SKRIPSI

PENENTUAN JALUR DAN TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA BENCANA TSUNAMI PADA KAWASAN PESISIR KABUPATEN JENEPONTO
(STUDI KASUS: KECAMATAN BINAMU)

Disusun dan diajukan oleh

NABILAH NUR INAYAH MUCHSIN
D101171022

DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENENTUAN JALUR DAN TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA BENCANA TSUNAMI PADA KAWASAN PESISIR KABUPATEN JENEPONTO (STUDI KASUS: KECAMATAN BINAMU)

Disusun dan diajukan oleh

NABILAH NUR INAYAH MUCHSIN
D101171022

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 03 September 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Dr. Eng. Ir.Abdul Rachman Rasyid, S.T., M.Si	**Sri Aliah Ekawati, ST., MT**
NIP. 19741006 200812 1 002	**NIP. 19850824 201212 2 004**

Ketua Program Studi,
Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, S.T., M.Si
NIP. 19741006 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Nabilah Nur Inayah Muchsin
NIM	: D101171022
Program Studi	: Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK)
Jenjang	: S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penentuan Jalur dan Tempat Evakuasi Bencana Tsunami pada Kawasan Pesisir Kabupaten Jeneponto (Studi Kasus: Kecamatan Binamu)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 3 September 2021

Yang Menyatakan,

Nabilah Nur Inayah Muchsin

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"Penentuan Jalur dan Tempat Evakuasi Bencana Tsunami pada Kawasan Pesisir Kabupaten Jeneponto (Studi Kasus: Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto)"** sebagai salah satu syarat kelulusan di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penentuan jalur dan tempat evakuasi sementara berangkat dari keresahan penulis terkait risiko bencana tsunami tinggi yang sangat membahayakan penduduk yang berada di kawasan pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto. Skripsi ini menyajikan arahan penentuan jalur dan tempat evakuasi sementara bencana tsunami berdasarkan standar dari BNPB. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi salah satu rujukan bagi pemerintah maupun masyarakat untuk dapat menerapkan arahan penentuan jalur dan tempat evakuasi sementara ini, guna menghindari adanya kerugian akibat tsunami yang mengancam kawasan pesisir Kecamatan Binamu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan di dalamnya dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Akhir kata, Semoga Allah SWT senantiasa meridhai segala usaha kita.

Wassalamu Alaikum Warrohmatullahi Wabarokatuh.

Gowa, Juli 2021

Nabilah Nur Inayah Muchsin

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillahi-rabbil 'alamiin. Segala puji dan syukur atas kehadiran **Allah Subhanahu Wa Ta'ala,** yang senantiasa melimpahkan nikmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan dan penulisan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak dalam proses pembuatannya. Olehnya itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua (Bapak Muchsin (Alm)) semoga bapak bangga dengan apa yang telah penulis capai hingga hari ini dan Ibu (St. Zainab) atas kesabaran, dukungan, nasehat dan doa yang tiada hentinya diberikan kepada penulis;
2. Saudara-saudara penulis (Diah Nurul Islami M dan Azizah Nur Adilah) atas doa dan dukungan serta motivasi yang diberikan;
3. Rektor Universitas Hasanuddin (Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A) atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis;
4. Dekan Fakultas Teknik (Bapak Prof. Dr. Ir. A. Muhammad Arsyad Thaha, MT) atas dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis;
5. Kepala Departemen sekaligus Ketua Prodi S1- Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) Universitas Hasanuddin sekaligus Dosen Pembimbing I (Dr-Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si) atas bantuan, ilmu, waktu, tenaga ,dan kesabaran yang diberikan kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
6. Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota sekaligus Dosen Pembimbing II (Sri Aliah Ekawati, ST., MT.) atas bantuan, ilmu, waktu, tenaga ,dan kesabaran yang diberikan kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
7. Kepala Studio Akhir Perencanaan Wilayah dan Kota (Ibu Dr. Tech. Yasinta K.D.S, ST, MIP**)** atas motivasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis dengan ikhlas selama berada di studio akhir, semoga beliau senantiasa mendapatkan rahmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Aamiin.

8. Dosen Penasihat Akademik (Mukti Ali, ST., MT., Ph.D,.) atas, ilmu, kesabaran, bimbingan, serta arahan, sangat bermanfaat bagi penulis selama menempuh pendidikan jenjang Strata 1;
9. Dosen Penguji 1 (Dr. Eng. Ihsan, ST.,MT) atas bimbingan, koreksi dan arahan dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
10. Dosen Penguji 2 (Gafar Lakatupa, ST.,M.Eng) atas koreksi dan arahan dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
11. Seluruh Dosen di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota dan dosen-dosen lainnya di Fakultas Teknik atas ilmu dan nasihat selama perkuliahan;
12. Para Staf administrasi Departemen Perencanaan wilayah dan kota, khususnya (Bapak Haerul Muayyar, S.Sos, Bapak Faharuddin, dan Bapak Sawalli) yang telah membantu kegiatan administrasi penulis dari kegiatan perkuliahan sampai pada penyelesaian tugas akhir;
13. Rekan-rekan penulis, keluarga besar PWK 2017 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas waktu singkatnya serta warna-warni kebersamaan, kekeluargaan, dukungan, kepedulian dan semua canda tawa yang telah mewarnai hari-hari penulis selama duduk di bangku kuliah.
14. Rekan-rekan seperjuangan di TIM 1 STA, Fitha, Iffah, Opi, Eva, Herman, Ilham, dan Jay, atas perjuangan, kesabaran, kebersamaan, kerja sama, dukungan, dan bantuannya selama penulisan tugas akhir ini.
15. Rekan-rekan seperjuangan di LBE Regional planning, Tourism and Disaster Mitigation, atas kebersamaan, kerja sama, dukungan, bantuannya selama penulisan tugas akhir ini.
16. Keluarga besar pengurus BE HMPWK FT-UH Periode 2020 terima kasih atas kerjasama selama kepengurusan dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
17. Sahabat-sahabatku, HNI, JBG, anak-anak Pondok Ikram, Ikha, Dian, yang telah menemani penulis berjuang menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai.
18. Seluruh masyarakat dan instansi pemerintah di lokasi studi penulis.

Dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar tugas akhir ini menjadi lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Gowa, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL i
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR) ii
PERNYATAAN KEASLIAN iii
KATA PENGANTAR iv
UCAPAN TERIMAKASIH v
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
ABSTRACT xvi
ABSTRAK xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Pola Permukiman 6
2.1.1 Pengaruh Pola Perumahan dan Permukiman pada Strategi Mitigasi Tsunami 10
2.1.2 Karakteristik Wilayah Pesisir 11
2.2 Ancaman Tsunami di Kawasan Pesisir 12
2.2.1 Tsunami 13
2.2.2 Kerentanan Kawasan Pesisir terhadap Bencana Tsunami 16
2.2.3 Zona Inundasi (genangan) Tsunami 17
2.3 Jalur Evakuasi Tsunami 18
2.3.1 Persayaratan Teknis Jalur Evakuasi 22
2.3.2 Jalur Evakuasi Terbaik/ Tercepat 24
2.4 Perbedaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi

Akhir (TEA) 27
2.5 Kebutuhan Tempat Evakuasi Sementara 27
2.6 Tempat Evakuasi Sementara Bencana Tsunami 28
2.6.1 Ketinggian TES Tsunami 32
2.6.2 Aksesibilitas TES (Tempat Evakuasi Sementara) 33
2.7 Penelitian Terdahulu 33
2.8 Kesimpulan Tinjauan Pustaka 38
2.9 Kerangka Pikir 42
BAB III METODE PENELITIAN 43
3.1 Lokasi Penelitian 43
3.2 Jenis Data 44
3.2.1 Data Primer 44
3.2.2 Data Sekunder 44
3.3 Teknik Pengumpulan Data 45
3.4 Teknik Analisis Data 45
3.4.1 Analisis Kebutuhan Tempat Evakuasi Sementara 45
3.4.2 Analisis Ketinggian Bangunan TES 47
3.4.3 Analisis Spasial 48
3.5 Variabel Penelitian 54
3.6 Definisi Operasional 55
3.7 Kerangka Konsep Penelitian 56
BAB IV GAMBARAN UMUM 57
4.1 Gambaran Umum Kabupaten Jeneponto 57
4.1.1 Kondisi Geografis Kabupaten Jeneponto 57
4.1.2 Demografi 66
4.2 Bencana Kabupaten Jeneponto 69
4.3 Wilayah Penelitian 71
4.3.1 Letak Astronomis dan Geografis 71
4.3.2 Letak Administrasi 71
4.3.3 Penggunaan Lahan 72
4.3.4 Demografi 73
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 78
5.1 Pola Permukiman Kawasan Ancaman Tsunami 78

5.2 Zona Inundasi (genangan) Tsunami 83
5.3 Penentuan Jalur dan Tempat Evakuasi Sementara 92
5.3.1 Kebutuhan Tempat Evakuasi Sementara 92
5.3.2 Cost Weight Distance (CWD) 93
5.3.3 Analisis Aksesibilitas..... 97
5.3.4 Analisis Lokasi Tempat Evakuasi Sementara..... 100
5.3.5 Analisis Lokasi Tempat Evakuasi Sementara Berdasarkan Tinggi Bangunan 106
5.3.6 Analisis Aksesibilitas..... 107
5.3.7 Kebutuhan Tempat Evakuasi Sementara 110
5.3.8 Aksesibilitas (kondisi jalur)..... **Error! Bookmark not defined.**
5.3.8 Aksesibilitas (kondisi jalur)..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB VI PENUTUP 124
6.1 Kesimpulan..... 124
6.2 Saran 124
DAFTAR PUSTAKA 125
CURRICULUM VITAE 130

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indeks Ancaman Bencana Tsunami 13
Tabel 2.2 Matriks Parameter Kerentanan Kawasan Pesisir terhdap Bencana Tsunami 17
Tabel 2.3 Nilai Koefisien Kekasaran Permukaan Masing-Masing Jenis Penutupan/ Penggunaan Lahan 18
Tabel 2.4 Nilai Penggunaan Lahan 25
Tabel 2.5 Nilai Kemiringan Lereng 26
Tabel 2.6 Perkiraan Tinggi Minimum Fasilitas TES dari Elevasi Permukaan Tanah . 33
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu 35
Tabel 2.8 Kesimpulan Tinjauan Pustaka 38

Tabel 3.1 Nilai Koefisien Kekasaran Permukaan Masing-Masing Jenis Penutupan/ Penggunaan Lahan 49
Tabel 3.2 Nilai Penggunaan Lahan 52
Tabel 3.3 Nilai Kemiringan Lereng 52

Tabel 4.1 Luas Wilayah Menurut Kecamatan di Kabupaten Jeneponto 58
Tabel 4.2 Tinggi Wilayah Di Atas Permukaan Laut (DPL) Menurut Kecamatan 61
Tabel 4.3 Tabel Jenis Penggunaan Lahan Kabupaten Jeneponto 64
Tabel 4.4 Persentase Penduduk dan Kepadatann Penduduk Berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Jeneponto (2019) 66
Tabel 4.5 Luas Wilayah Kecamatan Binamu Menurut Desa/Kelurahan, 2019 71
Tabel 4.6 Luas Lahan di Kecamatan Binamu Menurut Desa/Kelurahan dan Penggunaannya, 2019 (Ha) 72
Tabel 4.7 Penduduk Kecamatan Binamu Menurut Desa/Kelurahan, 2019 73
Tabel 4.8 Penduduk Kecamtan Binamu Menurut Desa/Kelurahan, Jenis Kelamin, dan

Sex Rasio, 2019 74
Tabel 4.9 Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kecamatan Binamu Tahun 2019 74
Tabel 4.10 Jumlah Fakir Miskin Menurut Kecamatan di Kabupaten Jeneponto Tahun 2019 75
Tabel 4.11 Jumlah Penyandang Disabilitas Menurut Kecamatan di Kabupaten Jeneponto Tahun 2019 76
Tabel 4.12 Kepadatan Penduduk Kecamatan Binamu Menurut Desa/Kelurahan Tahun 2019 77

Tabel 5.1 Pertambahan Jumlah Bangunan di Kecamatan Binamu Tahun 2009, 2014, dan 2019 80
Tabel 5.2 Waktu yang Dibutuhkan untuk Melintasi Setiap Sel Berdasarkan Kelas Guna Lahan 94
Tabel 5.3 Waktu yang Dibutuhkan untuk Melintasi Setiap Sel Berdasarkan Rentang Kemiringan Lereng Tertentu 94

Tabel 5.4 Nilai Invers Speed 97
Tabel 5.5 Perhitungan Ketinggian Bangunan TES 106
Tabel 5.6 Arahan Mitigasi Bencana 118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Pola Permukiman Memusat 7
Gambar 2.2 Tipe-Tipe Pola Permukiman 7
Gambar 2.3 Pola Permukiman Linier 8
Gambar 2.4 Pola Permukiman Terpusat 8
Gambar 2.5 Pola Permukiman Tersebar 9
Gambar 2.6 Pola Permukiman Cluster 9
Gambar 2.7 Bangunan Cluster dan Tower untuk Persiapan Evakuasi 10
Gambar 2.8 Membangun Reorientasi Massa 11
Gambar 2.9 Transformasi Ketinggian Inundasi Tsunami Menjadi Indeks Bahaya Tsunami dengan Fuzzy Logic 18
Gambar 2.10 Jalur Evakuasi Primer, Sekunder serta Jalan Lingkungan 22
Gambar 2.11 Perhitungan Cost Weighted Distance Antara Dua Sel yang Berdekatan 25
Gambar 2.12 Analisis Jalur Paling Optimal Menggunakan Cost Weighted Distance dan Back-Link untuk Menemukan Rute yang Paling Cepat Antara Setiap Destinasi dan Asal. 26
Gambar 2.13 Tinggi Bangunan TES 32
Gambar 2.14 Estimasi Waktu Evakuasi dan Kedatangan Tsunami 33
Gambar 2.15 Kerangka Pikir Penelitian 42
Gambar 2.16 Peta Sebaran Bangunan Desa Pabiringa Tahun 2019 86

Gambar 3.1 Peta Administrasi Kecamatan Binamu 43
Gambar 3.2 Tinggi Bangunan TES 47
Gambar 3.3 Alur Proses Pembuatan Peta Bahaya Tsunami 50
Gambar 3.4 Perhitungan Cost Weighted Distance Antara Dua Sel yang Berdekatan. 51
Gambar 3.5 Analisis Jalur Paling Optimal Menggunakan Cost Weighted Distance dan Back-Link untuk Menemukan Rute yang Paling Cepat Antara Setiap Destinasi dan Asal. 53
Gambar 3.6 Kerangka Konsep Penelitian 56

Gambar 4.1 Grafik Persentase Luas Setiap Kecamatan di Kabupaten Jeneponto 58
Gambar 4.2 Peta Administrasi Kabupaten Jeneponto 59
Gambar 4.3 Peta Topografi Kecamatan Binamu 62
Gambar 4.4 Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Jeneponto 63
Gambar 4.5 Peta Penutupan Lahan Kabupaten Jeneponto 65
Gambar 4.6 Persentase Penduduk dan Kepadatann Penduduk Berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Jeneponto (2019) 68
Gambar 4.7 Peta Rawan Bencana Kabupaten Jeneponto 70

Gambar 5. 1 Peta Arah Gelombang Tsunami 79
Gambar 5.2 Orientasi Bangunan 80
Gambar 5.3 Peta Sebaran Bangunan Desa Biringkassi Tahun 2009 81
Gambar 5.4 Peta Sebaran Bangunan Desa Biringkassi Tahun 2014 82
Gambar 5.5 Peta Sebaran Bangunan Desa Biringkassi Tahun 2019 83
Gambar 5.6 Peta Sebaran Bangunan Desa Pabiringa Tahun 2009 84
Gambar 5.7 Peta Sebaran Bangunan Desa Pabiringa Tahun 2014 85
Gambar 5.8 Peta Sebaran Bangunan Desa Monro-Monro Tahun 2009 87
Gambar 5.9 Peta Sebaran Bangunan Desa Monro-MonroTahun 2014 88
Gambar 5.10 Peta Sebaran Bangunan Desa Monro-Monro Tahun 2019 89
Gambar 5.11 Peta Sebaran Bangunan Desa Empoang Selatan Tahun 2009 90
Gambar 5.12 Peta Sebaran Bangunan Desa Empoang Selatan Tahun 2014 91
Gambar 5.13 Peta Sebaran Bangunan Desa Empoang Selatan Tahun 2019 92
Gambar 5.14 Alur Pembuatan Peta Inundasi Menggunakan Aplikasi ArcMap 10.4.184
Gambar 5.15 Peta Daerah Inundasi (genangan) Tsunami 84
Gambar 5.16 Peta Guna Lahan Terendam Tsunami 85
Gambar 5.17 Peta Cost Surface Berdasarkan Kelas Guna Lahan (Detik/Meter) 96
Gambar 5.18 Peta Cost Surface (Hasil Akumulasi Guna Lahan dan Kemiringan Lereng) 99
Gambar 5.19 Peta Lokasi Potensial Tempat Evakuasi Sementara 101

Gambar 5.20 Peta Usulan Tempat Evakuasi Sementara 104
Gambar 5.21 Peta Usulan Tempat Evakuasi Sementara 105
Gambar 5.22 Peta Aksesibilitas Lokasi TES..... 109
Gambar 5.23 Peta Usulan Jalur Evakuasi 111
Gambar 5.24 Peta Usulan Jalur Evakuasi Desa Biringkassi 112
Gambar 5.25 Peta Usulan Jalur Evakuasi Desa Pabiringa 113
Gambar 5.26 Peta Usulan Jalur Evakuasi Desa Empoang Selatan 114
Gambar 5. 27 Contoh Rambu Jalur Evakuasi 115
Gambar 5.28 Kondisi Jalur Evakuasi..... 117
Gambar 5.29 Peta Arahan Mitigasi Bencana Tsunami Kawasan Pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto..... 119
Gambar 5.30 Peta Arahan Mitigasi Bencana Tsunami Desa Biringkassi 120
Gambar 5.31 Peta Arahan Mitigasi Bencana Tsunami Desa Pabiringa 121
Gambar 5.32 Peta Arahan Mitigasi Bencana Tsunami Desa Monro-Monro..... 122
Gambar 5.33 Peta Arahan Mitigasi Bencana Tsunami Desa Empoang Selatan..... 123

DETERMINATION OF TSUNAMI DISASTER EVACUATION PATHS AND PLACES IN THE COASTAL AREA OF JENEPONTO REGENCY

(Case Study : Binamu District)

Nabilah Nur Inayah Muchsin[(1)], **Abdul Rahman Rasyid**[(2)], **Sri Aliah Ekawati**[(2)]
Hasanuddin University, Indonesia

Email: nabilahnurinayah99@gmail.com

ABSTRACT

Based on the 2011 Tsunami Disaster Risk Study by BNPB and the RTRW of Jeneponto Regency in 2012-2031 wrote that Jeneponto Regency is one of the regencies in South Sulawesi Province that has a high risk of tsunami natural disasters which have the potential to have a maximum tsunami water height of 12 meters and an arrival time of 35 meters. minute. This study aims to map the location of temporary evacuation sites (TES) and evacuation routes in tsunami-prone areas to be one of the steps for tsunami disaster mitigation. The method used in this research is, spatial analysis, descriptive analysis through qualitative and quantitative approaches. The spatial analysis used is the analysis of least cost path and cost weighted distance to determine potential TES locations and disaster evacuation routes. The analysis determines the most optimal evacuation route (time and distance) from the tsunami-prone area to the temporary evacuation site (TES). The data collection techniques used were interviews, literature review, and field observations. The results obtained based on the results of the mapping of the tsunami hazard zone are as many as four villages are located in the prone zone that has the potential to be submerged by a tsunami. Public buildings that are proposed for TES locations do not meet the criteria for building height standards based on the location of TES in the inundation area. While the path obtained from themethod least cost path analysis, the majority shows the path that passes through the road.

Keywords: Tsunami, *Tsunami Temporary Evacuation Sites* (TES), *Evacuation Route, Least Cost Path, Cost Weighted Distance*

[1)] *Students of Urban and Regional Planning Departemen, Faculty of Engineering, Hasanuddin University.*

[2)] *Lecturer of Urban and Regional Planning Departemen, Faculty of Engineering, Hasanuddin University.*

PENENTUAN JALUR DAN TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA BENCANA TSUNAMI PADA KAWASAN PESISIR KABUPATEN JENEPONTO

(Studi Kasus : Kecamatan Binamu)

Nabilah Nur Inayah Muchsin[1], **Abdul Rahman Rasyid**[2], **Sri Aliah Ekawati**[2]
Universitas Hasanuddin, Indonesia

Email: nabilahnurinayah99@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan Kajian Risiko Bencana Tsunami tahun 2011 oleh BNPB dan RTRW Kabupaten Jeneponto tahun 2012-2031 menuliskan bahwa Kabupaten Jeneponto adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki resiko tinggi bencana alam tsunami yang berpotensi mempunyai tinggi maksimum air tsunami yaitu 12 meter dan waktu kedatangan 35 menit. Penelitian ini bertujuan memetakan lokasi tempat evakuasi sementara (TES) dan jalur evakuasi di kawasan rawan bencana tsunami untuk menjadi salah satu langkah mitigasi bencana tsunami. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, analisis spasial, analisis deskriptif melaui pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Analisis spasial yang digunakan adalah analisis *least cost path* dan *cost weighted distance* untuk menentukan potensi lokasi TES dan jalur evakuasi bencana. Analisis tersebut menentukan jalur evakuasi paling optimal (waktu dan jarak) dari daerah rawan tsunami menuju ke lokasi tempat evakuasi sementara (TES).Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah wawancara, tinjauan pustaka, dan observasi lapangan. Hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan hasil pemetaan zona ancaman bencana tsunami adalah sebanyak empat kelurahan berada ke dalam zona rawan yang berpotensi terendam tsunami. Bangunan umum yang menjadi usulan lokasi TES tidak memenuhi kriteria standar ketinggian bangunan berdasarkan lokasi keberadaan TES pada daerah inundasi. Sedangkan Jalur yang diperoleh dari metode *analisis least cost path* mayoritas menunjukkan menunjukkan jalur yang melalui jalan.

Kata kunci: Tsunami, TES Tsunami, Jalur Evakuasi, *Least Cost Path*, *Cost Weighted Distance*

---

[1] Mahasiswa Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik
[2] Dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki salah satu ancaman bencana yang nyata yaitu bahaya geologis berupa gempa bumi dan tsunami. Sebagai salah satu dari berbagai negara yang terletak di kawasan *Zona Seismic* Asia Tenggara, Indonesia adalah salah satu negara yang paling tinggi aktifitas *seismic*-nya dan merupakan teraktif di dunia (BNPB, 2016). Indonesia yang dikelilingi oleh lempeng Indo-Australia dan Pelat Laut Filipina yang meretas di bawah lempeng Eurasia, dan memiliki lima pulau besar dan beberapa semenanjung, telah mengalami ribuan gempa bumi dan ratusan tsunami pada rentang empat ratus tahun terakhir (Aydan, 2008 dalam Baeda, 2012).

Sulawesi memiliki beberapa daerah rawan subduksi yang menjadi lebih aktif sehingga mengakibatkan banyaknya aktivitas kegempaan, terutama dengan episenter di laut (Baeda, 2012). Pulau Sulawesi terletak pada zona pertemuan di antara tiga pergerakan lempeng besar, yaitu peregerakan lempeng Hindia-Australia dari selatan kecepatan rata-rata 7 cm/tahun, lempeng Pasifik dari arah timur dengan kecepatan sekitar 6 cm/tahun dan lempeng Asia bergerak relative pasif ke tenggara ± 3 cm/tahun. Posisi Pulau Sulawesi yang berada pada kawasan lempeng tektonik *microplate* menjadikannya sangat rawan terhadap gerakan dan benturan ketiga lempeng bumi tersebut yang akan menimbulkan fenomena geologi dan memiliki dampak yang merugikan terhadap kehidupan manusia. Hal ini menyebabkan ancaman gempa dan tsunami yang setiap saat dapat terjadi (Kaharuddin, et al. 2011).

Dalam buku Risiko Bencana Indonesia tahun 2016, tercatat Tsunami pernah melanda Provinsi Sulawesi Selatan, yaitu daerah Tinambung pada tahun 1967 yang disebabkan oleh gempa berskala 5,8 SR yang mengakibatkan 58 orang meinggal dunia, dan 100 orang mengalami luka-luka. Selain itu, tsunami juga pernah melanda Selat Makassar, akibat dari gempa Majene yang menimbulkan tsunami pada 23 Februari 1969.

Menyebabkan 64 orang meninggal, 97 orang luka luka, dan 1287 tempat tinggal dan masjid mengalami kerusakan. Dermaga pelabuhan pecah sepanjang 50 meter akibat gelombang laut setinggi 1,5 sampai 4 meter. Pada tahun 1984, tsunami akibat gempa dengan kekuatan 6,6 SR menyebabkan ratusan korban jiwa di Kabupaten Mamuju. Selain itu, pada tahun 1820, gempa disertai tsunami juga terjadi di Kota Makassar yang memporak porandakan wilayah Kota Makassar.

Berdasarkan Kajian Risiko Bencana Tsunami tahun 2011 oleh BNPB, dalam Kurniawan (2019) dan RTRW Kabupaten Jeneponto tahun 2012-2031 menuliskan bahwa Kabupaten Jeneponto adalah salah satu Kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki risiko tinggi bencana alam tsunami. *Back arc trust* yang berbentuk segmen-segmen yang terdiri dari segmen utama maupun segmen minor, membujur di Laut Flores dan sejajar dengan busur Kepulauan Bali dan Nusa Tenggara. *Flores Thrust* yang senantiasa menjadi ancaman bagi busur kepulauan sebagai generator gempa-gempa yang merusak . Wilayah-wilayah pesisir sepanjang pantai selatan Sulawesi, seperti Bulukumba sangat memungkinkan mendapatkan tsunami kiriman dari peristiwa-peristiwa di Laut Flores (Pertiwi, 2018). Hal ini juga tak terkecuali Kabupaten Jeneponto.

Dalam Indeks Risiko Bencana Indonesia tahun 2013, tercatat bahwa Kabupaten Jeneponto memiliki jumlah skor 24 yang masuk ke dalam kelas risiko tinggi dan menempati posisi ke 28 tertinggi dari 249 Kota/Kabupaten lainnya di Indonesia. Kabupaten Jeneponto diperkirakan berpotensi mempunyai tinggi maksimum air tsunami yaitu 12 meter dan waktu kedatangan 35 menit. Hal ini berdasarkan referensi potensi kejadian dan genangan tsunami di Provinsi Sulawesi Selatan.

Optimalisasi perencanaan tata ruang dan perencanaan pembangunan yang masih kurang memperhatikan risiko bencana menyebabkan banyaknya korban jiwa serta kerugian materil. Kurangnya fasilitas jalur dan tempat evakuasi merupakan bentuk minimnya kemampuan dalam menghadapi bencana. Dalam Permen PU No. 20 tahun 2011, disebutkan bahwa BWP (Bagian Wilayah Perkotaan) yang berada pada kawasan

rawan bencana wajib menyediakan jalur evakuasi bencana yang meliputi jalur evakuasi dan tempat evakuasi sementara yang terintegrasi baik untuk skala kabupaten/kota, kawasan, maupun lingkungan.

Melihat fakta adanya resiko bencana tsunami pada kawasan pesisir Kabupaten Jeneponto, serta belum tersedianya jalur dan tempat evakuasi sementara bencana tsunami pada wilayah penelitian. Maka dari itu perlu optimalisasi upaya mitigasi bencana tsunami dengan menentukan beberapa lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang dapat dijangkau oleh masyarakat yang tidak dapat menuju zona aman pada saat terjadi bencana tsunami melalui jalur aman berdasarkan estimasi waktu evakuasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi risiko banyaknya korban jiwa serta kerugian materil akibat tsunami.

1.2 Rumusan Masalah

Kabupaten Jeneponto merupakan salah satu kabupaten yang rawan terhadap bencana tsunami di Indonesia. Kabupaten yang memiliki tingkat populasi penduduk yang tinggi ini, yang artinya memiliki dampak besar bila terjadi tsunami. Maka dari itu, dibutuhkan pengetahuan serta kesiapan dari masyarakat, serta upaya mitigasi bencana tsunami dengan cara evakuasi masyarakat secepat mungkin menuju lokasi aman dari tsunami agar mengurangi dampak korban jiwa yang ditimbulkan dari bencana tsunami.

1. Bagaimana pola permukiman di kawasan ancaman bencana tsunami Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto?
2. Bagaimana pemetaan zona genangan tsunami di kawasan pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto?
3. Bagaimana penentuan jalur dan tempat evakuasi sementara bencana tsunami di kawasan pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pola permukiman di kawasan ancaman bencana tsunami Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto;
2. Mengetahui zona genangan tsunami di kawasan pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto;
3. Mengidentifikasi jalur dan tempat evakuasi sementara bencana tsunami di kawasan pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat sebagai berikut:

1. Dapat meningkatkan pemahaman mengenai langkah mitigasi dan bencana alam, khususnya bencana alam tsunami;
2. Menentukan jalur serta tempat evakuasi sementara bencana tsunami di kawasan pesisir Kabupaten Jeneponto.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Ruang Lingkup Wilayah

   Ruang lingkup studi peneitian ini berada di sepanjang kawasan pesisir Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto.
2. Ruang Lingkup Materi

   Ruang lingkup materi yang dibahas dalam penelitian ini yaitu indikator tingkat ancaman bencana, penentuan jalur evakuasi serta penentuan lokasi evakuasi berdasarkan kriteria lokasi evakuasi bencana tsunami.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini terbagi atas enam bab dan masing-masing bab diuraikan kedalam sub bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka, bab ini memuat kajian atau studi pustaka, teori-teori, penelitian terdahulu dan alur fikir yang berkaitan dengan rumusan masalah yang akan

dijawab. Kajian yang dimuat antara lain teori dasar kebencanaan, teori bencana tsunami, teori ancaman, tinggi bangunan, dan standar penentuan jalur dan tempat evakuasi sementara.

Bab III Metode Penelitian, bab ini menguraikan metode yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah. Inti pembahasan dalam bab ini antara lain, jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, teknik pengumpulan dan kebutuhan data, variabel penelitian, teknik analisis, serta kerangka penelitian.

Bab IV Gambaran Umum, bab ini memuat informasi umum terkait lokasi penelitian serta data-data umum terkait objek penelitian. Adapun informasi umum yang dimuat yakni kondisi geografis dan administasi kawasan penelitian, kondisi demografi, dan history kejadian bencana tsnumai di Kabupaten Jeneponto.

Bab V Pembahasan, bab ini menjabarkan dan menganalisis data yang akan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya dengan melihat tinjauan pustaka dan menggunakan metode analisis yang telah dirancang.

Bab VI Penutup, bab ini merupakan akhir dari penulisan penelitian yang berisi kesimpulan dan saran terkait keseluruhan jawaban dari rumusan masalah yang dikemukakan dalam bab-bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pola Permukiman

Pola permukiman adalah daerah tempat penduduk berkumpul dan hidup bersama, memanfaatkan lingkungan sekitar untuk mempertahankan, melangsungkan, dan mengembangkan hidup. Pengertian pola permukiman dan persebaran permukiman sifatnya bervariasi, mulai dari permukiman sangat jarang sampai sangat padat, dapat mengelompok, dapat tidak teratur, atau teratur. Tanah-tanah subur dan relatif datar yang baik untuk pertanian lebih banyak terdapat permukiman. Wilayah-wilayah yang memiliki topografi yang tidak seragam memiliki pola persebaran mengelompok atau tidak teratur (Simorangkir, 2017).

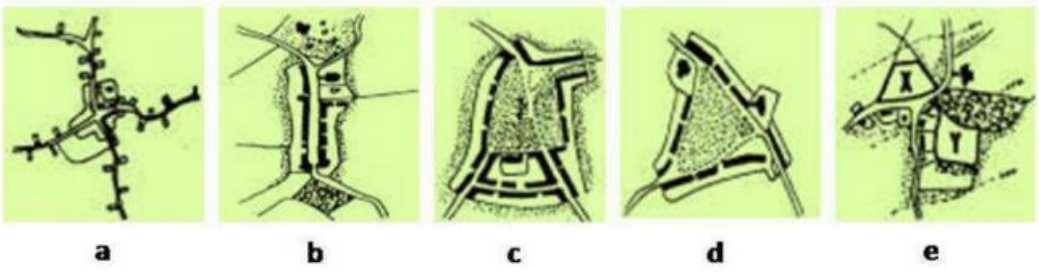
Pola permukiman berdasarkan bentuknya terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu (Dwi Ari dan Antariksa, 2005:79):

1. Pola permukiman bentuk memanjang, terdiri dari memanjang sungai, jalan, dan garis pantai.
2. Pola permukiman bentuk melingkar.
3. Pola permukiman bentuk persegi panjang.
4. Pola permukiman bentuk kubus.

Menurut Jayadinata (1992) dalam Simorangkir (2017) bahwa pola permukiman terbagi menjadi:

1. Permukiman memusat, yakni rumahnya mengelompok (*agglomerated rural settlement*), dan merupakan dukuh atau dusun (*hamlet*) yang terdiri atas kurang dari 40 rumah, dan kampung (*village*) yang terdiri 31 dari 40 rumah atau lebih bahkan ratusan rumah. Di sekitar kampung dan dusun terdapat tanah bagi pertanian, perikanan, perternakan, pertambangan, kehutanan, tempat penduduk bekerja sehari-hari untuk mencari nafkahnya. Dalam perkembangannya suatu kampung dapat mencapai berbagai bentuk, tergantung kepada keadaan fisik dan sosial. Perkampungan pertanian umumnya mendekati bentuk bujur sangkar;

2. Permukiman terpencar, yang rumahnya terpencar menyendiri (*disseminated rural settlement*) terdapat di negara Eropa Barat, Amerika Serikat, Canada, Australia, dan sebagainya.



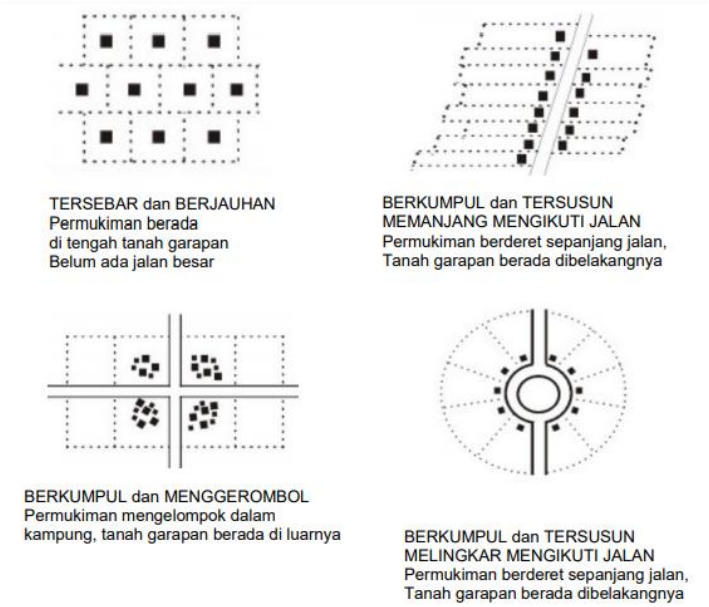
Gambar 2.1 Bentuk Pola Permukiman Memusat

Sumber: Jayadinata, 1999 dalam Simorangkir, 2017

Keterangan :

a. Permukiman memusat di pemukiman jalan
b. Permukiman memusat di sepanjang jalan
c. Permukiman memusat bujur sangkar
d. Permukiman memusat belokan jalan
e. Pengembangan permukman memusat

Pola spasial permukiman yang tersusun menurut Prihanto (2008) dalam Simorangkir (2017) dapat dilihat pada Gambar 2.2.



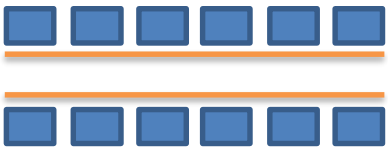
Gambar 2.2 Tipe-Tipe Pola Permukiman

Sumber: Prihanto (2008) dalam Simorangkir (2017)

Secara umum, terdapat tiga jenis bentuk pola permukiman penduduk yang berhubungan dengan kondisi lahan dan lingkungan setempat, yaitu (Wiraprama, dkk., 2014):

1. Pola Permukiman Memanjang (*Linier*)

   Pola permukiman memanjang adalah pola yang mengikuti jalur yang ada di depannya. Ciri permukiman memanjang berderet mengikuti jalan, sungai, rel kereta api, atau pantai. Umumnya, pola permukiman ini terdapat di dataran rendah dengan morfologi landai yang dapat memudahkan pembangunan jalan-jalan di permukiman.

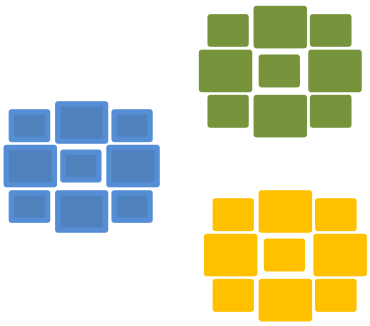


Gambar 2.3 Pola Permukiman Linier

Sumber: Wiraprama, dkk., 2014 digambar ulang oleh penulis, 2021

2. Pola Permukiman Terpusat

   Pola permukiman terpusat mengelompok membentuk unit-unit kecil dan menyebar, pola permukiman ini kebanyakan berada di daerah pegunungan atau daerah dataran tinggi yang berelief kasar, dan terkadang daerahnya terisolir. Pola permukiman memusat mengelilingi mata air dan tanah subur pada daerah pegunungan. Sedangkan daerah pertambangan di pedalaman, permukiman memusat mendekati lokasi pertambangan. Biasanya penduduk yang bermukim pada permukiman ini masih saling memiliki hubungan kekerabatan. Hal ini sengaja dibuat agar memudahkan komunikasi antar keluarga atau antar teman kerja.

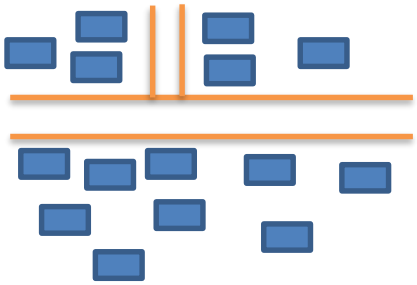


Gambar 2.4 Pola Permukiman Terpusat

Sumber: Wiraprama, dkk., 2014 digambar ulang oleh penulis, 2021

3. Pola Permukiman Tersebar

Pola permukiman tersebar terdapat di daerah dataran tinggi atau daerah gunung api dan daerah-daerah yang kurang subur. Pada daerah dataran tinggi atau daerah gunung api penduduk akan mendirikan permukiman secara tersebar karena mencari daerah yang tidak terjal, morfologinya rata dan relatif aman. Sedangkan pada daerah kapur, permukiman penduduk akan tersebar mencari daerah yang memiliki kondisi air yang baik. Mata pencaharian penduduk pada pola permukiman ini sebagian besar dalam bidang pertanian, perkebunan dan peternakan.

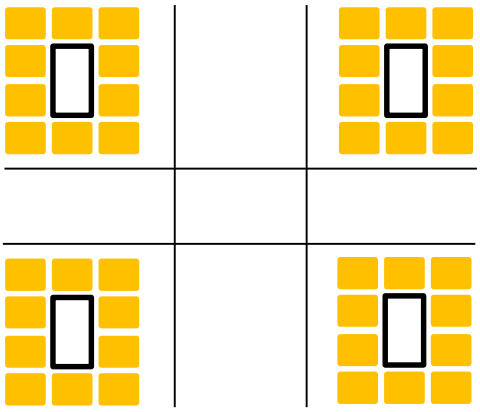


Gambar 2.5 Pola Permukiman Tersebar

Sumber: Wiraprama, dkk., 2014 digambar ulang oleh penulis, 2021

4. Pola Permukiman *Cluster*

Pola permukiman cluster biasanya terdapat pada permukiman-permukiman tradisional yang sudah terpola karena perilaku masyarakatnya maupun karena tuntutan adat dan tradisi masyarakat.



Gambar 2.6 Pola Permukiman Cluster

Sumber: Wiraprama, dkk., 2014 digambar ulang oleh penulis, 2021

2.1.1 Pengaruh Pola Perumahan dan Permukiman pada Strategi Mitigasi Tsunami

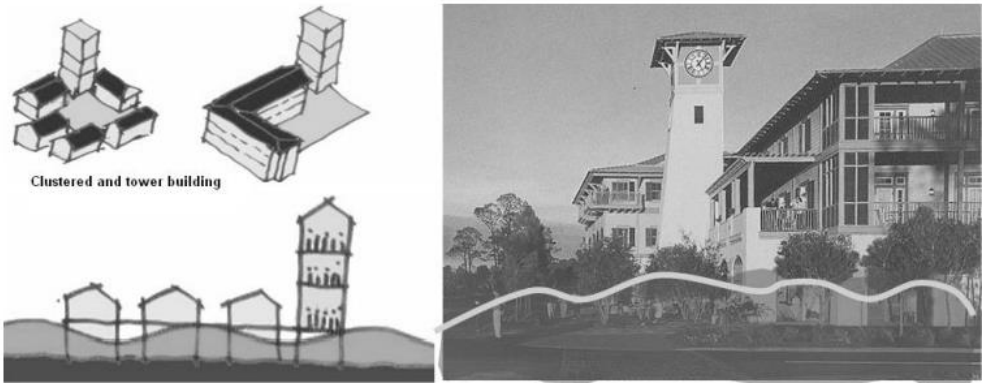
Pola-pola perumahan dan permukiman perlu diperhatikan sebagai strategi-strategi mitigasi tsunami (Budiarjo, 2006).

1. Perumahan Kepadatan Tinggi

   Penataan ruang dalam pembangunan perumahan didorong untuk membentuk perumahan dengan kepadatan tinggi daripada perumahan yang tersebar. Penduduk termotivasi untuk tinggal berdekatan satu sama lain di town house atau apartemen bertingkat tinggi. Kondisi ini akan mempermudah komunikasi dan koordinasi antara penanggulangan bencana dengan penduduk saat terjadi bencana. *High-density living* juga cocok diterapkan di perkotaan yang lahannya terbatas.

2. Bangunan Berkelompok dan Bangunan Menara

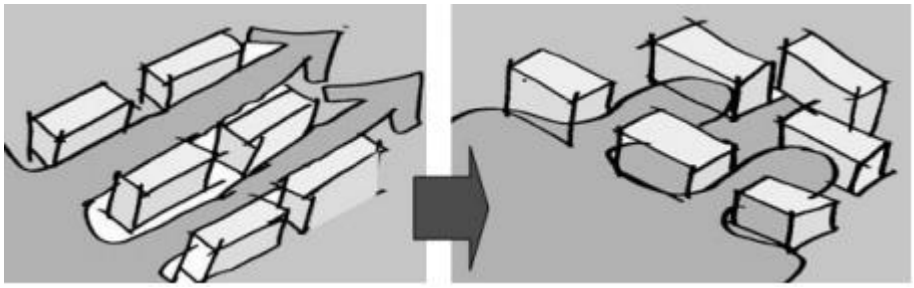
   Beberapa bangunan berkelompok dan terhubung dengan menara atau gedung bertingkat yang dapat digunakan sebagai tempat evakuasi pada saat terpaan tsunami. Dalam situasi normal, menara itu sendiri dapat digunakan sebagai mushalla atau masjid, ruang pertemuan sosial, atau ruang serba guna.



Gambar 2.7 Bangunan Cluster dan Tower untuk Persiapan Evakuasi
Sumber: Budiarjo, 2006

3. Reorientasi Bangunan

   Ketika gelombang tsunami dapat mencapai bangunan, reorientasi massa bangunan dimaksudkan untuk menghindari bangunan dari menghalangi gelombang tsunami dan memungkinkan gelombang melewati di antara ruang.



Gambar 2.8 Membangun Reorientasi Massa
Sumber: Budiarjo, 2006

Secara umum orientasi bangunan dapat dikatakan sebagai arah dalam membangun suatu bangunan. Dampak gelombang tsunami akan lebih besar terhadap bangunan yang memiliki arah tegak lurus dengan datangnya tsunami atau tegak lurus dengan garis pantai. puing-puing bangunan yang didorong oleh gelombang tsunami adalah penyebab paling besar dari adanya korban yang terluka atau tewas (Anonim, 2005 dalam Diningrat, 2018).

4. Perkebunan Vegetasi

   Penduduk dimotivasi untuk menanam pohon-pohon tinggi di sekitar rumah mereka sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pelarian atau evakuasi dari bencana tsunami. Pengalaman menunjukkan bahwa banyak orang selamat dari tsunami 26 Desember dengan memanjat pohon.

5. Penunjukan Fungsi Utama di Lantai Atas Gedung

   Pada gedung bertingkat, kegiatan utama terletak di lantai atas yang tidak terjangkau gelombang tsunami. Pada bangunan tempat tinggal, kehidupan dan aktivitas lain yang melibatkan jumlah penduduk yang tinggi dilakukan di lantai atas. Lantai dasar dapat digunakan sebagai tempat parkir dan penggunaan komersial terbatas atau skala kecil. Penunjukan ini sangat berguna pada saat terkena tsunami agar air dapat masuk ke dalam bangunan dan meminimalkan kerugian dari orang-orang

2.1.2 Karakteristik Wilayah Pesisir

Karakteristik wilayah pesisir menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2001), yaitu terdiri dari habitat dan ekosistem yang menyediakan barang dan jasa *(goods and services)* bagi komunitas pesisir dan pemanfaat lainnya

(beneficiaries). Adanya kompetisi antara berbagai kepentingan, sebagai *backbone* dari kegiatan ekonomi nasional, merupakan wilayah strategis, didasarkan atas fakta:

1. Garis pantai Indonesia 81.000 km pada 17.508 pulau (terbanyak di dunia),
2. Penyebaran penduduk terbesar (cikal bakal urbanisasi),
3. Potensi sumber daya kelautan yang kaya (*biodiversity*, pertambangan, perikanan, pariwisata, infrastruktur, dsb),
4. daya masa depan (*future resources*) akibat ketersediaan wilayah darat yang semakin terbatas, dan
5. Wilayah pertahanan dan keamanan (perbatasan).

Karakteristik khusus dari wilayah pesisir menurut Jan C. Post dan Carl G. Lundin (1996), dalam Kurniawan (2019), antara lain:

1. Suatu wilayah dinamis, yang seringkali terjadi perubahan sifat biologis, kimiawi, dan geologis.
2. Mencakup ekosistem dan keanekaragaman hayatinya yang memberi tempat hidup yang penting bagi beberapa jenis biota laut dengan produktivitas tinggi.
3. Wilayah pesisir memiliki ciri-ciri khusus, seperti adanya terumbu karang, hutan bakau, pantai dan bukit pasir. Sebagai suatu sistem yang sangat berguna untuk menahan atau menangkal badai, banjir, dan erosi secara alami.
4. Ekosistem pesisir dapat digunakan untuk mengatasi akibat-akibat dari pencemaran, khususnya yang berasal dari darat (sebagai contoh: tanah basah dapat menyerap kelebihan bahan-bahan makanan, endapan, dan limbah buangan).
5. Pemanfaatan daerah pesisir sebagai sumber daya laut hayati dan non hayati, dan sebagai media transportasi laut serta rekreasi. Hal ini dikarenakan wilayah pesisir pada umumnya lebih menarik dan cenderung digunakan sebagai pemukiman.

2.2 Ancaman Tsunami di Kawasan Pesisir

Kawasan pesisir, sangat rentan dengan bencana-bencana alam yang dapat merusak. Tsunami merupakan salah satu ancaman bencana yang mengintai kawasan pesisir yang dapat berpotensi merusak aset bahkan menimbulkan korban jiwa. Bencana tsunami yang mengancam kawasan pesisir bisa memiliki ketinggian yang berbeda-

beda. Berdasarkan ketinggian tersebut, dapat dilihat kelas indeks ancaman tsunami yang mengancam kawasan pesisir pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indeks Ancaman Bencana Tsunami

No.	Bencana	Komponen/Indikator	Kelas Indeks			BOBOT TOTAL	Bahan Rujukan
			Rendah	Sedang	Tinggi		
1.	Tsunami	Peta Estimasi Ketinggian Genangan Tsunami/ Peta Bahaya Tsunami	<1 m	1-3 m	>3 m	100%	Panduan dari Geologi Nasional-ESDM dan BMKG

Sumber: Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 Tahun 2012

2.2.1 Tsunami

Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang artinya tsu berarti pelabuhan dan nami berarti gelombang. Secara harfiah tsunami berarti gelombang tinggi/besar yang menghantam pantai/pesisir (Baeda, 2016). Tsunami merupakan bencana geologi yang dipicu oleh beberapa faktor, seperti tanah longsor di dasar laut, letusan gunung api dasar laut, atau akibat jatuhnya meteor. Namun, tsunami kerap terjadi akibat gempa tektonik yang besar di laut.

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 impulsif. Periode gelombang tsunami berkisar antara 10-60 menit. Gelombang tsunami ini berbeda dengan gelombang laut lainnya yang bersifat kontinyu, misalnya gelombang laut yang timbul akibat gaya gesek angin atau gelombang pasang surut oleh gaya tarik benda angkasa.

Gelombang tsunami di laut memiliki kecepatan rambat yang mencapai anatara 500 sampai 1000km/jam dengan panjang gelombang yang besar sampai 100 km. Kecepatan penjalaran tsunami dapat mencapai ribuan kilometer tergantung dari kedalaman laut. Apabila sudah mencapai pantai, energi yang ditimbulkan dari tsunami akan sangat merusak daerah pantai yang dilaluinya dengan kecepatan yang dapat mencapai 50km/jam dan tinggi tsunami 30 m. Dampak negatif dari terjadinya tsunami, yaitu menyebabkan genangan, kontaminasi air asin lahan pertanian, tanah,

dan air bersih. Selain itu, akibat dari tsunami juga dapat merusak bangunan, prasarana, dan tumbuh-tumbuhan, dan bahkan korban jiwa manusia.

Tsunami memiliki beberapa klasifikasi. Berikut adalah klasifikasi dari tsunami (UNESCO, 2006):

1. Tsunami Atmosfir

   Gelombang yang menyerupai tsunami yang ditimbulkan oleh tekanan atmosfer berlaju cepat yang bergerak di atas laut dangkal pada kecepatan yang hampir sama dengan kecepatan gelombang, sehingga memungkinkan keduanya beriring.

2. Tsunami Iring Udara

   Sinonim untuk Tsunami Atmosfer.

3. Tsunami Lokal

   Tsunami dari suatu sumber yang letaknya tidak jauh dan dampak destruktifnya terbatas hanya pada pantai dalam radius 100 km dari sumber. Tsunami lokal biasanya timbul karena gempa bumi, tetapi dapat pula disebabkan oleh tanah longsor atau aliran lahar vulkanik dari letusan gunung berapi.

4. Maremoto

   Istilah Bahasa Spanyol untuk tsunami

5. Mikrotsunami

   Tsunami yang memiliki amplitudo demikian kecil sehingga untuk mengamatinya diperlukan alat dan tidak mudah mendeteksinya secara kasatmata.

6. Tsunami Lintas Samudra

   Tsunami yang mampu menimbulkan kehancuran berskala luas, tidak hanya di daerah sekitar asal timbulnya melainkan juga lintas samudra. Semua tsunami seluas samudra yang pernah terjadi ditimbulkan oleh gempa bumi-gempa bumi besar. Sinonim untuk teletsunami atau tsunami jauh.

7. Paleotsunami

   Tsunami yang terjadi pada zaman dahulu sebelum adanya catatan sejarah atau tidak ada laporan pengamatan tertulis. Penelitian paleotsunami terutama didasarkan pada identifikasi, pemetaan, dan bukti berupa endapan-endapan tsunami yang ditemukan di daerah-daerah pantai, dan korelasinya dengan

endapan-endapan serupa yang ditemukan di tempat lain secara lokal, regional, atau di seberang ceruk- ceruk samudra. Dalam satu contoh, riset seperti ini telah membawa kekhawatiran baru akan kemungkinan timbulnya gempa bumi-gempa bumi dan tsunami-tsunami yang sangat besar sepanjang pantai barat laut Amerika Utara. Namun, dalam contoh lain, tsunami di kawasan Kuril-Kamchatka dapat direntangkan catatan waktunya sangat jauh ke belakang.

8. Tsunami Regional

   Tsunami yang dapat menghancurkan suatu wilayah geografis tertentu, umumnya dalam radius 1.000 kilometer dari sumbernya. Tsunami regional adakalanya berdampak sangat terbatas dan bersifat lokal pada wilayah di luarnya. Sebagian besar tsunami destruktif dapat digolongkan sebagai lokal atau regional, artinya dampak destruktifnya terbatas pada pantai-pantai dalam jarak 100 kilometer dari sumbernya bagi yang bersifat lokal, dan berkisar 1.000 kilometer bagi yang regional – biasanya hanya menghasilkan sebuah gempa bumi. Banyak korban jiwa dan kerusakan harta benda yang bisa diakibatkan baik dari tsunami lokal dan regional ini. Antara tahun 1975 dan 2005 ada 22 tsunami lokal atau regional di Pasifik dan laut-laut sekitarnya yang menelan korban jiwa dan kerusakan harta benda. Sebagai contoh, tsunami regional pada tahun 1983 di Laut Jepang atau Laut Timur, menimbulkan kerusakan parah di daerah-daerah pantai Jepang, Korea, dan Rusia yang menimbulkan kerugian senilai lebih dari $800 juta, dan menelan lebih dari 100 jiwa.

9. Teletsunami atau Tsunami Jauh

   Tsunami yang berasal dari sumber yang letaknya jauh, biasanya lebih dari 1,000 km. Jenis tsunami ini jarang terjadi tetapi lebih berbahaya daripada tsunami regional. Biasanya bermula sebagai tsunami lokal yang menyebabkan kehancuran besar di dekat sumbernya, lalu gelombang-gelombangnya menjalar melintasi seberang ceruk samudra dengan energi yang cukup kuat sampai menimbulkan tambahan korban dan ehancuran di pantai-pantai yang letaknya lebih dari 1.000 kilometer dari sumber. Dalam 200 tahun terakhir setidaknya ada 21 tsunami seluas samudra yang destruktif. Tsunami seluas Pasifik yang paling destruktif dalam sejarah baru-baru ini ditimbulkan oleh satu gempa bumi sangat besar di lepas pantai Chili pada 22 Mei 1960. Semua kota-kota di

daerah pantai Chili antara dataran ke-36 dan dataran ke-44 porak-poranda atau rusak berat akibat tsunami dan gempa bumi itu. Bencana tsunami terburuk dalam sejarah terjadi di Samudra Hindia pada 26 Desember 2004, ketika gempa berkekuatan M 9.3 di lepas pantai baratlaut Sumatra, Indonesia, menimbulkan tsunami seluas samudra yang juga menghantam Thailand dan Malaysia ke timur, Sri Lanka, India, Republik Maladewa dan Afrika ke barat dalam perjalanannya melintasi Samudra Hindia. Hampir 250,000 orang kehilangan jiwa dan lebih dari sejuta orang terpaksa mengungsi karena kehilangan rumah, harta benda dan mata pencaharian.

10. Tsunami Gempa Bumi

    Gempa bumi yang menimbulkan tsunami yang luar biasa besarnya dan sebanding dengan magnitudo gempa bumi (Kanamori 1972). Gempa bumi tsunami ditandai dengan; *focus* (sumber gempa) yang sangat dangkal, pergeseran sesar/patahan (*fault dislocations*) sejauh beberapa meter, dan memiliki permukaan patahan lebih kecil daripada patahan permukaan karena gempa bumi biasa.

11. Sedimen Tsunami

    Sedimen yang diendapkan oleh tsunami. Temuan sedimen tsunami di dalam lapisan-lapisan tanah stratigrafik dapat memberi informasi tentang sejarah kejadian paleotsunami. Temuan serupa berupa endapan di tempat-tempat berbeda, terkadang di seberang ceruk samudra dan jauh dari sumber tsunami, dapat digunakan untuk memetakan dan menyimpulkan sebaran banjir bandang tsunami dan dampaknya.

2.2.2 Kerentanan Kawasan Pesisir terhadap Bencana Tsunami

Kerentanan adalah situasi saat potensi bahaya berubah menjadi bencana. Pada kawasan pesisir terdapat banyak potensi-potensi bahaya yang dapat menjadi bencana. Hal tersebut bergantung pada beberapa faktor, yaitu elevasi (m), kemiringan lereng, jarak dari sempadan pantai, jarak dari sempadan sungai, dan penggunaan lahan.

Tabel parameter kerentanan kawasan pesisir terhadap bencana tsunami dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Matriks Parameter Kerentanan Kawasan Pesisir terhdap Bencana Tsunami

No	Parameter	Kerentanan Sangat Tinggi	Kerentanan Tinggi	Kerentanan Menengah	Kerentanan Rendah	Kerentanan Sangat Rendah
1.	Elevasi (m)	<10	10-25	25-50	50-100	100-350
2.	Kemiringan Lereng (%)	0-2%	2-5%	5-15%	15-40%	>40%
3.	Penggunaan Lahan	Permukiman, sawah, hutan rawa	Vegetasi darat, perkebunan	Tegalan, ladang	Lahan kosong, semak belukar, rumput, perikanan	Hutan, batuan cadas, dan gamping
4.	Jarak dari Sempadan Pantai	<500	500-1000	1000-1500	1500-3000	>3000
5.	Jarak dari Sempadan Sungai	100	100-200	>200-300	>300-500	>500

Sumber: Faiqoh, et al. 2014 dan Asman, et al. 2021

2.2.3 Zona Inundasi (genangan) Tsunami

Inundasi atau landaan merupakan cakupan terjauh tsunami ke arah darat yang diukur dari garis pantai (Puspito, 2010). Hasil tsunami yang menempuh jarak jauh ke daratan dan merupakan pengukuran horizontal jalur tsunami juga dapat diartikan sebagai inundasi. Ketika terjadi tsunami dan telah tiba di garis pantai, gelombang akan pecah dan menjalar ke daratan. Struktur topografi daratan dekat pantai berpengaruh terhadap luasan inundasi. Luasan genangan bisa terjadi hingga 300 meter atau lebih menutupi daerah dengan puing-puing (Rahmadaningsi, 2017).

Luas wilayah yang terdampak tsunami dapat dihitung menggunakan perhitungan yang dikembangkan oleh Berryman (2006) dalam BNPB (2016). Perhitungan ini didasri pada perhitungan kehilangan ketinggian tsunamiper 1 m jarak inundasi (ketinggian genangan) berdasarkan harga jarak terhadap lereng dan kekasaran permukaan (BNPB,2016).

$$H_{loss} = \left(\frac{167\ n^2}{H_0^{1/3}}\right) + 5\ \mathrm{Sin}\, S$$

Keterangan:

H_{loss} = kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi

n = koefisien kekasaran permukaan

H_0 = ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

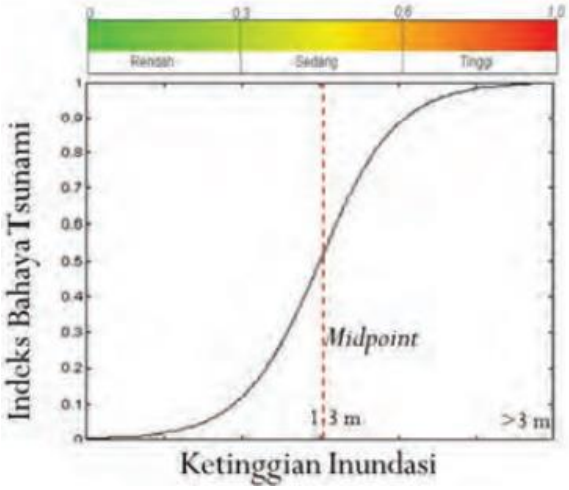
S = besarnya lereng permukaan derajat

Berdasarkan kajian BNPB pada perka No.2 BNPB Tahun 2012 parameter ketinggian gelombang tsunami dapat dilihat pada Gambar 2.1. Sedangkan parameter kemiringan lereng dihasilkan dari data raster DEM dan koefisien kekasaran permukaan dihasilkan dari data tutupan lahan (*landcover*).

Tabel 2.3 Nilai Koefisien Kekasaran Permukaan Masing-Masing Jenis Penutupan/ Penggunaan Lahan

Jenis Penutupan/ Penggunaan Lahan	Nilai Koefisien Kekasaran
Badan Air	0,007
Belukar/ Semak	0,040
Hutan	0,070
Kebun/ Perkebunan	0,035
Lahan Kosong/ Terbuka	0,015
Lahan Pertanian	0,025
Permukiman/ Lahan Terbangun	0,045
Mangrove	0,025
Tambak/ Empang	0,010

Sumber: Berryman, 2006 dalam Buku Risiko Bencana Indonesia BNPB, 2016



Gambar 2.9 Transformasi Ketinggian Inundasi Tsunami Menjadi Indeks Bahaya Tsunami dengan Fuzzy Logic
Sumber: Buku Risiko Bencana Indonesia BNPB, 2016

2.3 Jalur Evakuasi Tsunami

Jalur merupakan prasarana transportasi darat meliputi setiap bagian jalan seperti bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang disediakan bagi lalu lintas yang

berada pada permukaan tanah (Sahwilliza, 2018).

Menurut SNI 7766 (2012) evakuasi adalah tindakan perpindahan, pemindahan dan penyelamatan masyarakat dari tempat bahaya ke tempat aman. Prinsip evakuasi tsunami adalah dengan meninggalkan wilayah rawan tsunami menuju wilayah yang aman. Hal tersebut secara sederhana dipahami dengan meninggalkan wilayah yang dekat dengan pantai menuju dataran yang jauh dari pantai sehingga aman dari gelombang tsunami. Evakuasi jenis ini dikenal dengan sebutan evakuasi horizontal. Jalur evakuasi merupakan jalur atau lintasan pemindahan langsung dan cepat yang digunakan oleh orang-orang untuk menghindar dari ancaman atau kejadian yang membahayakan.

Berdasarakan SNI 7766 (2012) jalur evakuasi adalah jalan atau lintasan yang dirancang bersama untuk dilalui pada waktu evakuasi. Sedangkan menurut pedoman perencanaan jalur dan rambu evakuasi tsunami, BNPB (2014), jalur evakuasi adalah jalan atau lintasan yang dirancang bersama untuk dilalui pada waktu evakuasi tsunami yang menuju ke tempat aman dari tsunami (bisa berupa TEA (Tempat Evakuasi Akhir) dan TES (Tempat Evakuasi Sementara)). Jalur evakuasi terbagi menjadi dua, yaitu jalur evakuasi primer yang merupakan jalur evakuasi menuju TEA, dan jalur evakuasi sekunder yang merupakan jalur evakuasi menuju TES.

Jalur evakuasi didesain menjauhi garis pantai, kawasan industry, muara sungai, saluran air atau badan aliran sungai. Jalur evakuasi akan memandu masyarakat agar dapat keluar dari zona rawan tsunami menuju tempat aman yang lebih dekat atau tempat kumpul dapat berupa lapangan atau tempat terbuka lainnya dan bangunan tinggi (SNI 7766, 2012).

Dalam Permen PU No. 20 tahun 2011, disebutkan bahwa BWP (Bagian Wilayah Perkotaan) yang berada pada kawasan rawan bencana wajib menyediakan jalur evakuasi bencana yang meliputi jalur evakuasi dan tempat evakuasi sementara yang terintegrasi baik untuk skala kabupaten/kota, kawasan, maupun lingkungan.

Kriteria - kriteria perencanaan jalur evakuasi yang akan digunakan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan, yaitu (Saputra, dkk., 2019):

1. Jalan arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

SDC (*Sea Defense Consultant*, 2007; Sahwilliza, dkk., 2018) menyatakan untuk perencanaan lebar jalur evakuasi dapat digunakan beberapa jalan raya pada perkotaan yaitu :

1. Jalan Arteri Primer : minimum lebar jalan 10 meter
2. Jalan Arteri Sekunder : minimum lebar jalan 8 meter
3. Jalan Kolektor Sekunder : minimum lebar jalan 8 meter
4. Jalan Lokal Sekunder : minimum lebar jalan 4 meter
5. Jalan Lingkungan : minimum lebar jalan 4 meter

Menemukan jalur evakuasi yang paling tepat adalah proses yang kompleks. Karena banyak faktor yang perlu diperhatikan. Namun dalam penelitian ini faktor-faktor tersebut dipersempit menjadi 5 kriteria, yaitu (Wijatmiko, 2009):

1. Panjang Jarak

Waktu pembebasan evakuasi harus kurang dari waktu tempuh tsunami. Oleh karena itu, lamanya waktu evakuasi menjadi pertimbangan utama untuk menemukan rute yang paling tepat. Namun, dengan membangun area layanan evakuasi, itu hanya akan membedakan area di mana pengungsi memiliki waktu yang cukup untuk mencapai gedung evakuasi sebelum serangan tsunami, dan area yang tidak memiliki cukup waktu. Akibatnya, wilayah yang tidak termasuk dalam wilayah pelayanan menjadi wilayah yang paling berisiko terhadap tsunami.

Jarak jalur evakuasi maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Max\ ERD = (T1 - Wt)\ x\ Vw$$

Keterangan:

ERD = Jarak jalur evakuasi (meter)

T1 = Waktu tempuh gelombang tsunami (menit)

Wt = Waktu sistem peringatan (menit)

Vw = Kecepatan berjalan manusia (meter/menit)

2. Situasi Keamanan Rute

Jalur evakuasi perlu diamankan dari berbagai bencana tambahan yang mungkin terjadi akibat bencana tsunami, seperti ledakan material yang meledak, putusnya jembatan, robohnya gedung tinggi, bencana longsor dan lain-lain. Data mengenai kondisi tanah, kawasan industri, luas bangunan tinggi serta data tentang jembatan dianalisa untuk mengetahui letak terbanyak rute yang sesuai.

3. Kapasitas Rute

Untuk menghindari kemacetan lalu lintas dan situasi kacau pada tahap evakuasi, kapasitas jalur harus cukup lebar untuk dilalui pengungsi. Kapasitas yang lebih kecil dari yang dibutuhkan menjadi resiko yang tinggi pada jalur evakuasi, karena akan memperlambat waktu kliring evakuasi, dan dapat mengakibatkan kondisi yang lebih kacau.

4. Kondisi Lereng

Kondisi jalur lereng juga memberikan pengaruh terhadap waktu evakuasi, daerah dengan lereng kaku/kasar umumnya membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dilalui dibandingkan dengan lereng dataran. Oleh karena itu dalam memilih jalur evakuasi yang paling tepat, lereng yang kaku/kasar perlu dihindari karena dapat memperlambat pengungsi untuk mencapai tempat evakuasi.

5. Kedalaman Genangan

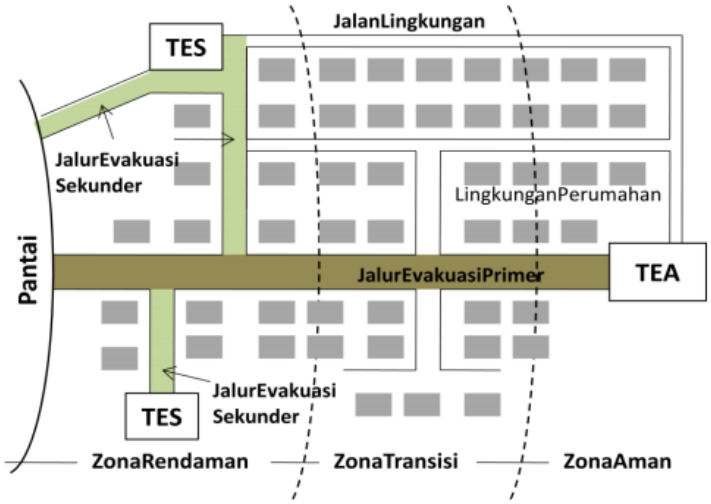
Jika waktu pembersihan yang diperlukan untuk evakuasi tidak dapat dipenuhi, jalur evakuasi mungkin tergenang air. Dalam hal ini, prioritas jalur evakuasi dialihkan ke tingkat kedalaman genangan. Jalur evakuasi dengan kedalaman genangan yang

rendah menjadi jalur evakuasi yang paling tepat dibandingkan dengan jalur yang lebih tinggi.

2.3.1 Persayaratan Teknis Jalur Evakuasi

Persyaratan teknis jalur evakuasi tsunami berdasarkan Pedoman Perencanaan Jalur dan Rambu Evakuasi Tsunami BNPB, 2014 adalah sebagai berikut:

1. Jalur evakuasi primer adalah jalur menuju TEA (Tempat Evakuasi Akhir) secara langsung, dengan persyaratan lebar jalan minimal 9 meter, setara dengan jalan kolektor primer menurut PP no.34 tahun 2006 tentang Jalan, namun status jalan yang digunakan tidak harus jalan kolektor. TEA juga bisa dicapai melalui jalan lingkungan bila ada penduduk yang berlokasi tidak jauh dari TEA. Dengan kata lain, penduduk tidak harus mencapai jalur evakuasi primer untuk menuju TEA, bila rumahnya dekat dengan TEA.
2. Jalur evakuasi sekunder adalah jalur menuju TES (Tempat Evakuasi Sementara), dengan persyaratan lebar jalan minimal 7,5 meter, setara dengan jalan lokal menurut PP no. 34 tahun 2006 tentang Jalan. TES juga bisa dicapai melalui jalan lingkungan bila ada penduduk yang berlokasi tidak jauh dari TES. Dengan kata lain, penduduk tidak harus mencapai jalur evakuasi sekunder untuk menuju TES, bila rumahnya dekat dengan TES.
3. Jalan lingkungan yang dapat digunakan sebagai jalur evakuasi dari rumah menuju: a) TES maupun TEA secara langsung, b) jalur sekunder untuk mencapai TES, c) jalur primer untuk mencapai TEA.



Gambar 2.10 Jalur Evakuasi Primer, Sekunder serta Jalan Lingkungan

Sumber: Pedoman Perencanaan Jalur dan Rambu Evakuasi Tsunami BNPB, 2014

4. Semua jalur evakuasi menuju TES (Tempat Evakuasi Sementara) atau TEA (Tempat Evakuasi Akhir) harus mudah dilihat dan mudah dicapai dari semua akses jalan lingkungan. Tidak boleh ada penyempitan jalan (*bottle neck*) sepanjang jalur evakuasi.
5. Jalan umum yang telah ditetapkan sebagai jalur evakuasi perlu mendapatkan perlakukan khusus, sehingga tidak boleh ada hambatan seperti parkir kendaraan dan pedagang kaki lima di sepanjang jalan tersebut. Bila tidak dapat dihindari keberadaan parkir kendaraan dan pedagang kaki lima maupun kegiatan komersial lainnya, maka sebagai konsekuensi pemerintah daerah wajib mengadakan jalur alternatif tambahan untuk jalur evakuasi, demi tercapainya kondisi kapasitas evakuasi yang dibutuhkan.
6. Untuk kota yang berpenduduk padat, jalur evakuasi primer dan sekunder diperuntukkan bagi pejalan kaki dan dilengkapi dengan jalur evakuasi khusus bagi kelompok rentan.
7. Untuk evakuasi penghuni rumah sakit, maka perlu ditetapkan jalur evakuasi khusus ambulans.
8. Untuk daerah pedesaan dengan penduduk kurang padat, serta letak TES dan TEA cukup jauh bila ditempuh dengan jalan kaki, maka jalur evakuasi primer dan sekunder dapat digunakan oleh pengguna kendaraan, dengan adanya pemisahan antara jalan untuk kendaraan dengan jalan untuk pejalan kaki.
9. Permukaan jalan yang digunakan sebagai jalur evakuasi, baik primer maupun sekunder sebaiknya dengan perkerasan, rata, tidak berlubang, dan tidak licin.
10. Jalur evakuasi yang menanjak sebaiknya berupa ramp dengan kemiringan jalan tidak melebihi 7° agar dapat mudah dilalui oleh kursi roda (KEPMEN PU 468 tahun 1998 tentang Persyaratan Teknis Aksesibilitas Pada Bangunan Umum dan Lingkungan).
11. Jalur evakuasi harus dilengkapi dengan penerangan jalan agar mudah dilalui, bila evakuasi dilakukan saat subuh atau malam hari. Penerangan jalan dengan sistem panel surya dapat membantu keberlanjutan pasokan energi listrik bila jaringan listrik PLN padam pada saat terjadi gempa-tsunami.
12. Rambu-rambu penunjuk arah evakuasi tsunami harus diletakkan pada titik-titik strategissepanjang jalur evakuasi menuju TES dan TEA.

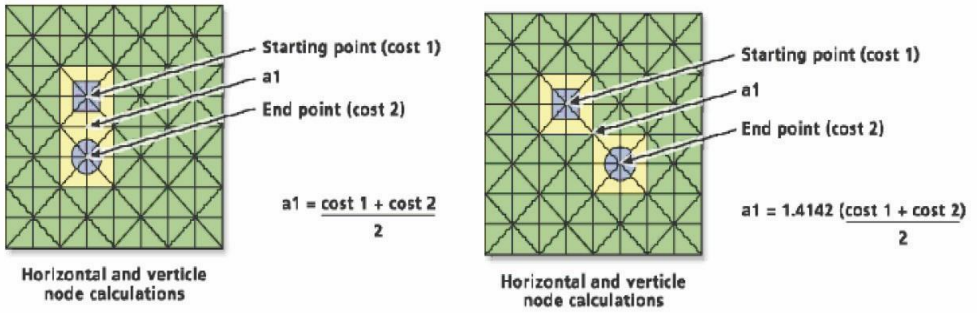
2.3.2 Jalur Evakuasi Terbaik/ Tercepat

Untuk penentuan rute evakuasi terbaik dari satu titik, maka perlu dianalisis jalur tercepat menuju titik kumpul atau tempat evakuasi. Jalur terpendek tidak selamanya merupakan jalur tercepat (yang merupakan garis langsung antara awalan dan titik tujuan) (Mück, 2008). Maka dari itu, dalam menghitung jarak antara dua titik, tidak hanya mempertimbangkan jarak geometris tetapi juga biaya (dalam hal waktu, energi, dan lain-lain) untuk bergerak di sepanjang jalur tertentu. Dengan cara ini maka konsep jarak diganti dengan konsep *Cost Weighted Distance* (CWD) (Kurniawan, 2019).

1. *Cost Weighted Distance* (CWD)

Cost Weighted Distance (CWD) adalah fungsi yang menghasilkan keluaran raster di mana setiap sel diberi nilai yang merupakan biaya akumulatif terendah dari kembali ke sumbernya. Fungsi mengambil raster biaya dan menghitung nilai untuk setiap sel dalam input raster yaitu akumulasi biaya terendah untuk kembali dari sel ke sumber terdekat. Setiap sel dalam raster memiliki biaya dan diberi nilai yang mewakili jumlah dari biaya perjalanan minimum yang akan dikeluarkan dengan melakukan perjalanan kembali di sepanjang jalur berbiaya paling rendah ke sumber terdekat. Fungsi ini tersedia dalam modul ArcGIS *Spatial Analyst* (Kurniawan, 2019).

Dalam penelitian ini, konsep aksesibilitas dihitung pada permukaan biaya yang terdiri dari grid dua dimensi biasa di mana setiap sel mewakili rute yang dapat dilewati seperti jalan, vegetasi dan pantai atau tanah dan badan air yang relatif tidak dapat diakses. Berbagai jenis rute evakuasi memiliki karakteristik yang berbeda. Jalan datar, misalnya, memungkinkan kecepatan perjalanan yang lebih cepat daripada vegetasi yang lebat. Oleh karena itu tidak cukup untuk mengukur jarak antara dua titik. (ADPC, 2007 dalam Post, 2008).



Gambar 2.11 Perhitungan Cost Weighted Distance Antara Dua Sel yang Berdekatan
Sumber: Post, et. al., 2008

Cost Weighted Distance (CWD) dapat dihitung dimana nilai setiap sel mewakili biaya (dalam hal waktu) yang diperlukan untuk pergi dari lokasi rawan atau tergenang ke lokasi TES terdekat dengan mengikuti jalur tercepat (Post, 2008).

Berikut merupakan nilai dari tiap-tiap penggunaan lahan serta kelas kemiringan lereng.

Tabel 2.4 Nilai Penggunaan Lahan

Nilai (%)	Penggunaan Lahan
5	Permukiman
60	Ladang
50	Sawah
60	Perkebunan
95	Rel Kereta Api
100	Jembatan
90	Pantai
50	Pelabuhan
5	Kawasan Industrri, Gedung
95	Lahan Terbuka
80	TPU
1	Rawa-Rawa
5	Lapangan Olahraga (Tenis)
40	Vegetasi
80	Vegetasi Terbuka
1	Kanal, Sungai, Danau, Kolam, Tambak
50	Semak Belukar
100	Jalan Arteri
100	Jalan Kolektor
90	Jalan Lokal
90	Jalan Lain
80	Jalan Setapak

Sumber: Widyaningrum, 2009

Tabel 2.5 Nilai Kemiringan Lereng

Nilai (%)	Kemiringan Lereng (%)
85	0 – 9
45	9 - 15
35	18 – 27
20	27 – 36
12	36 – 48

Sumber: ADPC, 2007 dalam Kurniawan, 2019

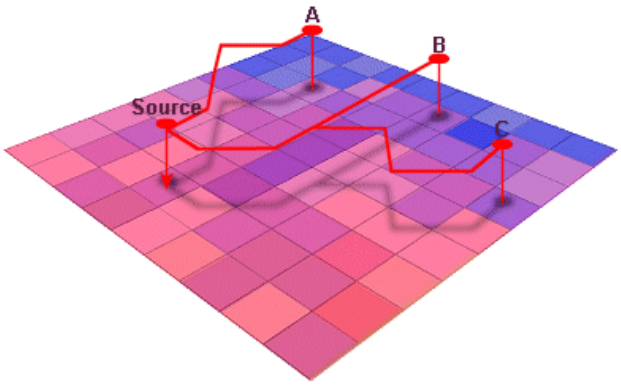
Untuk memudahkan dalam perhitungan waktu evakuasi, maka kecepatan hasil kombinasi data dibalik dari m/s menjadi s/m.

Nilai kecepatan *(invers speed)* diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{1}{\frac{Nilai\ Guna\ Lahan}{100} \times \frac{NIlai\ Kemiringan\ Lereng}{100} \times 0{,}89\ (Kecepatan\ rata - rata)}$$

2. Least Cost Path

Least Cost Path atau jalur biaya terendah (waktu) merupakan salah satu metode dalam GIS (*Geographic Information System*) untuk menentukan jalur paling murah dari titik awal ke titik tujuan ataupun sebaliknya. Selain mengharuskan tujuan ditentukan, *least cost path* menggunakan dua raster yang berasal dari *cost distance*, raster *cost distance* dan raster back-link. Raster backlink digunakan untuk menelusuri kembali rute yang paling murah dari tujuan ke titik awal di atas permukaan jarak biaya (ESRI dalam Kurniawan, 2019). Analisis *least cost path* akan menemukan jalur yang paling efektif untuk melakukan evakuasi dari titik awal ke titik tempat evakuasi sementara (TES) (Kurniawan, 2019).



Gambar 2.12 Analisis Jalur Paling Optimal Menggunakan *Cost Weighted Distance* dan *Back-Link* untuk Menemukan Rute yang Paling Cepat Antara Setiap Destinasi dan Asal.
Sumber: Geograpy Hunter, 2019 dalam Kurniawan, 2019

2.4 Perbedaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA)

Berdasarkan Pedoman Simulasi Kesiapsiagaan Meghadapi Tsunami oleh BNPB Tahun 2014, Tempat Evakuasi Sementara (TES) adalah bangunan khusus, bukit buatan, dan/atau bukit alami yang terletak di wilayah rendaman tsunami yang dimanfaatkan sebagai tempat penyelamatan penduduk yang terpapar bencana tsunami. TES digunakan sebagai tempat penyelamatn dini bagi masyarakat yang tidak memiliki cukup waktu untuk dapat menjangkau lokasi aman pada saat terjadi bencana. TES dapat digunakan dalam waktu beberapa jam atau maksimum 24 jam. Namun, dalam kondisi yang ekstrim memungkinkan orang-orang untuk tinggal lebih lama dikarenakan banyaknya kerusakan yang timbul sehingga tidak memungkinkan untuk dapat tinggal di tempat lain (BNPB, 2013).

Sedangkan Tempat Evakuasi Akhir (TEA), berdasarkan Pedoman Simulasi Kesiapsiagaan Meghadapi Tsunami oleh BNPB Tahun 2014, TEA adalah fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau tanah lapang yang terletak di luar wilayah rendaman tsunami yang diperuntukkan untuk tempat pengungsi korban tsunami untuk masa tanggap darurat (maksimal dua minggu).

2.5 Kebutuhan Tempat Evakuasi Sementara

Berdasarkan kajian kerentanan dan kajian kapasitas evakuasi,hal yang paling utama adalah menghitung berapa waktu yang diharapkan untuk dapat mengevakuasi seluruh penduduk suatu lingkungan dengan kapasitas evakuasi yang ada (BNPB, 2013). Waktu yang ditentukan tersebut adalah waktu untuk mengevakuasi penduduk terpapar (ETE – *Estimated Time for Evacuation*), yang dijabarkan dalam rumus yang telah ditentukan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indoenesia dalam Pedoman Teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami adalah sebagai berikut:

$$ETE = \frac{Pall\ (orang)}{Ev\ ({}^{orang}/_{menit})} = \frac{Pall}{53{,}67\ W} = menit$$

P_{all} = Jumlah populasi terpapar tsunami per desa yang harus mencapai jalan utama untuk evakuasi

E_v = Kapasitas Evakuasi

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 untuk 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. Berikut merupakan rumus perhitungan kebutuhan atau perlu tidaknya dibangun TES pada lokasi penelitian:

$$\boldsymbol{ETE} > ETA - ETW$$

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, maka keberadaan TES tidak diperlukan. Dan sebaliknya jika ETE lebih besar, maka keberadaan TES diperlukan (BNPB, 2013).

2.6 Tempat Evakuasi Sementara Bencana Tsunami

Tempat Evakuasi Sementara (TES) adalah bangunan khusus, bukit alami, dan/atau bukit buatan yang terletak di wilayah rendaman tsunami yang diperuntukkan untuk tempat menyelamatkan penduduk terpapar dari bencana tsunami (BNPB, 2012).

Kriteria daerah penampungan evakuasi horizontal ditetapkan sebagai berikut (Mück, 2008:22):

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 m^2;
4. Kemiringan < 10° (daerah penampungan jangka panjang), kemiringan sekitar < 20° (daerah tempat tinggal sementara).

Berdasarkan *Masterplan* Pengurangan Risiko Bencana Tsunami oleh BNPB Tahun 2012, persyaratan bangunan untuk tempat evakuasi sementara, yaitu:

1. Tahan terhadap gempabumi
2. Memiliki jumlah lantai yang cukup aman (lebih tinggi dari perkiraan tinggi tsunami)
3. Dalam kondisi normal (tidak terjadi bencana tsunami), bangunan tersebut dapat berfungsi sebagai bangunan umum, sehingga memenuhi aspek keberlanjutan *(sustainabillity).*

Selain itu, kriteria lain mengenai bangunan yang cocok untuk evakuasi vertikal, yaitu (Widyaningrum, 2009):

1. Kualitas konstruksi (tahan terhadap gempa dan gelombang tsunami, disetujui oleh para ahli);
2. Merupakan bangunan umum;
3. Terletak di luar penyangga 100 meter dari sungai dekat pantai dan minimal 200 meter dari garis pantai;
4. Aksesibilitas yang baik dan ruang lantai yang cukup.

Berdasarkan *Masterplan* Pengurangan Resiko Bencana Tsunami oleh BNPB Tahun 2014, terdapat beberapa jenis TES (Tempat Evakuasi Semantara), yaitu menara TES tsunami, bangunan gedung TES tsunami, bangunan umum sebagai TES tsunami, dan bukit buatan sebagai TES.

1. Menara TES Tsunami

   Menara TES tsunami adalah bangunan menara dengan ketinggian minimal 2 atau 3 lantai (sekitar 7–10 m) dengan struktur yang kokoh dan tahan terhadap guncangan gempabumi berkali-kali yang berkekuatan sekitar 9 SR, dan kuat

menahan hempasan gelombang tsunami. Menara TES tsunami dapat dibedakan tiga jenis:

a. Kecil luas area kurang dari 50 m2 dan dapat menampung kurang dari 100 orang (1 m^2 untuk 3 orang). Dilengkapi tangga dengan lebar 1,5–2 meter untuk kemudahan mencapai menara. Fungsi menara hanya tempat evakuasi bila terjadi tsunami, dan sehari-hari dapat digunakan sebagai menara pandang. Bagian bawah TES kosong untuk memudahkan air tsunami mengalir;
b. Sedang/medium luas berkisar 50–100 m^2 yang dapat menampung 150–300 orang. Bangunan TES ini dilengkapi tangga dengan lebar 2–3 meter, tangga harus lebih dari satu agar orang dapat cepat naik ke bangunan menara TES;
c. Besar luas bangunan lebih dari 100 m2 sehingga mampu menampung 300–600 orang. TES dilengkapi lebih dari dua tangga dengan lebar tangga 3–4 meter. Sebaiknya ada ramp yang dapat menampung orang cacat, orang tua, dan anak-anak.

Letak TES Tsunami harus disebar di sepanjang pantai, dan lokasinya di dalam jalur evakuasi tsunami. Lokasinya harus dapat dicapai dalam jarak tempuh berlari dua puluh menit oleh orang-orang di sekitar lokasi. Dapat juga diletakkan di atas jalan raya yang sekaligus dapat berfungsi sebagai jembatan penyeberangan.

2. Bangunan Gedung TES Tsunami

Bangunan gedung TES tsunami berbeda dengan menara TES, bangunan ini dapat digunakan sehari-hari untuk kegiatan masyarakat. Terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian dasar, bagian atas, dan atap bangunan. Bagian dasar bangunan sehari-harinya dapat digunakan sebagai tempat parkir kendaraan. Lahan parkir terbuka sehingga memungkinkan air tsunami mengalir tanpa hambatan. Lantai atas adalah bangunan yang berupa ruang serba guna yang dapat digunakan untuk berbagai kegiatan. Atap bangunan juga dapat digunakan sebagai tempat evakuasi yang dapat menampung 100 orang. Bagian atap juga memungkinkan bagi helikopter untuk memberikan bantuan.

Letak bangunan gedung TES Tsunami harus berada di lokasi keramaian yang strategis dan mudah dijangkau. Bangunan ini membutuhkan struktur yang kuat terhadap guncangan gempabumi sekitar 9 SR dan kuat terhadap hempasan gelombang tsunami. Sebagai pusat komunitas, dalam perencanaan dan perancangan gedung TES melibatkan tokoh-tokoh masyarakat setempat agar ruang yang disediakan dapat disesuaikan dengan kegiatan yang dibutuhkan.

3. Bangunan Umum sebagai TES Tsunami

Bangunan umum seperti masjid, sekolah, rumah sakit, kantor, hotel juga dapat digunakan sebagai tempat evakuasi. Seperti Masjid Raya Banda Aceh yang berfungsi sebagai tempat evakuasi saat terjadi tsunami Aceh tahun 2004.

Agar dapat memudahkan semua orang melakukan evakuasi utamanya orang yang cacat dengan kursi roda, balita, dan orang tua, atap-atap bangunan umum didesain menjadi atap datar untuk tempat evakuasi, yang dilengkapi oleh tangga terbuka, ramp atau lift darurat agar dapat lebih mudah dilihat dari luar.

Luas bangunan umum sangat bervariasi tergantung kebutuhan masyarakat yang akan diwadahi dalam bangunan tersebut. Yang penting bangunan sudah kokoh dan tahan terhadap kekuatan gempabumi dengan skala sekitar 9 SR atau lebih dan tahan terhadap hempasan gelombang tsunami. Masyarakat juga tahu bahwa bangunan ini dapat digunakan sebagai tempat evakuasi dengan adanya simbol/*signage* dari luar. Bila sudah ada bangunan umum yang dapat digunakan sebagai tempat evakuasi, maka tidak perlu lagi membangun TES tsunami di dekatnya.

4. Bukit Buatan sebagai TES

Bagi daerah-daerah permukiman yang terletak pada dataran pantai yang landai dan luas dimana bangunan gedung tinggi tidak tersedia, maka salah satu solusi adalah membuat bukit buatan. Bukit buatan ini dapat digunakan sebagai tempat olah raga, taman kota, lapangan atau fasilitas umum lainnya. Sedangkan bagi daerah daerah pantai yang dekat dengan perbukitan,

pembangunan TES Tsunami dapat dapat memanfaatkan bentang alam yang ada dengan membuat fasilitas jalan atau rute evakuasi yang memadai yang dapat digunakan sebagai jalur lari (*jogging track*), tempat olah raga lainnya atau tempat gardu pandang keindahan pantai.

2.6.1 Ketinggian TES Tsunami

Berdasarkan pedoman teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami oleh BNPB Tahun 2013, ketinggian 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 ini berbeda-beda di setiap lokasi, tergantung kekuatan gempa bumi yang terjadi, kedalaman sumber gempa bumi dan kondisi topografi dasar lautan. Tinggi puncak gelombang tsunami, perlu diakomodasi dalam ambang batas aman yang disebut *freeboard* dengan menambah toleransi aman. Secara grafis, hubungan diantara tinggi *inundation, freeboard,* dan ketinggian bangunan TES dapat dilihat pada Gambar di bawah 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 berdasarkan FEMA P-646, 2012 adalah sebagai berikut:

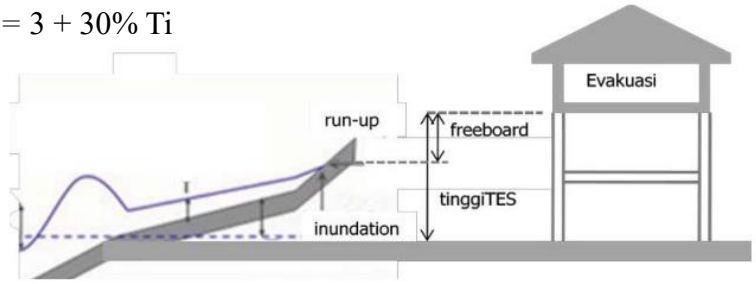
$$\mathrm{T} = \mathrm{Ti} + Freeboard$$

T = Ti + (3 + 30% Ti)

T = Tinggi TES dari permukaan tanah (m)

Ti = Tinggi *inundation* gelombang tsunami (m)

Freeboard = 3 + 30% Ti



Gambar 2.13 Tinggi Bangunan TES
Sumber: BNPB, 2013

Tabel 2.6 Perkiraan Tinggi Minimum Fasilitas TES dari Elevasi Permukaan Tanah

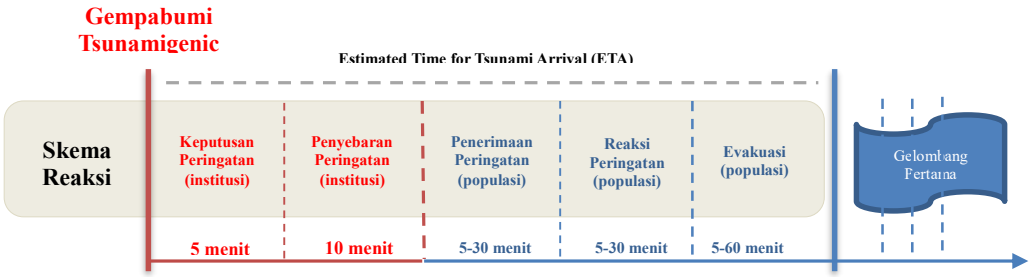
Lokasi	Prediksi Tinggi Genangan Tsunami	Tinggi *Freeboard* (3 m + 30% Tinggi Genangan)	Tinggi TES dari Elevasi Tanah
Lokasi 1	1 m	3 m + 0,3 = 3,3 m	1 m + 3,3 m = 4,3 m
Lokasi 2	2 m	3 m + 0,6 m = 3,6 m	2 m + 3,6 m = 5,6 m
Lokasi 3	3 m	3 m + 0,9 = 3,9 m	3 m + 3,9 m = 6,9 m
Lokasi 4	4 m	3 m +1,2 = 4,2 m	4 m + 4,2 m = 8,2 m
Lokasi 5	5 m	3 m + 1,5 = 4,5 m	5 m + 4,5 m = 9,5 m

Sumber: BNPB, 2013

2.6.2 Aksesibilitas TES (Tempat Evakuasi Sementara)

Hal utama yang harus diperhatikan adalah bangunan evakuasi hanya dapat diakses oleh orang-orang yang datang dari arah garis pantai, bahkan masih memungkinkan orang-orang yang datang dari arah berlawanan untuk berlindung jika jaraknya cukup dekat untuk mencapai gedung TES.

Berdasarkan *Guideline for Tsunami Risk Assessment in Indonesia* oleh *Indonesian – German Working Group on Tsunami Risk Assessment*, waktu evakuasi atau estimasi kedatangan tsunami dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Estimasi Waktu Evakuasi dan Kedatangan Tsunami

Sumber: Guideline for Tsunami Risk Assessment in Indonesia, 2011

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Dini Purbani, dkk (2014) dengan judul penelitian *"Penentuan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) Untuk Gempa Bumi Dan Tsunami Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis, Kota Pariaman Propinsi Sumatera Barat"*. Tujuan penelitian ini, yaitu: a) mengkaji pemanfaatan dan penataan wilayah pesisir yang ada saat ini (existing) untuk perencanaan usulan shelter atau TES, b) menganalisis

kebutuhan shelter atau TES dan infrastruktur pendukung evakuasi tsunami, berdasarkan sebaran dan kepadatan penduduk yang tinggal di lokasi rawan tsunami dan c) mengusulkan lokasi TES, serta jalur evakuasi menuju TES. Penelitian ini menggunakan penerapan SIG dengan menggunakan network analysist untuk penentuan lokasi usulan TES dan TEA. Dari penelitian ini, dihasilkan usulan TES di Kota Pariaman sebanyak 23 unit,dan jalur horizontal menuju TEA sebanyak 15 jalur.

2. Limpat Wibowo Aji (2019) dengan judul penelitian *"Identifikasi Jalur dan Tempat Evakuasi Tsunami pada Pantai Siung-Nglambor-Jogan di Kabupaten Gunungkidul".* Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan penentuan jalur dan tempat evakuasi tsunami pada pantai Siung-Nglambor-Jogan di Kabupaten Gunungkidul menggunakan pedoman FEMA P646. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan, yaitu nilai ketinggian titik kumpul 25 meter dari permukaan laut menjadi dasar untuk menyelamatkan diri, jika dihubungkan dengan kecepatan orang berjalan (kondisi lemah), maka waktu kedatangan/waktu tiba tsunami didapat tidak lebih dari 0.5 jam, hal ini masih dalam batasan sesuai dengan *Federal Emergency Management Agency* (FEMA P-646, 2008), luasan titik kumpul evakuasi tsunami jika dihubungkan dengan jumlah pengunjung maksimal antara tahun 2014-2017, maka titik evakuasi tersebut secara keseluruhan tidak dapat menampung jumlah pengunjung/pengungsi jika tsunami terjadi.

3. Kasyful Humam dan Nurul Khakhim (2015) dengan penelitian berjudul *"Tsunami Evacuation Routes Mapping Based On Several Tsunami Wave Heights Scenario On The Some Part Of Coastal Areas Of Banda Aceh City".* Tujuan penelitian ini adalah memetakan jalur evakuasi tsunami di Kota Banda Aceh dengan memodelkan genangan tsunami dalam beberapa skenario run-up tsunami dari garis pantai dengan persamaan Berryman dengan menggunakan metode tools cost distance. Hasil dari penelitian ini ialah pemetaan jalur evakuasi dari berbagai skenario dan pemetaan kerentanan sosial.

Studi penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dalam menyusun penelitian ini dirangkum dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Variabel	Hasil Penelitian	Sumber
1.	Penentuan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) Untuk Gempa Bumi Dan Tsunami Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis, Kota Pariaman Propinsi Sumatera Barat.	1. Analisis keadaaan wilayah terdampak tsunami 2. Analisis kapasitas penduduk 3. Analisis SIG	1. Tingkat kerentanan bencana tsunami 2. Kapasitas/ Ketangguhan 3. Tempat Evakuasi Sementara	1. Penerapan SIG dengan menggunakan network analyst untuk mitigasi bencana sangat diperlukan dengan memberikan lokasi usulan TES di zona rawan genangan tsunami dan jalur horizontal menuju TEA. 2. Usulan TES di Kota Pariaman berjumlah 23 unit dan jalur horisontal menuju TEA sebanyak 15 jalur diharapkan dapat mengurangi korban bencana. Jumlah daya tampung TES bervariasi antara 487 jiwa hingga 1994 jiwa dan jika diproyeksi untuk 50 tahun menjadi 952 jiwa hingga 3.899 jiwa.	Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir Balitbang Kelautan dan Perikanan-KKP
2.	Identifikasi Jalur dan Tempat Evakuasi Tsunami pada Pantai Siung-Nglambor-Jogan di Kabupaten Gunungkidul	1. Analisis sebaran populasi 2. Analisis waktu, kecepatan dan jarak evakuasi 3. Analisis kapasitas tempat evakuasi vertikal tsunami dan tempat evakuasi vertikal tsunami eksisting. 4. Digitasi peta	1. Jalur dan tempat evakuasi	1. Nilai ketinggian titik kumpul 25 meter dari permukaan laut menjadi dasar untuk menyelamatkan diri, jika dihubungkan dengan kecepatan orang berjalan (kondisi lemah), maka waktu kedatangan/waktu tiba tsunami didapat tidak lebih dari 0.5 jam, hal ini masih dalam batasan sesuai dengan Federal Emergency Management Agency (FEMA P-646, 2008), luasan titik kumpul evakuasi tsunami jika dihubungkan dengan jumlah pengunjung maksimal antara tahun 2014-2017, maka titik evakuasi tersebut secara keseluruhan tidak dapat menampung	

					jumlah pengunjung/pengungsi jika tsunami terjadi; dan 2. Lokasi/ titik aman evakuasi dalam penelitian tidak sama dengan lokasi penentuan titik aman pada peta evakuasi tsunami yang ada dalam BPBD. Dalam penelitian ini lokasi/ titik aman evakuasi tsunami bisa digunakan penyelamatan pertama korban tsunami dengan mempertimbangkan waktu kedatangan tsunami, akan tetapi dalam BPBD untuk penampungan korban tsunami menggunakan fasilitas umum walaupun jaraknya jauh dan mengindahkan waktu kedatangan tsunami.
3.	*Tsunami Evacuation Routes Mapping Based On Several Tsunami Wave Heights Scenario On The Some Part Of Coastal Areas Of Banda Aceh City*	1. Analisis guna lahan 2. Analisis jaringan jalan 3. Analisis bangunan 4. Analisis spasial	1. Bahaya tsunami 2. Tingkat kerentanan tsunami Jalur evakuasi tsunami	1. Bahaya tsunami dengan skenario ketinggian 1m, 2m, dan 5m terklasifikasi bahaya sangat rendah dan rendah. Pada skenario tersebut genangan tsunami belum memasuki kawasan permukiman. Sedangkan sknario 15m, 30m, dan 60m terklasifikasi bahaya sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kawasan permukiman mulai tergenang dan bahkan pada skenario 60m luas wilayah yang tergenang mencapai 20,88 Km2 dari total wilayah penelitian 22,52 Km2 . 2. Faktor kerentanan sosial yang terdiri dari kepadatan penduduk, sex ratio, penyandang cacat dan penduduk miskin di lokasi penelitian menunjukkan 7 desa mempunyai	

		kerentanan sangat tinggi, 7 desa kerenatan tinggi, 15 desa kerentanan sedang, 2 desa kerentanan rendah dan 2 desa kerentanan sangat rendah. Total desa di lokasi penelitian berjumlah 33 desa dan 3 Kecamatan. 3. Penetuan jalur evakuasi tsunami pada penelitian ini menggunakan network analyst dengan metode closest facility. Metode tersebut dipilih karena pada metode tersebut mempertimbangkan jaringan jalan yang terdapat di lokasi penelitian. hasil analisis jalur evakuasi tsunami menunjukkan waktu terlama yang dibutuhkan dari daerah rawan ke gedung evakuasi ialah mencapai 19,69 menit dengan berlari dan waktu tercepat ialah 0,11 menit dengan berlari.	

2.8 Kesimpulan Tinjauan Pustaka

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka diperoleh inti sari yang dapat digunakan dalam menjawab tiap pertanyaan penelitian. Adapun hasil tinjauan pustaka dituangkan dalam beberapa variable berdasarkan tiap pertanyaan penelitian, yang dapat diamati pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kesimpulan Tinjauan Pustaka

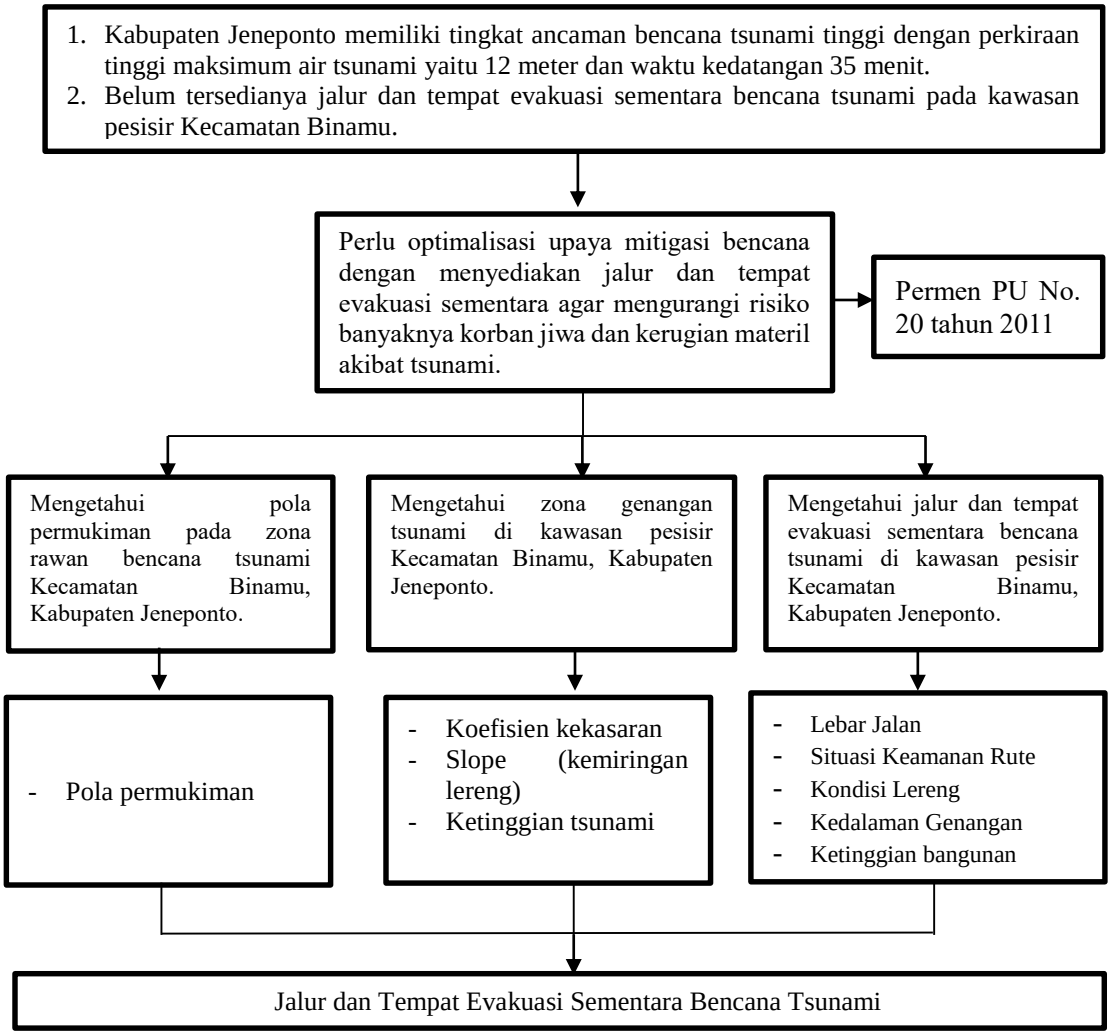
Pertanyaan Penelitian	Variabel	Sub Variabel	Indikator
Pemetaan zona genangan tsunami	Penggunaan Lahan	1.Kerentanan sangat tinggi = Permukiman, sawah, hutan rawa 2.Kerentanan tinggi = Vegetasi darat, perkebunan 3.Kerentanan menengah = Tegalan, ladang 4.Kerentanan rendah = Lahan kosong, semak belukar, rumput 5.Kerentanan sangat rendah = Hutan, batuan cadas, dan gamping	-
	Slope (kemiringan lereng)	-	1. Kerentanan sangat tinggi = 0 – 2% 2. Kerentanan tinggi = 2 – 5% 3. Kerentanan menengah = 5 – 15% 4. Kerentanan rendah = 15 – 40% 5. Kerentanan sangat rendah = >40%
	Koefisien Kekasaran	-	1. Badan air = 0,007 2. Belukar/ semak = 0,040 3. Hutan = 0,070 4. Kebun/ Perkebunan = 0,035 5. Lahan kosong/ terbuka = 0,015 6. Lahan pertanian = 0,025 7. Permukiman/ lahan terbangun = 0,045 8. Mangrove = 0,025 9. Tambak/ empang = 0,010

Pertanyaan Penelitian	Variabel	Sub Variabel	Indikator
	Ketinggian Tsunami	-	1. Ancaman rendah = <1m 2. Ancaman sedang = 1-3m 3. Ancaman tinggi = >3m
	Jarak dari Sempadan Pantai	-	1. Kerentanan sangat tinggi = <500 2. Kerentanan tinggi = 500-1000 3. Kerentanan menengah = 1000-1500 4. Kerentanan rendah = 1500-3000 5. Kerentanan sangat rendah = >3000
	Jarak dari Sempadan Sungai	-	1. Kerentanan sangat tinggi = 100 2. Kerentanan tinggi = 100-200 3. Kerentanan menengah = >200-300 4. Kerentanan rendah = >300-500 5. Kerentanan sangat rendah = >500
Pola permukiman pada kawasan ancaman tsunami	Pola Permukiman	1. Memanjang (*Linier*) 2. Terpusat 3. Tersebar *4. Cluster*	-
Penentuan jalur evakuasi bencana tsunami	Lebar Jalan		1. Jalan Arteri Primer : minimum lebar jalan 10 meter 2. Jalan Arteri Sekunder : minimum lebar jalan 8 meter 3. Jalan Kolektor Sekunder : minimum lebar jalan 8 meter 4. Jalan Lokal Sekuder : minimum lebar jalan 4 meter 5. Jalan Lingkungan : minimum lebar jalan 4 meter
	Situasi Keamanan Rute	Aman dari berbagai bencana tambahan yang mungkin terjadi akibat bencana tsunami, seperti ledakan material yang meledak, putusnya jembatan, robohnya gedung tinggi, bencana longsor dan lain-lain.	

Pertanyaan Penelitian	Variabel	Sub Variabel	Indikator
	Kondisi Lereng	Lereng datar	Kemiringan jalan tidak lebih dari 7°
	Kedalaman Genangan	Jalur evakuasi dengan kedalaman genangan yang rendah menjadi jalur evakuasi yang paling tepat dibandingkan dengan jalur yang lebih tinggi.	
Penentuan TES tsunami	Bangunan TES	1. Menara TES tsunami 2. Bangunan Gedung TES 3. Bangunan umum (masjid, sekolah, rumah sakit, kantor, hotel) 4. Bukit buatan sebagai TES	Bangunan umum tahan terhadap gempa berkekuatan 9 SR
	Ketinggian bangunan	-	$\mathrm{T} = \mathrm{Ti} + Freeboard$ T = Ti + (3 + 30% Ti) T = Tinggi TES dari permukaan tanah (m) Ti = Tinggi *inundation* gelombang tsunami (m) *Freeboard* = 3 + 30% Ti
	Kapasitas bangunan	-	1. Atap bangunan dapat digunakan sebagai tempat evakuasi yang dapat menampung 100 orang 2. Ketinggian menara TES minimal 2 atau 3 lantai (sekitar 7–10 m) Menara TES tsunami dapat dibedakan tiga jenis: • Kecil luas area kurang dari 50 m2, menampung kurang dari 100 orang (1 m^2 untuk 3 orang). Dilengkapi tangga dengan lebar 1,5–2. • Sedang/medium luas berkisar 50–100 m2 yang dapat menampung 150–300 orang dan tangga dengan lebar 2–3 meter,

Pertanyaan Penelitian	Variabel	Sub Variabel	Indikator
			• Besar luas bangunan lebih dari 100 m2, mampu menampung 300– 600 orang. TES dilengkapi lebih dari dua tangga dengan lebar tangga 3–4 meter.
	Aksesibilitas (Waktu Evakuasi)	-	1. Keputusan peringatan (institusi) = 5 menit 2. Penyebaran peringatan (institusi) = 10 menit 3. Penerimaan peringatan (populasi) = 5 – 30 menit 4. Reaksi peringatan (populasi) = 5 – 30 menit 5. Evakuasi (populasi) = 5 – 60 menit

2.9 Kerangka Pikir



Gambar 2.15 Kerangka Pikir Penelitian