

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan usulan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh Variasi Peninggian Kaki Bangunan (Piloti Building) Terhadap Kedalaman Aliran dan Gaya Tsunami”**. Usulan Tugas akhir ini merupakan salah satu prasyarat wajib akademis yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa sebagai syarat ke tahap selanjutnya untuk memperoleh gelas sarjana (SI) di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa usulan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangaun dari berbagai pihak sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan penyusunan selanjutnya.

Mataram, Januari 2020

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dengan tulus terutama kepada :

1. Allah Azza wa Jalla, tiada Tuhan selain Allah dan Nabi Muhammad Sholallahu alayhi wasallam adalah utusan Allah. Alhamdulillah wa syukurillah atas segala limpahan berkah, rahmat dan karunia yang diberikan sehingga hamba dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Alhamdulillah rabbil 'alamiin.
2. Bapak Akmaluddin, ST., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mataram.
3. Bapak Jauhar Fajrin, ST., Msc(Eng)., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
4. Bapak Dr. Ery Setiawan, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
5. Bapak Dr. Hartana, ST., MT., selaku pembimbing utama yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran. Terima kasih telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan penelitian ini, atas segala motivasi yang diberikan dan ilmu yang diajarkan. Terima kasih atas segala nasihat dan saran sehingga penulis dapat merampungkan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ir. Bambang Harianto, MT., selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan serta mengajarkan rumus-rumus hidrolika selama penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Rohani, ST., MT., selaku dosen pembimbing akademik, terima kasih atas perhatian selama masa studi penulis. Terima kasih atas segala arahan, saran serta motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir.

8. Semua dosen jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram yang telah mengajarkan dan memberikan banyak ilmu selama duduk dibangku perkuliahan. Dan semua staf jurusan yang telah bekerja keras memberikan yang terbaik untuk mahasiswa jurusan Teknik Sipil.
9. Ibuku, Baiq Sri Wartini. Maafkan baru bisa lulus sekarang. Terima kasih untuk tidak pernah menyerah, untuk terus bersabar dan memberikan doa tulus. Bapakku, Imam Hamdi terima kasih atas doa dan dukungan dalam kondisi apapun sehingga penulis berusaha terus untuk berpikir positif menghadapi permasalahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Kakakku yang cerewet pokoknya terima kasih.
10. Nenekku, Baiq Sehan yang telah merawat penulis dari berusia 11 bulan hingga lulus SD dan masih memberikan kasih sayangnya hingga sekarang. Terima kasih banyak Ninik.
11. Keluarga Rajumas, para paman-bibi dan sepupu-sepupu tercinta. Epi yang selalu mendengar keluh kesah dan tidak pernah menyalahkan, Kega yang rumahnya sering jadi tempat singgah, Rindi yang selalu memotivasi. Bik Minah, Bik Tin, Bik Cah yang sering menanyakan kabar. Terimakasih banyak.
12. Sahabat, My cecepo, Mei, Inggit, Iyin, Upi, Upe, Ita, Yuni, Keke, Uyung, yang sudah lulus duluan tapi kalian masih mau mendampingi penulis sampai selesai. Untuk Ika dan Hafzal teman panel tapi tidak jadi. Terima kasih banyak. Kak Tia teman saling rusuh yang selalu sabar menghadapi *kerandoman* penulis. Yayak terima kasih dari awal hingga akhir membantu dalam penyelesaian skripsi penulis.
13. Semua Geng Akhwat Assiraaj, Desi dan Ishfa yang lebih dahulu lulus tapi tetep perhatian. Geng 15 Ega, Keken, Hilda, Khaira, Nana, Ningrum yang serasa penulis juga jadi angkatan 15. Adikku yang selalu mendoakan dan memberi semangat, Puji, Annisya, Nadia, Ambar, Mel, Nindi, Ulvah. Semoga Allah membalan dengan kebaikan.
14. My *Soulmate* Adel, Diah, Ocha, Ichang, Luluk, Dina. Terimakasih atas penerimaan dan tidak skeptis terhadap penulis. *You were there when I was in the lowest point, thank you.*

15. Kak Nurul, *this is special thanks for you. I don't know how to thank*, saya juga tidak tahu harus berkata bagaimana, karena ucapan terima kasih saja tidak akan cukup. Saya bersyukur kepada Allah, karena telah memberikan kesempatan mengenal Kak UI.

Terakhir, untuk semua orang yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu terima kasih banyak. Untuk bantuan dan doa, untuk kata-kata semangat, motivasi dan hal-hal baik lainnya. Semoga Allah balas dengan kebaikan. Allah beri keberkahan.

Mataram, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>iv</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI. ....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Definisi Tsunami .....	6
2.2.2 Penyebab Terjadinya Tsunami .....	8
2.2.3 Bangunan Kaki Panggung ( <i>Piloti Building</i> ).....	12
2.2.4 Kedalaman Aliran Tsunami.....	13
2.2.5 Gelombang Tsunami .....	14
2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Tinggi Gelombang Tsunami....	15

2.2.7 Hidrodinamika dalam Pembangkit Model Tsunami .....	16
2.2.8 Model Numerik CADMAS-SURF .....	18
<b>BAB III METEDOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Studi Literatur .....	21
3.2 Objek Kajian .....	22
3.3 Pengaturan Konfigurasi Numerik .....	22
3.3.1 Domain Numerik .....	22
3.3.2 Konfigurasi Model Bangunan .....	23
3.3.3 Variasi Tinggi Gelombang Datang Tsunami .....	26
3.3.4 Data Input .....	27
3.3.5 Langkah-Langkah Pengoperasian CADMAS SURF 3D... ..	27
3.4 Analisa Data .....	31
3.5 Bagan Alir Penelitian .....	33
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Verifikasi Hasil Simulasi Numerik .....	35
4.1.1 Kedalaman Aliran Tsunami .....	35
4.1.2 Tekanan .....	37
4.2 Karakteristik Kedalaman Aliran Tsunami .....	38
4.2.1 Bangunan Tanpa Peninggian .....	38
4.2.2 Bangunan dengan Peninggian 1,5 cm .....	41
4.2.3 Bangunan dengan Peninggian 3 cm .....	42
4.2.2 Bangunan dengan Peninggian 4,5 cm .....	43
4.3 Pengaruh Variasi Peninggian Kaki Bangunan terhadap Kedalaman Aliran .....	44
4.4 Tekanan Tsunami Pada Bangunan .....	47
4.5 Pengaruh Peninggian Kaki Bangunan terhadap Gaya Tsunami ....	48
4.5.1 Gaya Horizontal Tsunami .....	49
4.5.1 Gaya Angkat ( <i>Uplift</i> ) Tsunami .....	52

<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.1 Saran.....	57

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Perbandingan Gelombang Tsunami dan Ombak Laut Biasa..... ..	14
Tabel 4.1 Perbandingan persentase berurangnya kedalaman aliran .....	46
Tabel 4.2 Perbandingan persentase berurangnya besar gaya horizontal tsunami .....	52
Tabel 4.3 Perbandingan persentase berurangnya besar gaya angkat ( <i>uplift</i> ) tsunami .....	55



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kedalaman, Kecepatan dan Panjang Gelombang Tsunami .....	8
Gambar 2.2 Tsunami Akibat Gempa Bumi .....	9
Gambar 2.3 Tsunami yang diakibatkan oleh Gempa Dasar Laut .....	9
Gambar 2.4 Tsunami yang diakibatkan oleh Gunung Berapi.....	10
Gambar 2.5 Tsunami yang diakibatkan oleh Longsoran .....	11
Gambar 2.6 Bangunan Elevasi ( <i>Elevated Building</i> ) .....	12
Gambar 2.7 Parameter Gelombang Tsunami.....	13
Gambar 2.8 Mekanisme Pembangkitan Gelombang Tsunami Berbasis <i>Dam Break</i> .....	17
Gambar 3.1 Penyetelan Uji Model Hidraulik (Tampak Atas dan Samping) dari Penelitian Sebelumnya, Kedalaman Muka Air di Hulu (h) divariasikan Setinggi 20 cm, 25 cm dan 30 cm .....	21
Gambar 3.2 Tampak Samping Bangunan dengan Ukuran Grid yang Berbeda.....	23
Gambar 3.3 Pengaturan Konfigurasi Domain Numerik .....	23
Gambar 3.2 Tampak Samping Bangunan dengan Ukuran Grid yang Berbeda.....	22
Gambar 3.4 Model Bangunan ( <i>Obstacle</i> ).....	24
Gambar 3.5 Tampak Samping Model Bangunan Awal.....	25
Gambar 3.6 Tampak Samping Model Bangunan dengan Penambahan Ketinggian 1,5 cm .....	25
Gambar 3.7 Tampak Samping Model Bangunan dengan Penambahan Ketinggian 3,0 cm .....	25
Gambar 3.8 Tampak Samping Model Bangunan dengan Penambahan Ketinggian 4,5 cm .....	26
Gambar 3.9 Pengaturan Konfigurasi Data Input Numerik pada Data In untuk Mengoperasika CADMAS SURF 3D .....	28
Gambar 3.10 Pengaturan Data Input Numerik pada Data MTB untuk Pembangkitan Gelombang Tsunami Tipe <i>Bore</i> .....	29
Gambar 3.11 Tampilan Program CADMAS SURF 3D .....	29

Gambar 3.12 Tampilan pada saat Running dengan Model CADMAS SURF 3D .....	30
Gambar 3.13 Data Tran yang Merupakan Hasil Output dari Model CADMAS SURF 3D .....	30
Gambar 3.14 Aplikasi untuk Melihat Tampilan Gambar Visual Penjalaran Gelombang Tsunami pada Model CADMAS SURF 3D (Tampilan Sumbu x-y).....	31
Gambar 4.1 Grafik profil muka air pada titik pengukuran W2 (20 cm di depan struktur) dengan tinggi gelombang datang 9.21 cm (Hartana dan Murakami, 2015) .....	36
Gambar 4.2 Tekanan tsunami pada bangunan di titik P1,P2 dan P3 dengan 3 (tiga) variasi gelombang datang (Hartana dan Murakami, 2015) .....	37
Gambar 4. 3 Kedalaman aliran dengan variasi tinggi gelombang datang pada W1 (tepat di depan struktur).....	39
Gambar 4.4 Kedalaman aliran dengan variasi tinggi gelombang datang pada W1 (tepat di depan struktur).....	41
Gambar 4.5 Kedalaman aliran dengan variasi tinggi gelombang datang pada W1 (tepat di depan struktur).....	42
Gambar 4.6 Kedalaman aliran dengan variasi tinggi gelombang datang pada W1 (tepat di depan struktur).....	43
Gambar 4.7 Kedalaman aliran dengan variasi ketinggian bangunan saat tinggi gelombang datang 11,03 cm pada W1 (tepat di depan struktur) .....	45
Gambar 4.8 Kedalaman aliran dengan variasi ketinggian bangunan saat tinggi gelombang datang 9,21 cm pada W1 (tepat di depan struktur) .....	45
Gambar 4.9 Kedalaman aliran dengan variasi ketinggian bangunan saat tinggi gelombang datang 6,64 cm pada W1	

(tepat di depan struktur) .....	46
Gambar 4.10 Diagram perbandingan kedalaman aliran pada W1	
(tepat di depan struktur) .....	46
Gambar 4.11 Grafik Tekanan tsunami di titik P1 tepat di depan bangunan	
tanpa peninggian bangunan.....	47
Gambar 4.12 Grafik Tekanan tsunami di titik P2 tepat di depan bawah	
bangunan.....	48
Gambar 4.13 Perbandingan gaya horizontal tsunami pada variasi	
ketinggian bangunan dengan tinggi gelombang datang 6,64 cm .....	49
Gambar 4.14 Perbandingan gaya horizontal tsunami pada variasi	
ketinggian bangunan dengan tinggi gelombang datang 9,21 cm.....	50
Gambar 4.15 Perbandingan gaya horizontal tsunami pada variasi	
ketinggian bangunan dengan tinggi gelombang datang 11,03 cm.....	50
Gambar 4.16 Diagram perbandingan gaya horizontal tsunami .....	51
Gambar 4.17 Perbandingan gaya vertikal ( <i>uplift</i> ) tsunami pada variasi	
ketinggian bangunan dengan tinggi gelombang datang 6,64 cm.....	52
Gambar 4.18 Perbandingan gaya vertikal ( <i>uplift</i> ) tsunami pada variasi	
ketinggian bangunan dengan tinggi gelombang datang 9,21 cm.....	53
Gambar 4.19 Perbandingan gaya vertikal ( <i>uplift</i> ) tsunami pada variasi	
ketinggian bangunan dengan tinggi gelombang datang 11,03 cm.....	53
Gambar 4.20 Diagram perbandingan gaya angkat tsunami.....	54

## DAFTAR NOTASI

$a$  = percepatan, merupakan  $\Delta V$  (m/dt<sup>2</sup>)

$A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)

$A_i$  = luas pada titik ukur ke- $i$  (m<sup>2</sup>)

$C$  = *celerity wave* (cepat rambat gelombang) (m/dt)

$Cr$  = *courant number*

$Cr_{max}$  = digunakan untuk menentukan kestabilan numerik, nilai  $Cr_{max} = 1$

$D_x, D_y$  dan  $D_z$  = damping (peredaman) energi pada arah sumbu  $x$ ,  $y$  dan  $z$

$F$  = gaya (kg.m/dt<sup>2</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

$h$  = kedalaman gelombang dari datum (m)

$H$  = kedalaman gelombang total dari datum (m)

$m$  = massa benda (kg)

$P$  = tekanan (Pa atau kg/m.dt<sup>2</sup>)

$P_i$  = tekanan pada titik ukur ke  $i$  (Kg/m.dt<sup>2</sup>)

$Q$  = debit (m<sup>3</sup>/dt)

$S$  = sumber dari massa pembangkitan gelombang (kg)

$S_u, S_v$  dan  $S_w$  = sumber momentum arah sumbu  $x$ ,  $y$  dan  $z$  (kg.m/dt)

$t$  = waktu (dt)

$U$  = kecepatan pada rerata kedalaman (m/dt)

$u, v$  dan  $w$  = komponen kecepatan arah  $x$ ,  $y$  dan  $z$

$u_x$  = besarnya kecepatan dalam arah  $x$  (m/dt)

$u_y$  = besarnya kecepatan dalam arah  $y$  (m/dt)

$u_z$  = besarnya kecepatan dalam arah  $z$  (m/dt)

$v$  = kecepatan (m/dt)

$V$  = volume (m<sup>3</sup>)

$\nu$  = viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/dt)

$x, y$  dan  $z$  = koordinat arah sumbu  $x$ ,  $y$  dan  $z$

$\rho$  = rapat massa (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho^*$  = rapat massa relatif

$\zeta$  = elevasi permukaan gelombang tsunami temporal (m)

$\eta$  = koefisien kecepatan

$\gamma_v$  = porositas

$\gamma_x, \gamma_y$  dan  $\gamma_z$  = porositas daerah pada sumbu x, y dan z

$\Delta t$  = interval waktu yang telah ditentukan (dt)

$\Delta x$  = interval panjang (panjang dimensi) (m)

$\Delta y$  = interval lebar (lebar dimensi) (m)

$\Delta z$  = interval tinggi (tinggi dimensi) (m)

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 : Data IN
- Lampiran 2 : Data MTB
- Lampiran 3 : Data Tran
- Lampiran 4 : Data View

## INTISARI

Tsunami merupakan suatu peristiwa bencana alam yang terjadi di daerah pesisir pantai dan disebabkan oleh berbagai macam faktor yang menimbulkan dampak kerusakan sangat besar. Indonesia merupakan negara yang rawan akan gempa bumi dan tsunami, karena secara geografis Indonesia dilalui oleh 3 lempeng tektonik. Jalur pertemuan lempeng-lempeng tersebut berada di laut sehingga apabila terjadi gempa bumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan tsunami. Pada tahun 2004 tsunami melanda Aceh yang menewaskan korban sampai ratusan ribu jiwa serta kerugian mencapai triliunan rupiah dengan kerugian terbesar diderita pada sektor perumahan. Berdasarkan peristiwa tersebut, bangunan merupakan salah satu unsur yang sangat rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh beberapa parameter tsunami seperti besarnya kedalaman aliran (inundasi) tsunami, gaya tsunami, dan abrasi yang ditimbulkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu desain bangunan yang dapat meminimalisir parameter-parameter tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengatur peninggian kaki bangunan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh peninggian kaki bangunan panggung (*piloti building*) terhadap kedalaman aliran dan gaya tsunami. Penelitian dilakukan pada domain numerik berbentuk segiempat dengan dimensi panjang 12 m, lebar 0.6 m, dan tinggi 0.4 m menggunakan penerapan model numerik CADMAS-SURF/3D. Bangunan dengan panjang 0.2 m, lebar 0.2 m, dan tinggi 0.25 m diposisikan ditengah domain dengan menggunakan 3 (tiga) variasi gelombang datang.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa, semakin tinggi gelombang datang, maka semakin tinggi kedalaman aliran dan gaya tsunami yg terjadi. Pada peninggian kaki bangunan paling tinggi penurunan persentase yang dihasilkan yaitu 16 % (untuk tinggi gelombang 11,03 cm), 34 % (untuk tinggi gelombang 9,21 cm) dan 32 % (untuk tinggi gelombang 6,64 cm). Peninggian kaki bangunan dapat mengurangi kedalaman aliran saat kondisi *initial* dan tidak terlalu berpengaruh pada kondisi *sustain*. Peninggian bangunan dapat mengurangi gaya horizontal tsunami, namun berkonsekuensi terjadi gaya angkat (*uplift*) pada sisi bawah bangunan. Peninggian kaki bangunan paling tinggi penurunan persentase gaya horizontal yang dihasilkan yaitu 47 % (untuk tinggi gelombang 11,03 cm), 66 % (untuk tinggi gelombang 9,21 cm) dan 82 % (untuk tinggi gelombang 6,64 cm). Untuk gaya *uplift* penurunan persentase gaya yang dihasilkan yaitu 35 % (untuk tinggi gelombang 11,03 cm), 45 % (untuk tinggi gelombang 9,21 cm) dan 57 % (untuk tinggi gelombang 6,64 cm).

Kata kunci : Peninggian Kaki Bangunan, Kedalaman Aliran, Gaya Tsunami, Simulasi Numerik, CADMAS-SURF 3D.

## ABSTRACT

Tsunamis are natural disasters that occur in coastal areas and are caused by a variety of factors that have a very large impact. Indonesia is a country prone to earthquakes and tsunamis, because geographically Indonesia is traversed by 3 tectonic plates. The path of meeting the plates is at sea so that if there is a large earthquake with a shallow depth it will potentially cause a tsunami. In 2004 the tsunami struck Aceh, which killed approximately 1 million people lives and losses reached trillion with the largest losses suffered in the housing sector. Based on these events, the building is one element that is very vulnerable to damage caused by several tsunami parameters such as the magnitude of tsunami inundation, tsunami force, and the resulting abrasion. Therefore, we need a building design that can minimize these parameters. One way that can be done is to adjust the elevation of the leg of the building.

This study aims to determine the effect of elevating the foot of the stage building (piloti building) to the depth of the flow and force of the tsunami. The study was conducted in the rectangular domain with dimensions of length 12 m, width 0.6 m, and height 0.4 m using the application of the CADMAS-SURF / 3D numerical model. Buildings with a length of 0.2 m, width of 0.2 m, and height of 0.25 m are positioned in the middle of the domain using 3 (three) variations of incident waves.

The simulation results show that, the higher the incident waves, the higher the depth of tsunami flow and force that occurs. At the highest elevation of the foot of the building the percentage reduction resulted was 16% (for wave height 11.03 cm), 34% (for wave height 9.21 cm) and 32% (for wave height 6.64 cm). Elevation of the foot of the building can reduce the depth of flow during initial conditions and does not greatly affect the sustain condition. Building elevation can reduce the horizontal force of a tsunami, but the consequence is an uplift on the underside of the building. The highest elevation of the foot of the building decreased the percentage of horizontal force produced, namely 47% (for wave height 11.03 cm), 66% (for wave height 9.21 cm) and 82% (for wave height 6.64 cm). For the uplift force, the percentage reduction in force produced is 35% (for wave height 11.03 cm), 45% (for wave height 9.21 cm) and 57% (for wave height 6.64 cm).

Keywords: Piloti Building, Flow Depth, Bore Type Tsunami, Numerical Simulation, CADMAS-SURF 3D.



