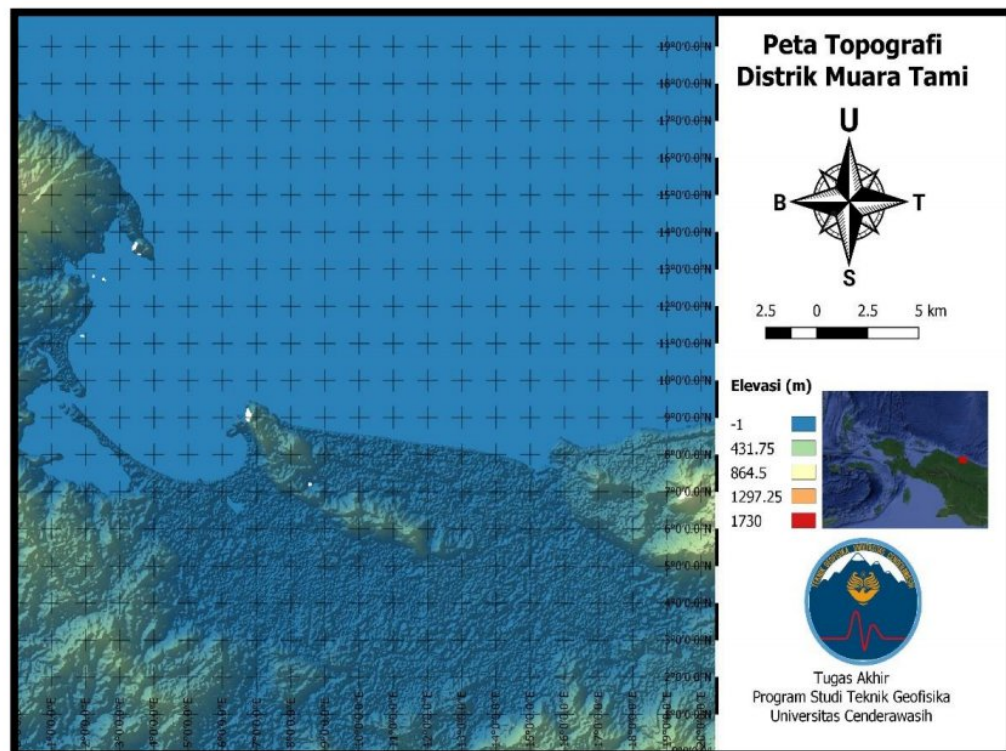


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Topografi

Kota Jayapura memiliki topografi yang relatif bervariasi, di mana terdapat sejumlah dataran rendah dan pantai, juga terdapat perbukitan dan gunung-gunung, di mana terdapat 40 persen di antaranya tidak layak huni karena merupakan daerah perbukitan yang terjal dengan tingkat kemiringan 40 derajat, berawa-rawa dengan statistik konservasi (hutan lindung). berikut ini adalah gambaran secara keseluruhan terkait dengan peta topografi Kota Jayapura.



Gambar 2. 1 Peta Topografi Distrik Muara Tami

Mengingat bahwa kondisi fisik pada Kawasan Distrik Muara Tami di Kota Jayapura berhadapan langsung dengan laut lepas (Samudera Pasifik) dan semakin tingginya aktivitas pembangunan di daerah tersebut maka penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian di daerah ini. Melihat fakta adanya resiko bencana tsunami pada Kawasan pesisir di Distrik Muara Tami, dimana daerah ini

merupakan tempat pariwisata yang mana terdapat aset pemerintah dan swasta seperti café dan resto, penginapan, sekolah, permukiman dan terdapat ada objek vital yaitu PLTU holtekamp maka didaerah Holtekamp, Skouw Mabo, Skouw Yambe dan Skouw Sae perlu melakukan kajian resiko bencana berupa pembuatan peta ancaman tsunami dan jalur evakuasi, rambu evakuasi serta tempat evakuasi sementara.

Secara Geografis, Distrik Muara Tami terletak pada 10, 281 211–30, 581 8211 Lintang Selatan dan 1370, 341–1410, 01 Bujur Timur. Distrik Muara Tami berbatasan langsung dengan Negara Papua New Guinea di sebelah timur, Distrik Abepura di sebelah Barat, Kabupaten Keerom di sebelah Selatan, dan Samudera Pasifik di sebelah utara. Distrik Muara Tami terdiri dari tiga kelurahan dan 5 Kampung dengan luas wilayah mencapai 45370,14 Ha, yang merupakan distrik terluas di Kota Jayapura. Kelurahan yang terdapat di distrik Muara Tami saat ini yaitu kelurahan Koya Barat, Koya Tengah, Koya Timur, dan 5 kampung yaitu Kampung Holtekam, Skow Yambe, Skow Mabo, Skow Sae, Koya Tengah, dan Kampung Mosso (Milano dkk., 2021).

Tabel 2. 1 Luas Distrik Muara Tami Per Kelurahan/Kampung

Kelurahan /Kampung	Luas (Ha)	%
Kelurahan Koya Barat	3915,10	8,63
Kelurahan Koya Tengah	523,16	1,15
Kelurahan Koya Timur	9495,66	20,93
Kampung Holtekamp	1702,42	3,75
Kampung Skow Mabo	985,48	2,17
Kampung Skow Sae	2602,78	5,74
Kampung Skow Yambe	2384,21	5,26
Total	45370,14	100

Morfologi di distrik muara tami memiliki klasifikasi yang bervariasi, yaitu dengan bentang alam yang datar. Landai, berombak berbukit, hingga bergunung. Dalam Menganalisis morfologi melibatkan data masukan berupa

Tabel 2. 2 Morfologi di Distrik Muara Tami

Klasifikasi	Luas (Ha)	%
Berbukit	17540,3	38,26
Bergunung	10751	23,45
Berombak	6504,93	14,19
Datar	5707,38	12,45
Landai	5341,2	11,65
Total	45844,8	100

Berikut adalah tabel elevasi wilayah di distrik muara tami dan jarak ke ibu kota. Dari Tabel 2.3 dibawah ini dapat dilihat bahwa

Tabel 2. 3 Tinggi Wilayah dan Jarak Ke Ibukota Tahun 2021

Sumber: BPS dalam Buku Distrik Muara Tami Dalam Angka 2021

Desa	elevasi (mdpl)	Jarak Ke Ibu Kota Kecamatan (km)	Jarak ke Ibukota Kabupaten (km)
Koya Barat	0-10 m	15	30
Koya Tengah	0-5 m	2	41
Koya Timur	0-10 m	12	33
Holtekamp	0-5 m	14	29
Skouw Yambe	0-5 m	3	42
Skouw Mabo	0-7 m	12	33
Skouw Sae	0-5 m	2	40
Kampung Mosso	0-10 m	13	65

2.2 Tsunami

Tsunami berasal dari Bahasa Jepang “tsu” berarti lautan, “nami” berarti gelombang ombak. Tsunami adalah serangkaian gelombang ombak laut raksasa yang timbul karena adanya pergeseran di dasar laut akibat gempa bumi (Sari, 2022; Qossam et al., 2020). Tsunami merupakan bencana yang tidak dapat diprediksi waktu kemunculannya, namun jika terjadi dapat menimbulkan kerusakan dan dampak yang besar. Daya rusak bencana tsunami sangat dahsyat terutama di wilayah pesisir dan dapat menjangkau wilayah yang cukup luas hingga puluhan kilometer dari garis pantai. Tsunami di akibatkan oleh empat faktor yaitu; Gempa bumi, Letusan Gunung Api, Longsor di bawah laut, serta hantaman meteor.

Di Wilayah Indonesia Bagian Timur tercatat memiliki resiko yang tinggi terhadap ancaman tsunami. Hal ini dikarenakan secara tektonik wilayah ini dipengaruhi oleh subduksi lempeng Filipina di Utara hingga ke Timur, Sesar Sorong dan Sula di Selatan, *Thrust* Laut Maluku Timur dan *Thrust* di Maluku Barat di bagian Barat (Sulaeman & Cipta, 2012). Seluruh lempengan tersebut merupakan lempengan-lempengan aktif yang setiap saat selalu bergerak dan menimbulkan gempa meskipun seringkali dengan intensitas yang rendah. Dilihat dari sumber penyebab kejadian tsunami tersebut, hampir 90% diakibatkan oleh kejadian gempa bumi di laut, 9% disebabkan oleh letusan gunung api, dan 1% diakibatkan karena tanah longsor bawah laut (Horspool et al dkk., 2013).

Berdasarkan pedoman mitigasi bencana alam di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil oleh Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Tahun 2005, disebutkan bahwa gelombang tsunami bersifat transien yang berarti gelombangnya bersifat sesar akibat dari gaya *impulsive* (Muchisin, 2021). Periode gelombang tsunami berkisar antara 10-60 menit. Kecepatan tsunami bergantung pada kedalaman perairan, akibatnya gelombang tersebut mengalami percepatan atau perlambatan sesuai dengan bertambah atau berkurangnya kedalaman perairan, dengan proses ini arah pergerakan arah gelombang juga berubah dan energi gelombang bias menjadi terfokus atau juga menyebar

diperairan dalam tsunami mampu bergerak dengan kecepatan 500 sampai 1000 kilometer per jam, demikian juga ketinggian tsunami juga bergantung pada kedalaman perairan. Amplitudo tsunami yang hanya memiliki satu meter di perairan yang meninggi hingga puluhan meter di garis pantai (Puspito, 2010).

2.3 Mekanisme Terjadinya Tsunami

Sebagian besar tsunami yang terjadi di dunia disebabkan oleh pergeseran vertikal kerak bumi di dasar laut dalam yang berkaitan dengan gempa bumi tektonik lepas pantai. Perubahan dasar laut secara mendadak tersebut diikuti oleh perubahan tempat massa air laut secara mendadak pula yang dapat menimbulkan gelombang air laut yang Panjang (dapat mencapai 800 km) dengan periode gelombang yang lama (dapat mencapai 60 menit). Gelombang tersebut menjalar dengan kecepatan yang sangat tinggi (dapat mencapai 800 km per jam) secara frontal dengan arah tegak lurus terhadap bidang pergeseran dasar laut, yang biasanya terjadi pada zona subduksi.

Menurut BMG, magnitude Tsunami yang terjadi di Indonesia berkisar antara 1,5-4,5 skala Imamura, dengan tinggi gelombang tsunami maksimum yang mencapai pantai berkisar antara 4–24 meter dan jangkauan gelombang ke daratan berkisar antara 50 sampai 200 meter dari garis pantai. Gempa yang menimbulkan tsunami Sebagian besar berupa gempa yang mempunyai mekanisme fokus dengan komponen dip-slip, yang terbanyak adalah tipe thrust seperti yang terjadi pada tsunami Flores tahun 1992 (Bambang, 2005).

Klasifikasi gempa menurut kedalamannya dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

Tabel 2. 4 Klasifikasi Gempa Menurut Kedalaman

Kedalaman	Klasifikasi
$0 < h \leq 60 \text{ km}$	Gempa Dangkal
$60 < h \leq 300 \text{ km}$	Gempa Menengah
$h > 300 \text{ km}$	Gempa Dalam

Sedangkan menurut besar kecilnya magnitude (M), Hagiwara (1964) mengklasifikasi besarnya magnitude gempa sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Klasifikasi Besaran Magnitude Terhadap Besaran Gempa

Magnitude (M)	Klasifikasi
$M \geq 7$	Gempa Besar
$5 \leq M < 7$	Gempa Sedang
$3 \leq M < 5$	Gempa Kecil
$1 \leq M < 3$	Gempa Mikro
$M < 1$	Gempa Ultra Mikro

Hubungan matematis besaran magnitude gelombang tsunami (magnitude tsunami, m) dengan magnitude gempa (M) adalah sebagai berikut:

$$m = 2,8M - 19,4 \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

m = magnitude tsunami

M = magnitude gempa

Sedangkan tsunami di Indonesia IIDA merumuskan magnitude tsunami sebagai berikut:

$$m = 2,26M - 14,18 \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

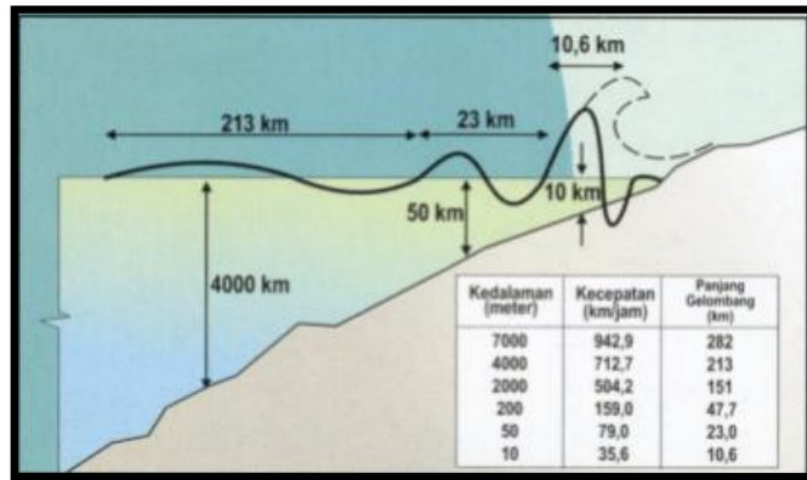
m = magnitude tsunami dan

M adalah magnitude gempa.

Seperti yang diungkapkan di atas, gempabumi adalah sumber yang paling dominan dalam memicu terjadinya gelombang tsunami (Marwanta, 2005).

Mekanisme sesar naik ataupun sesar turun adalah paling dominan untuk menimbulkan gelombang tsunami. Perubahan massa air di dasar laut akibat adanya aktifitas sesar naik ataupun sesar turun menghasilkan gelombang laut di permukaan dengan Panjang gelombang ratusan kilometer dan kecepatan hingga 900 km/jam. Kecepatan gelombang tsunami bergantung pada kedalaman laut. Misalnya kedalaman laut mencapai 7000 m, maka kecepatannya bisa mencapai 942,9 km/jam.

Gambar 2.2 Menjelaskan tentang Kecepatan Gelombang Tsunami. Dari gambar ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar kedalamannya maka kecepatan tsunami dan Panjang gelombangnya juga semakin besar. Begitu pun sebaliknya semakin kecil (dangkal) kedalamannya maka kecepatan dan Panjang gelombang yang di hasilkan juga maka akan semakin kecil.



Gambar 2. 2 Kecepatan Gelombang Tsunami

(Sumber: www.esdm.go.id, 2021)

Kecepatan ini hampir sama dengan kecepatan pesawat jet. Meskipun di tengah laut gelombang tersebut mempunyai amplitudo yang kecil (berkisar 50 cm), tetapi setelah mencapai pantai gelombang tersebut mengalami amplifikasi sehingga meningkatkan amplitudo (ketinggian gelombang) hingga puluhan meter, dengan ketinggian gelombang sebesar itu dan kecepatan gelombang bisa mencapai 50 km/jam di pantai. Gelombang tsunami dengan massanya yang besar akan merusakkan apa saja yang diterjangnya hingga masuk ke daratan, bahkan dapat mencapai 3 km, tergantung morfologi pantainya. Tidak semua gempa bumi di dasar laut menimbulkan tsunami.

Syarat terjadinya tsunami yaitu:

1. pusat gempa (episenter) berada di bawah laut,
2. pusat gempa berkisar antara 0-30 km (biasa dikenal dengan sebutan gempa dangkal),

3. Magnitudo gempa yang berdampak biasanya lebih besar dari 6 skala Richter, tsunami yang besar umumnya juga terjadi apabila terjadi diskolasi vertikal, atau pada sesar naik atau sesar turun

2.4 Teori Mitigasi

Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang penanggulangan Bencana pasal 1, ayat 9 mendefinisikan Mitigasi bencana sebagai serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bersama, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Pasal 1 ayat 6 PP No 21 Tahun 2008 Tentang penyelenggaraan penanggulangan Bencana).

Tahap-tahap Penanganan Bencana Berdasarkan Siklus waktunya, kegiatan penanganan bencana dapat dibagi 4 kategori:

1. Mitigasi Merupakan tahap awal penanggulangan bencana alam untuk mengurangi dan memperkecil dampak bencana. Mitigasi adalah kegiatan sebelum bencana terjadi. Contoh kegiatannya antara lain membuat peta wilayah rawan bencana, pembuatan bangunan tahan gempa, penanaman pohon bakau, penghijauan hutan, serta memberikan penyuluhan dan meningkatkan kesadaran masyarakat.
2. Kesiapsiagaan merupakan perencanaan terhadap cara merespons kejadian bencana. Perencanaan dibuat berdasarkan bencana yang pernah terjadi dan bencana lain yang mungkin akan terjadi. Tujuannya adalah untuk meminimalkan korban jiwa dan kerusakan sarana-sarana pelayanan umum yang meliputi upaya mengurangi tingkat resiko, pengelolaan sumber-sumber daya masyarakat, serta pelatihan warga di wilayah rawan bencana.
3. Respons tanggap darurat merupakan upaya meminimalkan bahaya yang diakibatkan bencana. Tahap ini berlangsung sesaat setelah terjadi bencana. Rencana Penanggulangan bencana dilaksanakan dengan fokus pada upaya pertolongan korban bencana dan antisipasi kerusakan yang terjadi akibat bencana.
4. Pemulihan dan rehabilitasi dan rekonstruksi merupakan upaya mengembalikan kondisi masyarakat seperti semula. Pada tahap ini, fokus

diarahkan pada penyediaan tempat tinggal sementara bagi korban serta membangun kembali saran dan prasarana yang rusak, selain itu, dilakukan evaluasi terhadap Langkah penanggulangan bencana yang dilakukan.

Berikut beberapa upaya mitigasi terhadap bencana tsunami menurut Triton PB (2009:158-164):

1. Mitigasi tsunami dengan memanfaatkan kondisi alam, seperti di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan memanfaatkan gumuk pasir dan swale.
2. Mitigasi tsunami dengan menggunakan bangunan pemecah gelombang dan dinding pantai.
3. Mitigasi tsunami dengan menggunakan hutan beton, yaitu hutan buatan yang terdiri dari tegakan beton.
4. Mitigasi tsunami menggunakan vegetasi, yaitu upaya penghijauan daerah pantai yang paling ramah lingkungan dan bisa menjaga kelestarian sumber daya alam. Fungsi hutan pantai selain untuk meredam terjangan gelombang tsunami juga dapat berfungsi menahan puing-puing benda yang akan dihanyutkan ke daratan.
5. Mitigasi dengan penataan ruang pantai. Upaya mitigasi dengan melakukan penataan ruang pantai dapat dilakukan dengan cara membuat zonasi tata guna lahan yang ramah tsunami.
6. Mitigasi tsunami dengan peningkatan kesadaran masyarakat.

Upaya peningkatan kesadaran masyarakat yang tanggap bencana tsunami dapat dilakukan melalui berbagai cara, antara lain:

1. Melalui papan pengumuman di daerah rawan bencana tsunami.
2. Melalui Sosialisasi langsung kepada masyarakat yang tinggal di daerah rawan bencana
3. Melalui papan arah jalur evakuasi menuju tempat aman dari tsunami.
4. Memanfaatkan pemetaan daerah rawan bencana tsunami.

Ada empat Langkah yang bisa diupayakan dalam melakukan mitigasi bencana tsunami (jokowinarno, 2011), yaitu:

1. Melakukan upaya-upaya perlindungan terhadap kehidupan, infrastruktur dan lingkungan pesisir.
2. Meningkatkan pemahaman dan peran serta masyarakat pesisir terhadap kegiatan mitigasi bencana gelombang pasang.
3. Salah satu bentuk upaya mitigasi bencana adalah dengan dibuatnya jalur serta tempat evakuasi bencana tsunami (TES) pada daerah yang terdampak tsunami.
4. Pembuatan jalur serta tempat evakuasi menggunakan peta sebaran luas wilayah rendaman tsunami sebagai acuan untuk menentukan jalur dan tempat yang aman untuk digunakan proses evakuasi (Aldison, 2021).

2.5 Dasar Perencanaan dan Pembangunan TES Tsunami

Dalam melakukan evaluasi untuk penentuan perlu atau tidaknya menciptakan TES tsunami di suatu daerah, beberapa yang harus dipertimbangkan adalah aspek ancaman bahaya tsunami, aspek kerentanan dan aspek kapasitas yang dimiliki oleh suatu wilayah kota/kabupaten. Hal ini sesuai dengan rumus dasar analisis risiko bencana sebagai berikut:

$$\text{Resiko} \approx \text{Ancaman} \times \frac{\text{Kerentanan}}{\text{Kapasitas}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Aspek bahaya dan aspek kerentanan berbanding lurus dengan risiko bencana yang dihadapi oleh suatu wilayah, sedangkan aspek kapasitas berbanding terbalik dengan risiko bencana. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi aspek bahaya maupun aspek kerentanan, maka semakin besar risiko bencana tsunami yang dihadapi oleh suatu daerah kota/kabupaten. Namun sebaliknya, semakin tinggi aspek kapasitas, maka semakin kecil risiko bencana suatu daerah terhadap tsunami.

Aspek yang sangat mempengaruhi dalam perencanaan dan penentuan perlu tidaknya pembangunan TES tsunami disuatu Kawasan tsunami adalah faktor kapasitas evakuasi yang dalam hal ini bergantung pada: kondisi infrastruktur jalan

di suatu Kawasan, jumlah populasi penduduk terpapar tsunami, serta kemampuan orang berjalan cepat yang digambarkan dengan kecepatan dan luas yang dibutuhkan untuk orang berjalan cepat jauh (BNPB, 2013).

2.6 Kapasitas Evakuasi

Kapasitas Evakuasi merupakan keahlian suatu infrastruktur yang terdapat di suatu Kawasan rawan tsunami untuk mengevakuasi seluruh penduduk terpapar tsunami di Kawasan tersebut agar selamat dari tsunami. Dengan kata lain kapasitas evakuasi tersebut bisa ditafsirkan dengan kemampuan jalan utama desa untuk dilalui orang evakuasi. Bersumber pada pertimbangan pada kondisi normal, kecenderungan/ tendensi secara universal penduduk suatu daerah untuk melakukan evakuasi apabila mendengar kan peringatan tsunami ataupun isyarat dalam memilih jalan utama sebagai rute evakuasi, memilah jalan terpendek ke tempat nyaman serta menghindari tepi laut. Hingga pehitungan kapasitas evakuasi bisa diformulasikan dirumuskan sebagai berikut (Rahayu H.P., 2011 ; BNPB, 2013).

$$Ev = \frac{W(m)}{Space(m^2/orang)} \dots \dots \dots (2.4)$$

E_v = Kapasitas Evakuasi (org/menit)

W = Lebar Jalan (Meter)

Velocity = Kecepatan rata-rata orang berjalan (3.3 km/jam)

Space = Ruang untuk orang berjalan cepat = $1m^2/org$

Dengan menggunakan standar kecepatan orang berjalan cepat 3.3 km/jam dan ruang untuk berlari $1m^2/org$, maka kapasitas evakuasi menjadi:

$$Ev = \frac{W(m)}{1(m^2)} \times \frac{3300 m}{60 menit} = 53.67 W \frac{org}{menit} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dalam kondisi normal, penduduk dari suatu Kawasan rawan tsunami apabila mencermati ciri peringatan tsunami ataupun merasakan tanda-tanda dalam sebelum terjadi tsunami, maka untuk melakukan evakuasi dengan mengambil jarak terpendek menuju jalan utama untuk evakuasi tempat aman serta menjauhi pantai. Ruang gerak untuk evakuasi dalam kondisi normal sekitar $1 m^2$ per orang, semakin sempit ruang gerak maka semakin lambat kecepatan orang berlari. Maka akan melakukan evakuasi secara sporadic sehingga seringkali menimbulkan

kemacetan luar biasa. Sehingga kondisi ini akan memperburuk kapasitas evakuasi infrastruktur yang ada. Sehingga kapasitas evakuasi menurun dan waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi (ETE) akan lebih Panjang (BNPB, 2013).

2.7 Penentuan Perlu Tidaknya TES Tsunami

Berdasarkan kajian kerentanan dan kajian kapasitas evakuasi, maka hal yang paling kritis adalah menghitung berapa waktu yang diharapkan untuk dapat mengevakuasi seluruh penduduk suatu lingkungan dengan kapasitas evakuasi yang ada. Waktu yang ditentukan tersebut adalah waktu untuk mengevakuasi penduduk terpapar (ETE- *Estimted Time ForEvacuation*), yang dijabarkan dalam rumus berikut:

$$ETE = \frac{P_{all}}{E_v} = \frac{P_{all}}{53.67W} \text{ menit} \dots \dots \dots (2.6)$$

ETE = Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi seluruh warga terpapar tsunami dalam satu desa (*Estimated Time For Evacuation*)

Pall = Jumlah populasi terpapar tsunami per desa yang harus mencapai jalan utama untuk evakuasi (Orang)

E_v = Kapasitas Evakuasi (org/menit)

Untuk kondisi khusus: apabila tedapat hambatan pada infrastruktur jalan untuk evakuasi seperti lebar jalan yang berkurang akibat digunakan untuk parkir mobil, pedagang kaki lima, dll, maka hambatan ini harus diperhitungkan juga dalam kapasitas evakuasi, yaitu dengan mengurangi lebar jalan dengan lebar kendaraan (asumsi lebar kendaraan ± 2,24 meter) kedalam rumus dibawah ini, sehingga rumus kapasitas jalan menjadi sebagai berikut:

$$W_h = W - 2,4 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan:

W_h = Lebar Jalan dengan Hambatan

W = Lebar Jalan

Berdasarkan besar kapasitas evakuasi baik tanpa hambatan maupun dengan hambatan, maka penentuan perlu tidaknya dibangun TES di suatu lokasi/lingkungan adalah berdasarkan pertimbangan bahwa keberadaan TES

sangat diperlukan apabila waktu yang diperlukan evakuasi (ETE) lebih besar dari waktu yang tersisa (*lead time/golden time*), Lead time/golden time merupakan sisa waktu yang berharga untuk menyelamatkan diri yang merupakan perbedaan antara estimasi waktu kedatangan tsunami dikurangi dengan estimasi waktu yang diperlukan peringatan dini tsunami sampai kemasyarakat

$$ETE > ETA - TEW \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

ETE = Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi seluruh warga terpapar tsunami dalam satu desa (*Estimated Time For Evacuation*)

ETA = Estimasi Waktu Tiba Tsunami (*Estimated Time For Tsunami Arrival*)

TEW = Waktu yang diperlukan untuk menerbitkan peringatan Tsunami (*Estimated Time For Tsunami warning*) untuk sampai ke masyarakat.

Bila ETE lebih kecil dari lead-time tersebut, maka keberadaan TES tidak diperlukan (BNPB, 2013).

2.8 Kriteria Pemilihan Lokasi TES

Penentuan Tempat Evakuasi Sementara sangat penting di lakukan terutama di daerah yang rawan terhadap bahaya tsunami serta mempunyai topografi yang rendah serta jauh dari wilayah topografi tinggi (aman dari bahaya tsunami) (BNPB, 2012). Semakin dekat lokasi TES dengan permukiman warga tempat rawan tsunami, maka semakin banyak orang juga yang bisa diselamatkan. Lokasi untuk fasilitas TES memiliki beberapa kriteria umum atau persyaratan yang harus di pertimbangkan dalam menentukan sebuah lokasi sesuai atau tidak sebagai tempat dibangunnya TES. Oleh karena itu, lokasi TES harus mempertimbangkan beberapa kriteria sebagai berikut:

1. Lokasi TES Tsunami harus berada pada lokasi dimana orang-orang akan memiliki waktu yang cukup (sesuai dengan waktu pengungsian yang sudah dipengaruhi atau dihitung terlebih dahulu untuk lokasi terkait),
2. Lokasi TES harus berada pada ketinggian yang cukup diatas permukaan tanah, tergantung di tinggi genangan tsunami pada daratan (inundation).

Serta daerah yang akan dibangun TES harus memiliki peta rendaman tsunami terlebih dahulu.

3. Lokasi TES harus jauh dari asal bahan berbahaya dan beracun (B3) dan bahan radioaktif seperti Kawasan industri, pompa bensin, tangka minyak, tangka gas, pabrik kimia, dll.
4. Lokasi TES wajib jauh dari asal potensi asal sumber debris besar yang membahayakan, seperti berhamburnya kayu-kayu di dekat peti kemas Pelabuhan atau pabrik pengolahan kayu.
5. Lokasi TES wajib jauh dari asal lokasi yang berpotensi terjadinya runtuh batu-batu dinding penahan tanah.
6. Lokasi TES harus jauh dari asal struktur bangunan yang diperkirakan rentan atau tidak aman. Bila bangunan tersebut runtuh, atau elemen arsitektur yang jatuh, seperti bahan epilog atap, pecahan kaca pintu serta jendela, plafond/ langit-langit, bisa menjadi penghalang bagi penduduk menuju TES dan membahayakan keselamatan penduduk.
7. Lokasi TES wajib jauh dari kawasan pecahnya gelombang tsunami yang biasanya terjadi di tepi pantai. Gelombang pecah terjadi dimana kedalaman air terbatas saat mendekati pantai. Lokasi TES bila berada pada zona pecahnya ombak tsunami akan menambah resiko pada struktur TES tadi. Untuk alasan-alasan ini, tapak yang direkomendasikan untuk bangunan TES harus berlokasi di luar dari zona pecahnya ombak.
8. Jika lokasi TES berada di lingkungan kota, maka lokasi harus praktis sehingga mudah dijangkau dan dapat dilihat dari berbagai arah karena banyaknya bangunan tinggi, serta lokasi harus jauh dari asal stagnasi lalu lintas.
9. Lokasi TES harus dapat dijangkau oleh seluruh orang, baik yang sehat, maupun yang mempunyai keterbatasan fisik seperti orang tua, ibu hamil, anak-anak dan orang dengan kebutuhan khusus.

10. Saat menentukan lokasi TES, kita perlu belajar dari perilaku-sikap pengungsian warga setempat, khususnya yang bekerjasama dengan kearifan lokal. Sebagai contoh, kata “smog” di masyarakat simeuleu, pula kebanyakan masyarakat pantai telah mendidik keluarga mereka untuk “pergi ke kawasan yang tinggi”, bila dirasakan goncangan kuat.
11. Pertimbangan kriteria lokasi pula dapat diperoleh melalui diskusi beserta tokoh-tokoh norma, agama, dan pemuka warga yang terdapat di daerah tersebut. Setiap wilayah memiliki keunikan dan tradisi, tokoh-tokoh warga tentu lebih mengenal daerah mereka serta kebiasaan-kebiasaan masyarakatnya. Dengan melibatkan mereka, lokasi TES yang dipilih mudah diterima masyarakat, hal ini akan, membantu memudahkan evakuasi karena lokasi TES telah mereka kenal dengan baik.
12. Tanah yang ditentukan sebagai lokasi TES wajib dimiliki oleh pemerintah. Apabila lahan tersebut masih dimiliki oleh masyarakat atau perusahaan partikelir, wajib ada komunikasi dengan pemerintah. Pemerintah perlu membeli tanah tersebut atau mengadakan perjanjian antara pemilik tanah dengan pemerintah.

Kriteria daerah penampungan evakuasi horizontal ditetapkan sebagai berikut (Muck, 2008):

1. Terletak di luar zona genangan kelas penggunaan lahan yang sesuai (misalnya lahan terbuka, vegetasi terbuka, lahan pertanian).
2. Aksesibilitas yang baik (terhubung dengan jaringan jalan);
3. Luas Minimal 10.000 m²;
4. Kemungkinan $<10^0$ (daerah penampungan jangka Panjang), kemiringan sekitar $<20^0$ (daerah tempat tinggal sementara).

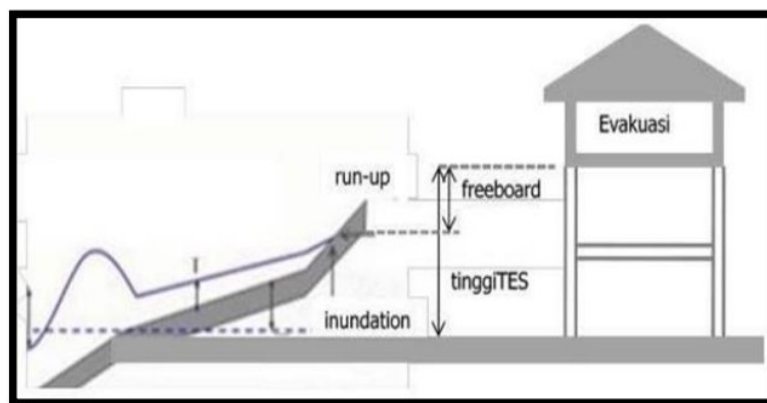
2.9 Kriteria Khusus Perencanaan Ketinggian Tsunami

Berdasarkan pedoman teknik perencanaan Tempat (TES) Tsunami oleh BNPB Tahun 2013, kriteria bangunan TES dari permukaan tanah harus mempertimbangkan dua unsur, yaitu tinggi genangan tsunami (tsunami

inundation) dan pertimbangan ketinggian puncak gelombang tsunami (*run-up elevation*). Ketinggian puncak gelombang berbeda-beda di setiap lokasi, tergantung kekuatan gempa bumi yang terjadi, kedalaman sumber gempa bumi dan kondisi topografi dasar lautan. Secara grafis, hubungan diantara tinggi inundation, *freeboard*, dan ketinggian bangunan TES dapat dilihat pada gambar dibawah ini *Freeboard* ini minimum direkomendasikan adalah sebesar genangan ketinggian satu lantai yaitu 3 meter, ditambah 30 % dari ketinggian *inundation*. *Freeboard* ini diberikan untuk menjaga bila kekuatan gelombang tsunami yang terjadi melebihi prediksi yang telah ditentukan sebelumnya. Rumus ketinggian fasilitas TES dari permukaan tanah berdadarkan FEMA P-646, 2012 adalah sebagai berikut:

$$T = T_i + \text{Freeboard} \dots\dots\dots (2.9)$$

- T = Tinggi TES dari permukaan tanah (dalam meter)
 T_i = Tinggi inundation gelombang tsunami (dalam meter)
 Freeboard = 3 + 30% T_i



Gambar 2. 3 Tinggi Bangunan TES

Sumber: BNPB 2013

Tabel 2. 6 Perkiraan Tinggi Maksimum Fasilitas TES dari Elevasi Permukaan Tanah

Lokasi	Prediksi Tinggi Genangan Tsunami	Tinggi Freeboard (3 m + 30% Tinggi Genangan)	Tinggi TES dari Permukaan Tanah
Lokasi 1	1m	$3\text{m} + 0,3 = 3,3\text{m}$	$1\text{m} + 3,3\text{m} = 4,3\text{m}$
Lokasi 2	2m	$3\text{m} + 0,6 = 3,6\text{m}$	$2\text{m} + 3,6\text{m} = 5,6\text{m}$
Lokasi 3	3m	$3\text{m} + 0,9 = 3,9\text{m}$	$3\text{m} + 3,9\text{m} = 6,9\text{m}$
Lokasi 4	4m	$3\text{m} + 1,2 = 4,2\text{m}$	$4\text{m} + 4,2\text{m} = 8,2\text{m}$
Lokasi 5	5m	$3\text{m} + 1,5 = 4,5\text{ m}$	$5\text{m} + 4,5\text{m} = 9,5\text{m}$

2.10 Berbagai Tipe TES Tsunami

Fasilitas TES terdiri dari berbagai tipe fasilitas. TES dengan pemanfaatan tunggal, yaitu digunakan hanya untuk evakuasi sementara, dan TES dengan pemanfaatan berbagai fungsi (*mulfi-function*), yaitu yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari untuk fungsi pelayanan umum selain tempat evakuasi sementara. Bangunan TES selain sebagai bangunan fisik juga bisa berupa bukit alami dan bukit buatan (*artificial hill*). TES sebagai multifungsi dapat merupakan bangunan public seperti kantor pemerintahan sekolah, Pusat kesehatan masyarakat, gedung olahraga, gedung pertemuan gedung parkir, pertokoan dan pasar, hotel, yang dapat digunakan bersamaan sebagai TES.

Ragam Tipe TES ada 4, yaitu:

1. Bukit alami (*naturally high ground*)
2. Bukit Buatan (*Artificial Hill*)
3. TES dengan pemanfaatan tunggal,
4. TES dengan pemanfaatan multifungsi

2.11 Komunitas Siaga Tsunami

Pembentukan komunitas siaga tsunami dibentuk berdasarkan penilaian 12 indikator yang ditetapkan dari UNESCO-IOC. Pembentukan komunitas

merupakan salah satu upaya pengurangan resiko bencana gempa bumi dan tsunami. tsunami. Perencanaan wilayah yang tidak optimal dan kurang memperhatikan resiko bencana, minimnya fasilitas jalur evakuasi dan tidak tersedianya tempat evakuasi merupakan bagian dari ketidakmampuan masyarakat dalam menghadapi bencana. Terkait kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana dengan sasaran utama adalah tersedianya rambu evakuasi tsunami, Tempat Evakuasi Sementara Tsunami (TES Tsunami) dan pembentukan komunitas siaga tsunami. Dua belas (12) indikator antara lain yang harus dipenuhi dan telah ditetapkan oleh UNESCO-IOC adalah:

1. Masyarakat memiliki peta rawan bahaya tsunami
2. Masyarakat menginventarisir informasi Perkiraan Jumlah Orang di Wilayah Rawan Bahaya Tsunami
3. Tersedianya papan informasi publik tentang gempa dan tsunami.
4. Tersedianya inventaris sumber daya ekonomi, infrastruktur, politik dan sosial untuk pengurangan risiko bahaya tsunami.
5. Memiliki peta evakuasi tsunami yang mudah dimengerti, yang disusun bersama dengan pihak berwenang berkolaborasi dengan masyarakat.
6. Materi pendidikan dan kesiapsiagaan yang didistribusikan.
7. Melaksanakan kegiatan pendidikan dan kesiapsiagaan secara rutin.
8. Melaksanakan pelatihan tsunami minimal 2 (dua) tahun sekali.
9. Memiliki rencana operasi darurat tsunami.
10. Memiliki kapasitas untuk mendukung pelaksanaan tanggap darurat tsunami.
11. Memiliki kemampuan menerima info gempa dan peringatan dini tsunami 24/7.
12. Memiliki kemampuan menyebarluaskan info gempa dan peringatan dini tsunami 24/7.

2.12 3 Langkah Tanggap Bencana

Peluang selamat dari sebuah tsunami sangat tergantung pada kapasitas dari orang Yang terdampak untuk menilai situasinya dengan cepat serta mengambil

keputusan dan Tindakan yang tepat dalam keadaan darurat. Di Indonesia peringatan tsunami disediakan oleh sistem peringatan dini Tsunami Indonesia (InaTEWS). Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika mengoperasikan Pusat Peringatan Tsunami Nasional dan bertanggung jawab atas penyebaran peringatan tsunami secara tepat waktu kepada Lembaga-lembaga perantara dan media public di Indonesia.

Untuk menginformasikan kepada publik skema peringatan tsunami yang baru dan meningkatkan pemahaman public tentang bagaimana bereaksi secara cepat, telah dirancang seperangkat materi informasi. Materi ini dirancang secara singkat dan sederhana agar mudah diingat, serta untuk dijadikan referensi cepat baik public maupun umum. Konsep 3 langkah Tanggap Tsunami disusun dengan bekerjasama dengan sebuah agensi komunikasi. Konsepnya didasarkan pada pendekatan 3 langkah tentang bagaimana bereaksi terhadap suatu ancaman tsunami dengan menjelaskan prosedur gempa bumi, peringatan, dan evakuasi yang sifatnya dasar (BMKG). Berikut merupakan 3 Langkah Tanggap Tsunami antara lain;

1. Tanggap Gempa

Meningkatkan kesadaran akan kemungkinan bahwa gempa bumi yang kuat atau yang berlangsung lama bisa diikuti oleh Tsunami. Karenanya, dalam situasi seperti itu, masyarakat disarankan untuk menjauhi pantai dan tepi sungai dan mencari informasi lebih jauh.

2. Tanggap Peringatan

Memberi informasi bahwa peringatan Tsunami dari BMKG dapat diakses melalui media *public* dan bagaimana membacanya dengan benar. Bagian ini juga menjelaskan tentang tiga tingkat peringatan dan apa reaksi yang diharapkan untuk setiap tingkatan. Juga ditekankan bahwa masyarakat harus menyimak pengumuman-pengumuman dan bunyi sirine berarti pemerintah menghimbau untuk melakukan evakuasi segera.

3. Tanggap Evakuasi

Mengingatkan masyarakat di daerah pesisir untuk segera meninggalkan tempat begitu mengalami gempa bumi yang kuat atau berlangsung lama. Pesan ini juga memberikan informasi dasar tentang prosedur umum evakuasi

2.13 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah warga masyarakat yang bertempat tinggal di Distrik Muara Tami, sedangkan sampel dalam penelitian ini adalah masyarakat yang berada di kampung Holtekamp, Skouw Yambe, Skouw Mabo, dan Skouw Sae. Responden adalah warga masyarakat yang telah cukup dewasa dan memiliki pengetahuan yang baik untuk menjawab kuisisioner.

Pengambilan populasi dan sampel dalam penelitian ini didasarkan pada masyarakat terdampak tsunami dipesisir distrik muara tami. Jumlah responden (sampel) yang akan diwawancarai dipilih secara acak, Perhitungan sampel dilakukan dengan rumus Frank Lynch (Sugiarto,2001:60) persamaan (2.10). Dan untuk Teknik sampling menggunakan Teknik *proportional Random Sampling* (Sugiyono,2007:68) pada persamaan (2.11)

$$n = \frac{NZ^2 2P(1-P)}{NE^2 + Z^2 P(1-P)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$n = \frac{x}{N} \times N_1 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

- n : Jumlah Sampel
- N : Jumlah Populasi
- Z : Nilai standar sesuai dengan tingkat kepercayaan (dalam halini bernilai 1,96 pada tingkat kepercayaan 95%)
- E : Error yaitu tingkat kesalahan yang ditentukan (dalam halini penulis menetapkan 10% atau 0,10)
- P : Proporsi kemungkinan terbesar (0,50)
- X : Jumlah Populasi Setiap Wilayah
- N₁ : Sampel