.540988                              |
| 9                   | -3367                | 2.933556                              |
| 10                  | -3291                | 2.790705                              |
| 11                  | -2437                | 2.55530                               |
| 12                  | -1517                | 2.2819                                |
| 13                  | -373                 | 2.218683                              |
| 14                  | -309                 | 2.079918                              |
| 15                  | 8                    | 2.12552                               |

9. Tabel cross section E–E’ akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5085                | 0.7549999                             |
| 2                   | -5038                | 0.7589728                             |
| 3                   | -5422                | 0.8433471                             |
| 4                   | -5013                | 0.9010938                             |
| 5                   | -3564                | 0.9230104                             |
| 6                   | -2844                | 0.9081978                             |
| 7                   | -2634                | 1.133018                              |
| 8                   | -3214                | 1.101189                              |
| 9                   | -2866                | 1.750805                              |
| 10                  | -3357                | 2.11906                               |
| 11                  | -2495                | 2.187446                              |
| 12                  | -1249                | 2.101203                              |
| 13                  | -682                 | 1.945087                              |
| 14                  | -282                 | 1.726486                              |
| 15                  | 12                   | 4.361843                              |

10. Tabel cross section A –A’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5423                | 1.428416                              |
| 2                   | -5635                | 1.827216                              |
| 3                   | -6049                | 1.88333                               |
| 4                   | -6402                | 1.907062                              |
| 5                   | -6736                | 1.849872                              |
| 6                   | -6664                | 1.776326                              |
| 7                   | -4096                | 1.836019                              |
| 8                   | -3401                | 1.890538                              |
| 9                   | -2369                | 2.098323                              |
| 10                  | -1841                | 2.35716                               |
| 11                  | -3430                | 2.542534                              |
| 12                  | -3296                | 2.310409                              |
| 13                  | -2779                | 2.143599                              |
| 14                  | -1366                | 2.053901                              |
| 15                  | 26                   | 2.10754                               |

11. Tabel cross section B–B’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5573                | 2.624902                              |
| 2                   | -5714                | 3.047448                              |
| 3                   | -6007                | 3.315486                              |
| 4                   | -6547                | 3.1419                                |
| 5                   | -6356                | 2.98062                               |
| 6                   | -3463                | 3.116708                              |
| 7                   | -3243                | 3.358776                              |
| 8                   | -2761                | 3.201532                              |
| 9                   | -2652                | 2.986536                              |
| 10                  | -3312                | 3.164026                              |
| 11                  | -3566                | 2.932823                              |
| 12                  | -3552                | 2.584412                              |
| 13                  | -2935                | 2.479964                              |
| 14                  | -427                 | 2.54721                               |
| 15                  | 13                   | 2.56283                               |

12. Tabel cross section C–C’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -3113                | 6.58431                               |
| 2                   | -4074                | 6.852772                              |
| 3                   | -5457                | 6.569139                              |
| 4                   | -6682                | 6.597136                              |
| 5                   | -3950                | 6.586096                              |
| 6                   | -3158                | 6.423246                              |
| 7                   | -2017                | 5.995918                              |
| 8                   | -1827                | 4.784008                              |
| 9                   | -3395                | 3.873481                              |
| 10                  | -3550                | 3.592718                              |
| 11                  | -3277                | 3.627961                              |
| 12                  | -1523                | 4.123487                              |
| 13                  | -166                 | 3.965887                              |
| 14                  | -114                 | 2.560664                              |
| 15                  | 5                    | 2.30599                               |

13. Tabel cross section D–D’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5132                | 11.14669                              |
| 2                   | -5862                | 12.39865                              |
| 3                   | -6693                | 16.20808                              |
| 4                   | -6707                | 44.51713                              |
| 5                   | -2645                | 30.79763                              |
| 6                   | -2154                | 16.31821                              |
| 7                   | -1526                | 11.59306                              |
| 8                   | -1456                | 7.450055                              |
| 9                   | -3367                | 6.485218                              |
| 10                  | -3291                | 5.924134                              |
| 11                  | -2437                | 5.602384                              |
| 12                  | -1517                | 5.135908                              |
| 13                  | -373                 | 4.777442                              |
| 14                  | -309                 | 3.79168                               |
| 15                  | 8                    | 3.84653                               |

14. Tabel cross section E–E’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5085                | 4.099708                              |
| 2                   | -5038                | 4.521954                              |
| 3                   | -5422                | 4.596683                              |
| 4                   | -5013                | 4.858771                              |
| 5                   | -3564                | 4.98008                               |
| 6                   | -2844                | 4.982155                              |
| 7                   | -2634                | 4.289635                              |
| 8                   | -3214                | 3.908852                              |
| 9                   | -2866                | 3.874757                              |
| 10                  | -3357                | 4.337727                              |
| 11                  | -2495                | 4.780464                              |
| 12                  | -1249                | 4.813043                              |
| 13                  | -682                 | 4.367436                              |
| 14                  | -282                 | 3.295524                              |
| 15                  | 12                   | 7.275807                              |

15. Tabel cross section A –A’ akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5423                | 0.7549999                             |
| 2                   | -5635                | 0.8538115                             |
| 3                   | -6049                | 0.9204074                             |
| 4                   | -6402                | 0.9322137                             |
| 5                   | -6736                | 0.9145378                             |
| 6                   | -6664                | 0.8823414                             |
| 7                   | -4096                | 0.88582                               |
| 8                   | -3401                | 0.9142726                             |
| 9                   | -2369                | 0.9087868                             |
| 10                  | -1841                | 1.046853                              |
| 11                  | -3430                | 1.152796                              |
| 12                  | -3296                | 1.141317                              |
| 13                  | -2779                | 1.104703                              |
| 14                  | -1366                | 1.030859                              |
| 15                  | 26                   | 1.07155                               |

16. Tabel cross section B–B’ akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5573                | 1.1518                                |
| 2                   | -5714                | 1.399                                 |
| 3                   | -6007                | 1.508581                              |
| 4                   | -6547                | 1.478898                              |
| 5                   | -6356                | 1.422694                              |
| 6                   | -3463                | 1.456933                              |
| 7                   | -3243                | 1.499508                              |
| 8                   | -2761                | 1.589217                              |
| 9                   | -2652                | 1.495721                              |
| 10                  | -3312                | 1.536378                              |
| 11                  | -3566                | 1.566863                              |
| 12                  | -3552                | 1.584869                              |
| 13                  | -2935                | 1.553178                              |
| 14                  | -427                 | 1.716059                              |
| 15                  | 13                   | 1.76785                               |

17. Tabel cross section C–C’ akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -3113                | 2.390712                              |
| 2                   | -4074                | 2.973625                              |
| 3                   | -5457                | 2.819218                              |
| 4                   | -6682                | 2.710847                              |
| 5                   | -3950                | 2.773873                              |
| 6                   | -3158                | 2.746531                              |
| 7                   | -2017                | 2.725036                              |
| 8                   | -1827                | 2.625567                              |
| 9                   | -3395                | 2.697871                              |
| 10                  | -3550                | 2.652137                              |
| 11                  | -3277                | 2.722462                              |
| 12                  | -1523                | 2.685798                              |
| 13                  | -166                 | 2.160283                              |
| 14                  | -114                 | 1.213703                              |
| 15                  | 5                    | 2.03247                               |

18. Tabel cross section D–D’ akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5132                | 5.678021                              |
| 2                   | -5862                | 6.132056                              |
| 3                   | -6693                | 5.815798                              |
| 4                   | -6707                | 5.736105                              |
| 5                   | -2645                | 5.725653                              |
| 6                   | -2154                | 6.123743                              |
| 7                   | -1526                | 6.22521                               |
| 8                   | -1456                | 6.42521                               |
| 9                   | -3367                | 4.547846                              |
| 10                  | -3291                | 4.498064                              |
| 11                  | -2437                | 4.245808                              |
| 12                  | -1517                | 4.382968                              |
| 13                  | -373                 | 4.05906                               |
| 14                  | -309                 | 3.676982                              |
| 15                  | 8                    | 4.15833                               |

19. Tabel cross section E–E’ akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau</b> | <b>Batimetri [m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi [m]</b> |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                   | -5085                | 12.88077                              |
| 2                   | -5038                | 13.86976                              |
| 3                   | -5422                | 30.16397                              |
| 4                   | -5013                | 60                                    |
| 5                   | -3564                | 21.3777                               |
| 6                   | -2844                | 15.16243                              |
| 7                   | -2634                | 11.17936                              |
| 8                   | -3214                | 9.163654                              |
| 9                   | -2866                | 6.914114                              |
| 10                  | -3357                | 5.31966                               |
| 11                  | -2495                | 5.209731                              |
| 12                  | -1249                | 4.510888                              |
| 13                  | -682                 | 3.967788                              |
| 14                  | -282                 | 3.033746                              |
| 15                  | 12                   | 3.02414                               |

20. Tabel cross section X–X’ akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 5.039835                                  |                       |
| 2                               | 3                        | 5.069112                                  |                       |
| 3                               | 6                        | 6.010351                                  |                       |
| 4                               | 6                        | 0   |                       |
| 5                               | 6.6                      | 0   | 6.6                   |
| 6                               | 6.6                      | 0   | 6.6                   |
| 7                               | 7.3                      | 0   |                       |
| 8                               | 7.5                      | 0   |                       |
| 9                               | 7.7                      | 0   |                       |
| 10                              | 7.9                      | 0   |                       |
| 11                              | 8.5                      | 0   |                       |



21. Tabel cross section Y–Y' akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 5.892066                                  |                       |
| 2                               | 5.9                      | 5.925028                                  |                       |
| 3                               | 7.1                      | 0   |                       |
| 4                               | 7.1                      | 0   |                       |
| 5                               | 7.2                      | 0   | 7.2                   |
| 6                               | 7.2                      | 0   | 7.2                   |
| 7                               | 7.1                      | 0   |                       |
| 8                               | 7.2                      | 0   |                       |
| 9                               | 7.3                      | 0   |                       |
| 10                              | 7.4                      | 0   |                       |
| 11                              | 7.8                      | 0   |                       |

22. Tabel cross section Z–Z' akibat gempa 17 Juli 2006

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 6.017596                                  |                       |
| 2                               | 5                        | 6.14865                                   |                       |
| 3                               | 6.2                      | 6.266044                                  |                       |
| 4                               | 6.1                      | 6.271265                                  |                       |
| 5                               | 6.3                      | 6.306191                                  | 6.3                   |
| 6                               | 6.3                      | 0   | 6.3                   |
| 7                               | 6.5                      | 0   |                       |
| 8                               | 6.8                      | 0   |                       |
| 9                               | 7                        | 0   |                       |
| 10                              | 7.4                      | 0   |                       |
| 11                              | 7.6                      | 0   |                       |

23. Tabel cross section X–X’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 10.97717                                  |                       |
| 2                               | 3                        | 11.02618                                  |                       |
| 3                               | 6                        | 10.97959                                  |                       |
| 4                               | 6                        | 10.81113                                  |                       |
| 5                               | 6.6                      | 10.618                                    | 6.6                   |
| 6                               | 6.6                      | 10.50365                                  | 6.6                   |
| 7                               | 7.3                      | 10.54137                                  |                       |
| 8                               | 7.5                      | 10.59252                                  |                       |
| 9                               | 7.7                      | 11.12451                                  |                       |
| 10                              | 7.9                      | 11.48584                                  |                       |
| 11                              | 8.5                      | 11.58635                                  |                       |

24. Tabel cross section Y–Y’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 11.05539                                  |                       |
| 2                               | 6                        | 10.94121                                  |                       |
| 3                               | 7.1                      | 10.59216                                  |                       |
| 4                               | 7.1                      | 10.6129                                   |                       |
| 5                               | 7.2                      | 10.61682                                  | 7.2                   |
| 6                               | 7.2                      | 10.40682                                  | 7.2                   |
| 7                               | 7.1                      | 10.93161                                  |                       |
| 8                               | 7.2                      | 11.19858                                  |                       |
| 9                               | 7.3                      | 11.26944                                  |                       |
| 10                              | 7.4                      | 11.36865                                  |                       |
| 11                              | 7.8                      | 11.54426                                  |                       |

25. Tabel cross section Z–Z’ akibat Skenario Lokasi Gempa 1

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 10.58885                                  |                       |
| 2                               | 5                        | 10.60878                                  |                       |
| 3                               | 6.2                      | 10.54281                                  |                       |
| 4                               | 6.1                      | 10.3154                                   |                       |
| 5                               | 6.3                      | 10.30644                                  | 6.3                   |
| 6                               | 6.3                      | 10.20913                                  | 6.3                   |
| 7                               | 6.5                      | 10.69689                                  |                       |
| 8                               | 6.8                      | 10.88344                                  |                       |
| 9                               | 7                        | 11.0832                                   |                       |
| 10                              | 7.4                      | 11.48916                                  |                       |
| 11                              | 7.6                      | 11.63317                                  |                       |

26. Tabel cross section X–X’ akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 9.981583                                  |                       |
| 2                               | 3                        | 10.0113                                   |                       |
| 3                               | 6                        | 9.957498                                  |                       |
| 4                               | 6                        | 9.829263                                  |                       |
| 5                               | 6.6                      | 9.797797                                  | 6.6                   |
| 6                               | 6.6                      | 9.738957                                  | 6.6                   |
| 7                               | 7.3                      | 9.775224                                  |                       |
| 8                               | 7.5                      | 9.650876                                  |                       |
| 9                               | 7.7                      | 9.727991                                  |                       |
| 10                              | 7.9                      | 9.913396                                  |                       |
| 11                              | 8.5                      | 10.08587                                  |                       |

27. Tabel cross section Y–Y' akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 9.741436                                  |                       |
| 2                               | 6                        | 9.694434                                  |                       |
| 3                               | 7.1                      | 9.537416                                  |                       |
| 4                               | 7.1                      | 9.276013                                  |                       |
| 5                               | 7.2                      | 8.993661                                  | 7.2                   |
| 6                               | 7.2                      | 8.839565                                  | 7.2                   |
| 7                               | 7.1                      | 8.951914                                  |                       |
| 8                               | 7.2                      | 9.219933                                  |                       |
| 9                               | 7.3                      | 9.384015                                  |                       |
| 10                              | 7.4                      | 9.500435                                  |                       |
| 11                              | 7.8                      | 9.579925                                  |                       |

28. Tabel cross section Z–Z' akibat Skenario Lokasi Gempa 2

| <b>Titik Tinjau<br/>[100 m]</b> | <b>Topografi<br/>[m]</b> | <b>Elevasi Muka Air Tertinggi<br/>[m]</b> | <b>Runway<br/>[m]</b> |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 1                               | 2                        | 9.336562                                  |                       |
| 2                               | 5                        | 9.342971                                  |                       |
| 3                               | 6.2                      | 9.275428                                  |                       |
| 4                               | 6.1                      | 9.158895                                  |                       |
| 5                               | 6.3                      | 9.003369                                  | 6.3                   |
| 6                               | 6.3                      | 8.851119                                  | 6.3                   |
| 7                               | 6.5                      | 8.964251                                  |                       |
| 8                               | 6.8                      | 9.016803                                  |                       |
| 9                               | 7                        | 9.142538                                  |                       |
| 10                              | 7.4                      | 9.380021                                  |                       |
| 11                              | 7.6                      | 9.55667                                   |                       |

**LAMPIRAN VIII**  
**BIODATA PENULIS**

## BIODATA PENULIS



Lutfiana Nur Rohmah lahir di Surabaya pada tanggal 14 Mei 1998. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Samudi dan Suhainah. Pendidikan formal yang pernah ditempuh sebelum menempuh jenjang pendidikan tingkat sarjana adalah TK Al – Ikhlas, SD Negeri I Lidah Kulon / 464 Surabaya, SMP Negeri 28 Surabaya, dan SMA Negeri 13 Surabaya. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan tingkat sarjana di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis terdaftar dengan NRP 04311640000019. Di Departemen Teknik Kelautan, penulis menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana dengan mengambil Bidang Keahlian Rekayasa Pantai dalam kurun waktu 3,5 tahun.

Selama berkuliah di ITS, penulis mengikuti beberapa organisasi dan kepanitiaan. Pada tahun kedua, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan sebagai staff Departemen Dalam Negeri periode 2017/2018 sebagai sekretaris dan bendahara departemen. Penulis juga aktif di paguyuban beswan KSE ITS sebagai staff Hubungan Luar periode 2018/2019. Pada tahun 2019, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan sebagai Sekretaris Kabinet dan big event OCEANO sebagai penitias divisi seminar nasional. Untuk dapat berkorespondensi dengan penulis, dapat dilakukan dengan email penulis yaitu *lutfiana1997@gmail.com*.