

PERENCANAAN TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA (TES) TSUNAMI

BADAN NASIONAL PENANGGULANGAN BENCANA

Tahun 2013

PENULIS

1. Harkunti P.Rahayu, Ph.D
2. Juarni Anita, ST., M.Eng.

INTERNAL REVIEWER

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. Medi Herlianto, CES,MM | Direktur kesiapsiagaan |
| 2. Prof. Dr. Nanang T. Puspito | Institut Teknologi Bandung |
| 3. Dr. Irwan Meilano | Institut Teknologi Bandung |
| 4. Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE.,Ph.D | Institut Teknologi Bandung |
| 5. Prof. Ir. Iswandi Imran, MASC., Ph.D | Institut Teknologi Bandung |
| 6. Prof. Dr. M. Syahril Badri Kusuma | Institut Teknologi Bandung |
| 7. Dr. Hendriyawan | Institut Teknologi Bandung |
| 8. Ir. Afrial Rosya, MA | Kasubdit Perencanaan Siaga |

REVIEW PANEL

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Dr. Haryadi Permana | LIPI |
| 2. Robert Sulistyó | CDSP - AIFDR |
| 3. Ir. Ferri Eka Putra | PUSKIM - PU |
| 4. Prof. Dr. Hasyim Djalal | DEKIN / KKP |
| 5. Dr. Budianto Ontowiryo | ASKP BSB |
| 6. Tedi Bahtian ST.,MT. | PUSKIM |
| 7. Drs. Suhardjono | BMKG |
| 8. Dr. Nurlia Sadikin | PUSAIR – PU |
| 9. Dr. Sri Hidayati | PVMBG – BG |
| 10. Ir. Ardito M. Kodiyat, M.Sc. | UNESCO Jakarta |
| 11. Tris Raditian | Dit. BOP SDA |
| 12. Dr. Ing. Josia Irwan Rastandi | Universitas Indonesia |
| 13. Ir. Widjojo Adi Prakoso, M.Sc., Ph.D | Universitas Indonesia |
| 14. Pangarso S. | Pusdiklat PB |
| 15. Dr. Ir. Pariatmono, M.Sc. | RISTEK |
| 16. Ir. Medy Eka S. | RISTEK |
| 17. Prof. Ir. Wimpie A.N. Aspar, MSCE, Ph.D | BPPT |
| 18. Dr. Rahman H. | BPPT |
| 19. Dr. Ir. Drajat Hoedajanto, M.Eng | HAKI |
| 20. Arif Rachman | PUSKIM |
| 21. Ir. Velly Asvaliantina, M.Sc. | BPPT |

Pedoman ini hanya sebagai panduan untuk perencanaan TES. Setiap perencanaan TES harus didasarkan atas perhitungan teknis sesuai kaidah-kaidah perencanaan yang berlaku dan didasarkan atas data-data setempat yang mencukupi untuk kebutuhan desain.

Tim penyusun tidak bertanggungjawab terhadap permasalahan yang timbul atas penggunaan baik sebagian maupun seluruhnya dari pedoman ini. Pengguna informasi dari publikasi ini menanggung semua kewajiban yang timbul dari penggunaan tersebut.

PENGANTAR

Pedoman 2 : Pedoman Teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami ini merupakan salah satu dari rangkaian pedoman untuk penentuan TES Tsunami yang disusun dengan harapan dapat membantu pemerintah, khususnya BNPB dalam melaksanakan Master Plan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami. Terdapat empat pedoman yang mendukung pedoman perencanaan TES ini, yaitu :

1. Pedoman Teknik Pembuatan Peta Bahaya Rendaman Tsunami
2. Pedoman Teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami
3. Pedoman Teknik Perancangan Struktur Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami
4. Pedoman Teknik Perancangan Bukit Sebagai Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami

Pedoman ini dikembangkan dengan mengacu pada UU No. 24 tahun 2007 mengenai Penanggulangan Bencana, PP No.21 Tahun 2008 mengenai Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, PERKA BNPB No. 4 Tahun 2008 mengenai Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana, PERKA BNPB No.02 Tahun 2012 mengenai Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, PERMEN No.06/PRT/M/2009 mengenai Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami, KEPMEN PU No. 468/KPTS/1998 mengenai Persyaratan Teknis Aksesibilitas pada Bangunan Umum dan Lingkungan, Departemen Pekerjaan Umum, serta beberapa Standar Nasional Indonesia seperti: SNI 03-1733-2004 mengenai Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan, SNI 7743 -2011 mengenai Rambu Evakuasi Tsunami, Masterplan Nasional untuk Pengurangan Risiko Bencana Tsunami, dan Grand Scenario Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia. Disamping itu pedoman ini dikembangkan dengan mengacu pada alur pembahasan pedoman FEMA-USA (P646-2012), mengenai *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis* yang dilengkapi dengan hasil penelitian-penelitian terkait yang telah banyak dilakukan oleh ITB maupun lembaga maupun institusi di Indonesia maupun di negara lain sebagai bentuk upaya pengurangan risiko bencana tsunami pasca Tsunami Aceh 2004.

Pedoman ini telah direview oleh Prof. Seigo Nasu (Kochi University of Technology, Japan), Prof. Nanang T. Puspito (ITB), Prof. Masyhur Irsyad, Prof. Iswandi Imran, Dr. Irwan Melano (ITB), dan Dr. Hendriyawan serta telah dilakukan sosialisasi dan finalisasi melalui dua kali Forum Grup Diskusi (FGD) yang dihadiri oleh berbagai kementerian dan lembaga negara Indonesia, serta instansi dan pemangku kepentingan terkait.

Jakarta, Desember 2013

Tim Penyusun

KATA SAMBUTAN

Kami menyambut baik atas penerbitan "Pedoman Teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami" ini yang merupakan salah satu dari rangkaian Pedoman Teknik Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami

Pedoman Teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami memang sangat diperlukan sebagai salah satu bentuk upaya pengurangan risiko bencana tsunami dalam bentuk penyediaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) di kawasan rawan tsunami

Dengan adanya Pedoman Teknik Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami kita dapat merencanakan dan menentukan lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami, desain dan kapasitas Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami.

Kami berharap pedoman ini dapat digunakan sebagai panduan bagi para pemangku kepentingan seperti engineer, arsitek, pejabat pemerintah/pemegang keputusan, perencana dan pemilik bangunan/lahan yang sedang mempertimbangkan pembangunan dan pengoperasian struktur bangunan maupun bukit buatan tahan tsunami sehingga menjadi tempat yang aman untuk TES bagi masyarakat pada saat terjadi bencana Tsunami. Mudah-mudahan pedoman ini bermanfaat bagi masyarakat/pembaca dan pihak-pihak lain yang memerlukannya.

Jakarta, Maret 2014

**Deputi Pencegahan dan Kesiapsiagaan
Badan Nasional Penanggulangan Bencana**

Ir. Dody Ruswandi, MSCE

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
KATA SAMBUTAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR SINGKATAN	iv
DAFTAR PUSTAKA	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 PENDAHULUAN.....	2
1.2 Tujuan Perencanaan dan Penentuan TES Tsunami.....	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Acuan Normatif.....	4
1.5 Istilah dan Definisi	4
BAB 2 PERTIMBANGAN UMUM DALAM PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN TES	
TSUNAMI	8
2.1 Proses Pembuatan Keputusan	9
2.2Dasar Perencanaan dan Pengembangan TES Tsunami.....	11
2.2.1 Kapasitas Evakuasi.....	12
2.2.2 Penentuan Perlu Tidaknya TES Tsunami.....	13
BAB 3 PERTIMBANGAN KHUSUS DALAM PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN TES	
TSUNAMI	16

3.1	Perencanaan Lokasi TES Tsunami.....	17
3.1.1	Kriteria Khusus Pemilihan Lokasi TES.....	19
3.1.2	Kriteria Khusus Kapasitas TES Tsunami.....	22
3.1.3	Kriteria Khusus Perencanaan Ketinggian TES Tsunami.....	25
3.2	Berbagai Tipe TES Tsunami.....	26
3.3	Pertimbangan Dalam Penentuan Tipe TES Tsunami.	27
3.3.1	Bila Ada Bukit Alami di Kawasan Rawan Tsunami.....	28
3.3.2	Bila Ada Bangunan Kokoh dengan Ketinggian di Atas Rendaman Tsunami	28
3.3.3	Bila Tidak Ada Bukit Alami Maupun Bangunan Tinggi yang Kokoh di Kawasan Rawan Tsunami.....	29
3.4	Sosialisasi Tempat Evakuasi Sementara (TES)	30
BAB 4	BANGUNAN TES TSUNAMI PEMANFAATAN TUNGGAL.....	33
4.1	TES Tsunami Sebagai Pemanfaatan Tunggal	33
4.2	Aspek Kebutuhan Ruang.....	33
4.3	Aspek Lokasi dan Aksesibilitas.....	34
4.4	Aspek Tinggi Bangunan	35
4.5	Aspek Sirkulasi Vertikal.....	36
4.6	Aspek Gubahan Massa Bangunan	37
4.7	Aspek Struktur Bangunan	39
4.7.1	Tingkat Ketahanan Bangunan Terhadap Gempa Bumi.....	39
4.7.2	Tingkat Keamanan Bangunan Terhadap Tsunami.....	40
BAB 5	BANGUNAN TES TSUNAMI PEMANFAATAN MULTIFUNSI.....	42
5.1	TES Tsunami untuk Pemanfaatan Multifungsi	43
5.2	Pemanfaatan Bangunan Umum Yang Sudah Ada (<i>Existing</i>).....	43
5.3	TES Tsunami Sebagai Bangunan Umum.....	44
5.3.1	Aspek Lokasi.....	45
5.3.2	Aspek Tinggi Bangunan dan Sirkulasi Vertikal	45
5.3.3	Aspek Gubahan Massa Bangunan.....	45

5.3.4 Aspek Utilitas Bangunan	48
5.3.5 Aspek Struktur Bangunan	48
5.3.6 Berbagai Contoh Bangunan TES Tsunami Multifungsi.	50
5.3.6.1 <i>Community Center</i> (Gedung serba guna untuk masyarakat) Sebagai TES	50
5.3.6.2 Bangunan Sekolah Sebagai TES	51
5.3.6.3 Museum Sebagai TES	53
5.3.6.4 Kantor Sebagai TES	54
5.1.6.5 Gedung Parkir sebagai TES	55
5.1.6.6 Hotel sebagai TES	56
5.1.6.7 Pusat Perbelanjaan Sebagai TES	57
5.1.6.8 Rumah Sakit sebagai TES	58
BAB 6 BUKIT TES TSUNAMI PEMANFAATAN MULTIFUNGSI	60
6.1. Bukit TES untuk Pemanfaatan Multifungsi	61
6.2. Bukit Alami	61
6.3. Bukit Buatan	63
6.3.1. Aspek Lokasi Bukit Buatan	64
6.3.2. Aspek Kegiatan dan Kebutuhan Ruang	65
6.3.3. Aspek Tinggi Bukit Buatan dan Sirkulasi Vertikal	65
6.3.4. Aspek Bentuk Bukit Buatan	66
6.3.5. Pertimbangan Struktur Bukit Buatan	70
BAB 7 RAMBU EVAKUASI TSUNAMI	72
7.1 Rambu sebagai Penunjuk Arah Menuju TES Tsunami	713
7.2 Identifikasi Masyarakat Pesisir, Tempat Direncanakan TES	74
7.3 Pemasangan Rambu-Rambu Tsunami dan Informasi Tsunami	75
7.3.1 Rambu Daerah Bahaya Tsunami	75
7.3.2 Pemasangan Rambu Evakuasi	77
7.3.3 Desain Papan Informasi Peta Jalur Evakuasi Tsunami	77
8. IMPLEMENTASI PEDOMAN PERENCANAAN TES TSUNAMI	79
8.1 Implementasi TES Tsunami	80
8.2 Gambaran Umum Lokasi	81
8.3 Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES)	82

8.4	Menentukan Tinggi TES	87
8.5	Bangunan TES Pemanfaatan Tunggal	87
8.6	Bangunan TES Pemanfaatan Multifungsi	89
DAFTAR SINGKATAN		93
B3 93		
BPBD 93		
BNPB 93		
FEMA 93		
Federal Emergency Management Agency		93
ICC/NSSA		93
P3K 93		
Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan		93
TES 93		
Tempat Evakuasi Sementara		93
DAFTAR PUSTAKA		94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram alir proses pengambilan keputusan untuk pembangunan dan pengembangan TES Tsunami	10
Gambar 2.2	Perilaku atau tendensi orang dalam evakuasi.....	13
No table of figures entries found.		
Gambar 3.5	Bukit Alami Sebagai TES.....	28
Gambar 3.6	Contoh Bangunan Umum Yang Dapat Digunakan Sebagai TES	29
Gambar 4.1	Ketinggian TES sebagai pemanfaatan tunggal	36
Gambar 4.2	Ilustrasi ramp.....	37
Gambar 5.1	Alternatif bentuk massa bangunan	47
Gambar 5.2	Bagian bawah bangunan terbuka	47
Gambar 5.3	Struktur bangunan TES sebagai multifungsi	50
Gambar 5.4	Tsunami Escape Building di Aceh	51
Gambar 5.5	Denah lantai dasar dan lantai satu bangunan sekolah sebagai	52
Gambar 5.6	Denah lantai atas dan tampak samping	53
Gambar 5.7	Suasana bangunan sekolah sebagai TES.....	53
Gambar 5.8	Museum Tsunami Aceh sebagai TES5	54
Gambar 5.9	Kantor sebagai TES (Rencana Kantor Gubernur di Padang)	55
Gambar 5.10	Bangunan parkir sebagai TES	56
Gambar 5.11	Hotel dapat sebagai TES.....	57
Gambar 5.12	Pusat Perbelanjaan sebagai TES (contoh Discovery Mall di Bali)	58
Gambar 5.13	General Relief Center, Kochi, Jepang	59
Gambar 6.1	Bukit alami sebagai TES	62
Gambar 6.2	Bukit sebagai TES dilengkapi rambu-rambu penunjuk arah evakuasi	63
Gambar 6.3	Tinggi bukit buatan	66
Gambar 6.4	Beberapa alternatif bentuk bukit buatan	67
Gambar 6.5	<i>Site Plan</i> , Tampak Memanjang, Tampak Melintang, Bukit Buatan	68
Gambar 6.6	Tapak 3 Dimensi dari Bukit Buatan	69
Gambar 7.1	Rambu Zona Bahaya Tsunami	75

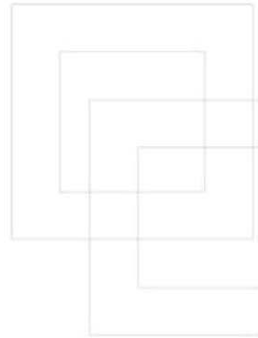
Gambar 7.2	Rambu Rute Evakuasi	76
Gambar 7.3	Tiang Rambu Evakuasi	77
Gambar 7.4	Jalur evakuasi di TBBM Teluk Kabung	78
Gambar 8.1	Sebaran Penduduk di Kecamatan Palabuhanratu berdasarkan Pondes 2008	81
Gambar 8.2	Bathimetri dan topografi Palabuhanratu	82
Gambar 8.3	Peta Rendaman Tsunami (<i>Inundation Map</i>).....	83
Gambar 8.4	Peta Waktu Tempuh Tsunami	83
Gambar 8.5	Peta Lokasi TES Tsunami.....	85
Gambar 8.6	Denah Bangunan TES pemanfaatan tunggal.....	87
Gambar 8.7	Perspektif Bangunan TES Pemanfaatan Tunggal.....	88
Gambar 8.8	Site Plan BangunanTES	89
Gambar 8.9	Denah Lantai Dasar90.....	90
Gambar 8.10	Denah Lantai Dua dan Tiga	90
Gambar 8.11	Potongan dan Tampak Depan Bangunan TES.....	91
Gambar 8.12	Perspektif Bangunan TES.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jarak maksimum TES berdasarkan waktu peringatan	19
Tabel 3.2	Rekomendasi luas ruang per orang dalam fasilitas TES	24
Tabel 3.3	Perkiraan Tinggi Minimum Fasilitas TES dari Elevasi Permukaan Tanah	26

BAB I

PENDAHULUAN



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Posisi geologis Indonesia yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik aktif telah menempatkan Indonesia sebagai negara rawan bencana gempa bumi dan tsunami. Sekitar 70% gempa bumi tektonik terjadi di dasar laut yang berpotensi menyebabkan tsunami, gempa bumi ini disebut gempa bumitsunamigenik. Secara statistik rata-rata hampir setiap 2 tahun sekali terjadi tsunami di wilayah Indonesia.

Dari catatan sejarah tsunami di Indonesia, kejadian tsunami telah banyak menelan korban jiwa. Dua kejadian tsunami besar yang menelan banyak sekali korban jiwa adalah (1) bencana tsunami vulkanik Krakatau tahun 1883 yang telah menelan korban sekitar 36.000 orang; dan (2) tsunami Aceh 26 Desember 2004 dengan korban jiwa sekitar 227.898 orang (USGS, 2005).

Bencana tsunami Aceh 2004 tersebut merupakan bencana fenomenal pada abad ini, tidak hanya dirasakan di Aceh dan Sumatera Utara, namun di beberapa negara seperti Sri Lanka, India, Thailand, Maldives, Malaysia, Myanmar, Bangladesh, dan Somalia di benua Afrika. Selain telah menelan korban ratusan ribu orang dan mengakibatkan kerusakan dan kerugian moril dan materiil yang tak terhitung jumlahnya, bencana ini juga menjadi pemicu pembangunan sistem peringatan dini di Indonesia (*Ina TEWS – Indonesian Tsunami Early Warning System*) yang diresmikan bulan November 2008 dan implementasi berbagai upaya-upaya pengurangan risiko bencana tsunami.

Delapan tahun setelah tsunami 2004, terjadi gempa bumi tsunamigenik kembar Aceh 11 April 2012 yang telah menimbulkan kepanikan luar biasa pada masyarakat Aceh. Tidak hanya buruknya proses evakuasi tsunami, tetapi bangunan tinggi yang ada tidak dimanfaatkan untuk tempat evakuasi. Seolah implementasi semua upaya pengurangan risiko bencana tsunami termasuk keberadaan sistem peringatan dini tsunami tidak tampak hasilnya, dan gempa bumi 2012 ini seolah menjadi pengingat dan membangkitkan trauma masyarakat Aceh terhadap tsunami 2004.

Dengan mempertimbangkan kurang lebih 28% (150 dari 530) kota/kabupaten (Renas PB 2010-2014) di Indonesia memiliki risiko tinggi terhadap tsunami, maka untuk meminimalkan risiko korban jiwa saat terjadi tsunami diperlukan suatu strategi penyelamatan yang komprehensif. Selain dibutuhkan keberadaan Sistem Peringatan Dini Tsunami, diperlukan pula upaya-upaya pengurangan risiko bencana tsunami yang efektif. Salah satu bentuk upaya pengurangan risiko bencana tsunami adalah dalam bentuk penyediaan Tempat Evakuasi Sementara (TES) di kawasan rawan tsunami sebagai tempat evakuasi dan berlindung saat bencana tsunami terjadi. TES yang digunakan sebagai tempat perlindungan dapat berupa

bangunan yang ada, bangunan baru yang khusus dibuat untuk tujuan tempat evakuasi sementara, dan bukit; baik bukit alami maupun bukit buatan yang diperuntukkan sebagai TES.

Upaya penyediaan TES adalah sesuai dengan salah satu program/kegiatan utama pemerintah yang tertuang didalam Master Plan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami untuk tahun 2013-2019 pada program ketiga, yaitu Pembangunan dan Peningkatan TES Tsunami (BNPB, 2012). Upaya ini sangat strategis untuk antisipasi bencana tsunami, mengingat penyelamatan diri secara vertikal ke tempat evakuasi sementara perlu dilakukan jika waktu yang tersisa untuk penyelamatan diri (*golden time*) sangat pendek, dan untuk kawasan pantai yang padat penduduk serta padat bangunan dengan kondisi infrastruktur jalan-jembatan yang terbatas.

Untuk menunjang upaya pemerintah dalam pengurangan risiko bencana tsunami melalui pembangunan TES, pedoman ini dikembangkan dengan tujuan memberikan panduan dalam perencanaan dan penentuan TES Tsunami.

1.2 Tujuan Perencanaan dan Penentuan TES Tsunami

Pedoman perencanaan dan penentuan TES Tsunami ini bertujuan untuk:

1. Memberikan panduan kepada para pemangku kepentingan seperti engineer, arsitek, pejabat pemerintah/pemegang keputusan, perencana dan pemilik bangunan/lahan yang sedang mempertimbangkan pembangunan dan pengoperasian struktur bangunan maupun bukit buatan tahan tsunami sehingga menjadi tempat yang aman untuk TES bagi masyarakat pada saat terjadi bencana tsunami.
2. Memberikan panduan kepada para engineer, arsitek, pejabat pemerintah/pemegang keputusan, perencana dan pemilik bangunan/lahan di daerah rawan tsunami dalam merencanakan dan membangun TES Tsunami.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari Pedoman Perencanaan dan Penentuan TES ini adalah:

1. Menjelaskan Kriteria Umum yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan penentuan TES Tsunami.
2. Menjelaskan Kriteria Khusus mengenai TES tsunami baik yang berupa bangunan maupun bukit yang memiliki kekuatan struktur dan ketinggian yang cukup aman dari terjadinya tsunami sebagai tempat perlindungan sementara dalam jangka waktu pendek selama terjadinya tsunami. Tempat ini dirancang dan dibangun dengan kekuatan dan ketahanan terhadap gempa bumi dan gelombang tsunami serta dilengkapi dengan fasilitas penunjang untuk evakuasi.

3. Memberikan panduan secara umum tentang Desain Kriteria untuk TES Tsunami.
4. Memberikan panduan dalam penentuan lokasi, kapasitas dan ketinggian TES Tsunami.
5. Memberikan Rekomendasi tipe-tipe TES Tsunami baik untuk pemanfaatan tunggal maupun untuk pemanfaatan multifungsi.

1.4 Acuan Normatif

Pedoman ini menggunakan acuan normatif yang telah dipublikasikan sebagai berikut:

UU No. 24 tahun 2007	Penanggulangan Bencana
UU No. 31 Tahun 2009	Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
PP No.21 Tahun 2008	Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana
PERKA BNPB No. 4 Tahun 2008	Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana
PERKA BNPB No.02 Tahun 2012	Pedoman Umum Pengkajian RisikoBencana
PERMEN No.06/PRT/M/2009	Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami
KEPMEN PU No. 468/KPTS/1998	Persyaratan Teknis Aksesibilitas pada Bangunan Umum dan Lingkungan, Departemen Pekerjaan Umum
SNI 03-2399-2002	Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum
SNI 03-1733-2004	Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan
SNI 7743 -2011	Rambu Evakuasi Tsunami
PUBLIKASI BNPB Juni Tahun 2012	Master Plan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami

1.5 Istilah dan Definisi

Beberapa istilah dan definisi yang dipergunakan dalam pedoman ini adalah sebagai berikut:

Aksesibilitas

adalah kemudahan pencapaian yang disediakan bagi semua orang, termasuk yang memiliki ketidakmampuan fisik atau mental.

Analisis Risiko Bencana

adalah metodologi kajian terpadu untuk mendapatkan gambaran menyeluruh potensi risiko bencana suatu daerah dengan mengkaji tingkat Ancaman, tingkat Kerugian dan Kapasitas Daerah.

Bencana

adalah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Collapsing Breaker

adalah jenis gelombang yang pecah di garis pantai. *Collapsing breaker* terjadi di seluruh bagian bawah gelombang. Pada *collapsing breaker* minimal terjadi kantong udara dan biasanya tidak diikuti oleh percikan, tetapi diikuti terbentuknya gelembung dan busa.

Freeboard

adalah ambang batas aman.

Inundation

adalah genangan yang terjadi di daratan yang diakibatkan oleh gelombang tsunami.

Jalur Pedestrian

adalah jalur yang digunakan untuk berjalan kaki atau berkursi roda, secara aman, nyaman dan tidak terhalang.

Kapasitas Evakuasi

adalah kemampuan suatu infrastruktur untuk dapat mengevakuasi penduduk di suatu lingkungan agar selamat dari tsunami.

Kapasitas TES

adalah kemampuan bangunan TES untuk menampung sejumlah orang, besaran kapasitas digambarkan dengan luas bangunan yang ditentukan berdasarkan rencana jumlah orang yang akan ditampung untuk evakuasi di dalam bangunan TES.

Kesiapsiagaan

adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna.

Kerentanan

adalah suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana.

Ketinggian *Run-up*

adalah elevasi maksimum gelombang tsunami di pantai, biasanya lebih besar dari amplitudo gelombang di pantai.

Mitigasi

adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.

Occupancy time

adalah waktu yang diperlukan untuk tinggal di suatu tempat.

Peringatan Dini

adalah serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang.

Ramp

adalah jalur sirkulasi yang memiliki bidang dengan kemiringan tertentu, sebagai alternatif bagi orang yang tidak dapat menggunakan tangga.

Rawan Bencana

adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu kawasan untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu.

***Recovery* atau Pemulihan**

adalah serangkaian kegiatan untuk mengembalikan kondisi masyarakat dan lingkungan hidup yang terkena bencana dengan memfungsikan kembali kelembagaan, prasarana, dan sarana dengan melakukan upaya rehabilitasi.

Risiko Bencana

adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu kawasan dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.

Tangga

adalah fasilitas bagi pergerakan vertikal yang dirancang dengan mempertimbangkan ukuran dan kemiringan pijakan dan tanjakan dengan lebar yang memadai.

Tingkat Ancaman Tsunami

adalah potensi timbulnya korban jiwa pada zona ketinggian tertentu pada suatu daerah akibat terjadinya tsunami.

Tingkat Risiko

adalah perbandingan antara Tingkat Kerugian dengan Kapasitas Daerah untuk memperkecil Tingkat Kerugian dan Tingkat Ancaman akibat bencana.

Topografi

adalah tingkat elevasi permukaan tanah dari ketinggian laut.

Tsunami

adalah gelombang yang ditimbulkan akibat gangguan tiba-tiba terhadap air, yaitu pergerakan yang cepat serta memiliki amplitudo yang kecil di dalam air, namun melambat serta ketinggian akan meningkat ketika mencapai air dangkal.

Waterborne Debris

adalah material yang berasal dari bangunan yang runtuh yang terbawa oleh aliran air.

BAB II

PERTIMBANGAN UMUM DALAM PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN TES TSUNAMI

BAB 2 PERTIMBANGAN UMUM DALAM PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN TES TSUNAMI

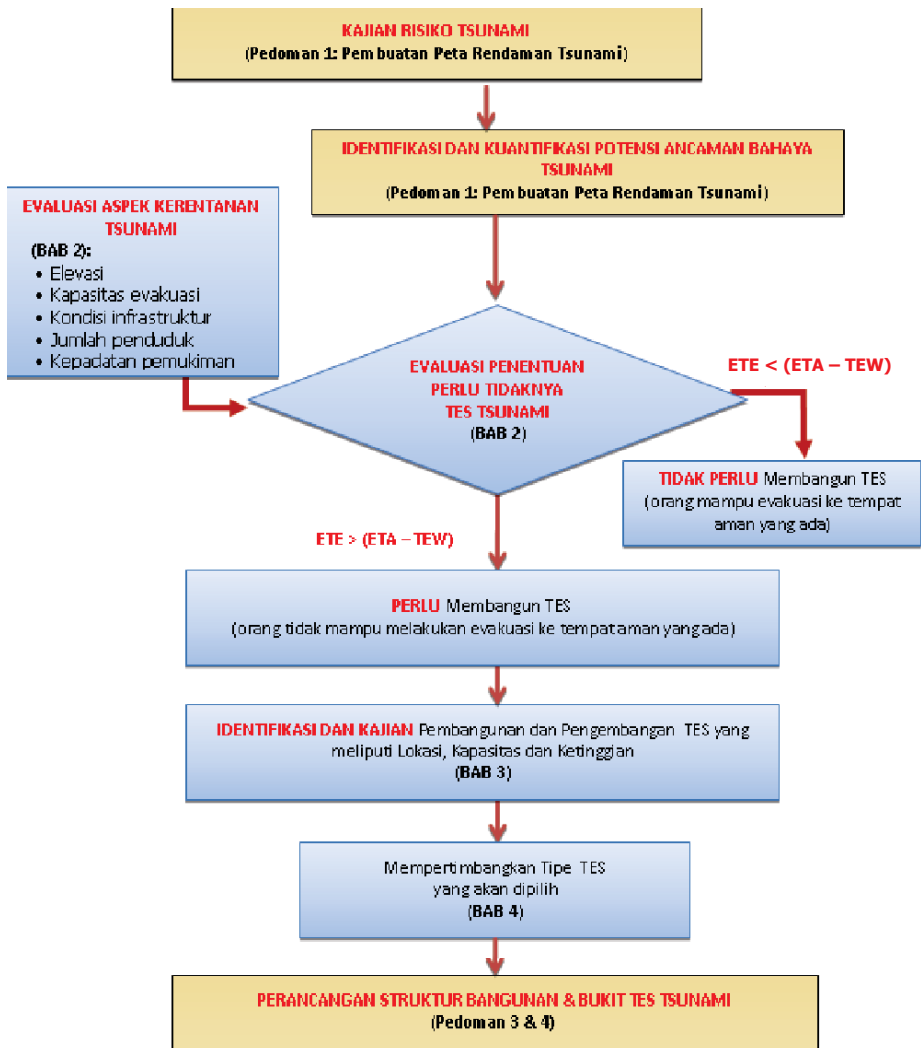
2.1 Proses Pembuatan Keputusan

Dalam perencanaan dan pengembangan bangunan TES Tsunami, diperlukan beberapa faktor penting sebagai dasar pengambilan keputusan, baik untuk pertimbangan perlu tidaknya penyediaan bangunan TES Tsunami di suatu daerah serta pertimbangan penetapan lokasi, penetapan bentuk dan fungsi, serta penetapan desain kriteria bangunan TES Tsunami.

Sebagai langkah awal dalam proses perencanaan dan pengembangan TES Tsunami perlu mempertimbangkan faktor-faktor penting sebagai berikut:

- Diperuntukkan untuk wilayah rawan tsunami.
- Memperhatikan ancaman bahaya dan antisipasi dampak dari tsunami yang mungkin terjadi (perkiraan besarnya kerusakan fisik lingkungan dan jumlah manusia yang terpapar). Oleh karena itu, perencanaan dan pengembangan TES Tsunami harus didasarkan pada peta bahaya tsunami (peta rendaman tsunami) dan estimasi puncak gelombang tsunami (*tsunami run-up*) dan bila memungkinkan disertai dengan kajian risiko tsunami.
- Memperhatikan waktu yang dibutuhkan untuk mengevakuasi seluruh penduduk terpapar di suatu kawasan (ETE – *Estimated Time for Evacuation*), serta estimasi waktu tiba tsunami (ETA – *Estimated Tsunami Arrival*) serta waktu yang dibutuhkan untuk penerbitan peringatan dini tsunami (TEW – *Time for Early Warning*). Hal ini untuk memperhitungkan waktu kritis yang tersisa untuk evakuasi dengan aman sebelum tsunami tiba (*golden time*). Waktu kritis tersebut merupakan perbedaan waktu antara estimasi waktu tiba tsunami (ETA) dengan waktu yang dibutuhkan untuk penerbitan peringatan dini tsunami (TEW).
- Melibatkan masyarakat setempat dan pemangku kepentingan terkait dengan pendekatan partisipatif di level masyarakat dalam penentuan rute dan tempat evakuasi alternatif.
- Memperhatikan kebutuhan fasilitas TES yang memadai dan mencukupi sebagai tempat evakuasi sementara saat terjadi tsunami.
- Memperhatikan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan dan pengembangan TES.

Diagram alir proses pengambilan keputusan untuk perencanaan dan pengembangan TES Tsunami dapat dilihat pada Gambar 2-1.



Gambar 2.1 Diagram alir proses pengambilan keputusan untuk pembangunan dan pengembangan TES Tsunami

2.2 Dasar Perencanaan dan Pengembangan TES Tsunami

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

$$R = H \times V \quad (\text{R.1})$$

dimana:

R: Risiko Bencana Tsunami (*Tsunami Disaster Risk*)

H: Potensi ancaman bahaya tsunami pada lokasi dengan intensitas tertentu (*Hazard*)

V: Faktor Kerentanan dan Kapasitas dari suatu daerah tertentu (*Vulnerability/Capacity*)

Bencana Tsunami adalah konsekuensi atau dampak bila tsunami terjadi, yang ditandai dengan adanya kerusakan lingkungan maupun lingkungan binaan, kerugian harta benda, serta korban jiwa. Untuk mengetahui besar dan risiko bencana tsunami dapat dilakukan melalui kajian Risiko Bencana Tsunami yang pada prinsipnya tergantung pada banyak faktor termasuk faktor bahaya, faktor kerentanan dan faktor kapasitas yang dimiliki oleh suatu wilayah seperti tertuang dalam rumusan R-1 di atas.

Faktor bahaya tsunami (*tsunami hazard*) adalah potensi terjadinya tsunami pada suatu wilayah tertentu, yang digambarkan dengan besaran efek tsunami seperti luas serta tinggi gelombang tsunami (*tsunami inundation*), dan estimasi tinggi gelombang tsunami (*tsunami run-up*). Penjelasan detail mengenai bahaya tsunami serta bagaimana melakukan kajian dan pemetaan bahaya tsunami dijelaskan secara khusus dalam **Pedoman 1 Pembuatan Peta Bahaya Rendaman Tsunami** yang merupakan satrangan dengan pedoman ini.

Dari rumusan R-1 terlihat bahwa faktor bahaya dan faktor kerentanan berbanding lurus dengan risiko bencana yang dihadapi oleh suatu daerah, sementara faktor kapasitas berbanding terbalik dengan risiko bencana tersebut. Dengan demikian, 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.

Dari aspek kerentanannya kapasitas, faktor yang sangat berpengaruh dalam perencanaan serta penentuan perlu tidaknya pembangunan TES Tsunami di suatu kawasan rawan 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. Secara detail perhitungan untuk mengambil keputusan perencanaan dan pengembangan bangunan TES tsunami bisa dilihat pada rumusan R.1 - R.4 pada sub bab berikutnya.

2.2.1 Kapasitas Evakuasi

Kapasitas evakuasi adalah kemampuan suatu infrastruktur yang ada di suatu kawasan rawan tsunami untuk dapat mengevakuasi seluruh penduduk terpapar tsunami di kawasan tersebut agar selamat dari tsunami. Dengan kata lain kapasitas evakuasi tersebut dapat digambarkan dengan kemampuan jalan untuk mampu dilalui orang evakuasi. Berdasarkan pertimbangan pada kondisi normal, kecenderungan/tendensi secara umum penduduk suatu wilayah untuk melakukan evakuasi bila mendengar tanda peringatan tsunami maupun tanda-tanda alam akan memilih jalan utama sebagai rute evakuasi, memilih jalur terpendek ke tempat aman dan menjauhi pantai, lihat Gambar 2.2. Maka penghitungan kapasitas evakuasi dapat dirumuskan sebagai berikut (Rahayu H.P., 2011):

$$Ev = \frac{W(m)}{Space \left(\frac{m^2}{orang} \right)} \times Velocity \quad (R.2)$$

W = lebar jalan (meter)

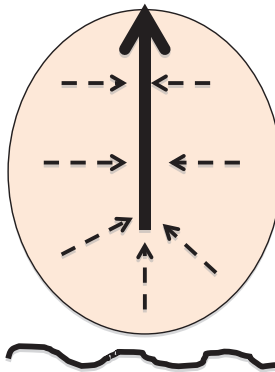
$Velocity$ = Kecepatan rata-rata orang berjalan (3.3 km/jam)

$Space$ = 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:

$$Ev = \frac{W(m)}{1 \left(\frac{m^2}{orang} \right)} \times \frac{3300 m}{60 mnt} = 53.67 W \frac{org}{menit} \quad (R.3)$$

Gambar 2.2 menunjukkan asumsi yang diambil dalam perhitungan kebutuhan pembangunan TES tsunami bahwa dalam kondisi normal, penduduk dari suatu kawasan rawan tsunami bila mendengar tanda peringatan tsunami maupun merasakan tanda-tanda alam sebelum terjadi tsunami, maka akan melakukan evakuasi dengan mengambil jarak terpendek menuju jalan utama untuk evakuasi ke tempat aman serta menjauhi pantai. Ruang gerak untuk evakuasi dalam kondisi normal sekitar 1m² per orang, semakin sempit ruang gerak maka semakin lambat kecepatan orang berlari.



Gambar 2.2 Perilaku umum orang dalam evakuasi (Rahayu H.P., 2011)

Perilaku tidak umum dari masyarakat rentan tsunami sering kali ditunjukkan oleh masyarakat kawasan rawan tsunami bila merasakan goncang gempa yang kuat maka akan melakukan evakuasi secara sporadic sehingga sering kali menimbulkan kemacetan luar biasa. Sehingga kondisi ini akan memperburuk kapasitas evakuasi infrastruktur yang ada. Sehingga kapasitas evakuasi memerlukan waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi (ETE) akan lebih panjang. Perhitungan ETE akan dijabarkan pada sub bab berikutnya

2.2.2 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 pen-

duduk suatu lingkungan dengan kapasitas evakuasi yang ada. Waktu yang ditentukan tersebut adalah waktu untuk mengevakuasi penduduk terpapar (*ETE – Estimated Time for Evacuation*), yang dijabarkan dalam rumus sebagai berikut:

$$ETE = \frac{P_{all} (orang)}{E_v (org/menit)} = \frac{P_{all}}{53.67 W} \text{ menit} \quad (R.4)$$

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

E_v = Kapasitas evakuasi

Untuk Kondisi khusus: apabila terdapat 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 $\pm 2,4$ meter) ke dalam rumus R.5 di bawah ini, sehingga rumus kapasitas jalan menjadi sebagai berikut :

$$W_h = W - 2,4 m \quad (R.5)$$

dimana W_h = lebar jalan dengan hambatan

Berdasarkan besaran kapasitas evakuasi baik tanpa hambatan maupun dengan hambatan, maka penentuan perlutidaknya 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*), lihat rumusan R-6. *Lead time/golden time* merupakan sisa waktu yang berharga untuk menyelamatkan diri yang merupakan perbedaan antara estimasi waktu kedatangan tsunami dikurangkan dengan estimasi waktu yang diperlukan peringat dan informasi sampai masyarakat.

$$ETE > ETA - TEW \quad (R.6)$$

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. Untuk lebih detail maka dalam pedoman ini contoh implementasi dari perhitungan penentuan perlutidaknya TES Tsunami dapat dilihat pada Bab 8.

BAB III

PERTIMBANGAN KHUSUS

DALAM PERENCANAAN

DAN PENGEMBANGAN TES TSUNAMI

BAB 3

PERTIMBANGAN KHUSUS

DALAM PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN TES TSUNAMI

3.1 Perencanaan Lokasi TES Tsunami

Menentukan lokasi atau letak TES merupakan hal penting yang harus dipertimbangkan sebelum merencanakan untuk membangun TES Tsunami. Lokasi TES sangat menentukan keberhasilan orang untuk dapat menyelamatkan diri dari bahaya tsunami. Semakin dekat lokasi TES dengan pemukiman masyarakat kawasan rawan tsunami, semakin banyak orang yang dapat diselamatkan. Pada Bab 2 telah dijelaskan bahwa keberhasilan evakuasi tsunami sangat bergantung pada kapasitas evakuasi dan kecepatan waktu untuk menyelamatkan diri (waktu evakuasi dikurangi waktu yang diharapkan untuk evakuasi/*expected time for evacuation time*) dari bahaya gelombang tsunami.

Setiap tempat memiliki waktu evakuasi yang berbeda tergantung pada kuatnya gempa bumi yang terjadi dan lokasi gempa bumi. Sumber terjadinya tsunami yang jauh memberikan waktu evakuasi yang cukup, sebaliknya sumber terjadinya tsunami yang dekat tidak memberikan waktu evakuasi yang cukup, sehingga dalam penyusunan rencana kontijensi dan rencana respon tanggap darurat membutuhkan TES. Keberadaan sistem peringatan dini sangat dibutuhkan masyarakat, pemerintah daerah serta pihak terkait sebagai tanda peringatan perlunya segera evakuasi, mengingat tidak semua fenomena tsunami mempunyai tanda-tanda alam yang sama seperti didahului dengan guncangan maupun air surut mendadak. Demikian pula untuk fenomena tele-tsunami yaitu tsunami yang terjadi dengan sumber tsunami yang berada di sisi lain samudera seperti Samudera India dan/atau Samudera Pasifik, keberadaan sistem peringatan dini sangat dibutuhkan untuk peringatan tanda evakuasi.

Dalam meningkatkan kapasitas kesiapsiagaan daerah untuk antisipasi tsunami, keberadaan sistem peringatan dini Indonesia (Ina-TEWS) serta kajian risiko tsunami termasuk estimasi waktu kedatangan tsunami (*expected tsunami arrival*) sangat dibutuhkan dalam menentukan perlu tidaknya dibangun TES tsunami serta dimana lokasi TES bila diperlukan (lihat Bab 2). Untuk itu, bab ini memberikan pedoman bagi pemerintah, masyarakat dan pemangku kepentingan terkait untuk menentukan lokasi TES Tsunami, dan bagaimana menentukan ketinggian serta kapasitasnya.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga pemerintah yang memiliki mandat untuk memonitor terjadinya gempa bumi dan tsunami serta menerbitkan peringatan dini tsunami kepada masyarakat Indonesia melalui pemerintah daerah, institusi antara seperti BNPB, TNI, Polisi, Media Elektronik. Peringatan BMKG tentang potensi terjadinya tsu-

nami tersebut secara umum membutuhkan waktu ± 5 menit dari sejak terjadinya gempa bumi. Masyarakat diharapkan cepat melakukan evakuasi apabila mendengar peringatan tsunami.

Disamping keberadaan sistem peringatan dini tsunami bagi masyarakat yang berada di lokasi yang dekat dengan sumber terjadinya tsunami, biasanya akan merasakan tanda-tanda akan terjadi tsunami, seperti guncangan gempa bumi, air laut yang surut tiba-tiba atau suara gemuruh. Tanda-tanda ini juga dapat menjadi peringatan akan kedatangan tsunami. Walaupun demikian, tidak semua fenomena tsunami didahului oleh tanda-tanda tersebut.

Dalam perencanaan upaya penyelamatan masyarakat dari tsunami, pertimbangan utama harus diberikan pada alokasi waktu yang cukup agar masyarakat dapat mencapai tempat evakuasi dengan aman. Untuk itu perlu menetapkan jarak terjauh TES yang mampu dicapai masyarakat, dengan parameter waktu peringatan, kemampuan berjalan masyarakat yang berada di sekitarnya, serta kapasitas rute evakuasi. Oleh karena itu, jarak maksimum harus ditetapkan dengan mempertimbangkan jumlah dan tempat evakuasi, serta populasi penduduk sebagai parameter penting agar keberadaan TES menjadi optimum dalam menampung penduduk sekitar hingga yang berada pada jarak maksimum.

Menurut *Federal Emergency Management Agency* (FEMA P-646, 2012), kemampuan rata-rata orang sehat dapat berjalan dengan kecepatan 6,44 km per jam atau setara dengan 107 m per menit. Berbagai populasi dalam masyarakat memiliki kemampuan berjalan yang berbeda-beda, tergantung pada umur, kesehatan, dan kondisi fisik. Rata-rata kecepatan orang berjalan dengan gangguan fisik untuk berjalan, atau jalanan cukup padat sehingga kecepatan rata-rata dapat diasumsikan kurang lebih 3,22 km per jam, atau setara dengan 53,5 m per menit.

Dalam perencanaan lokasi TES, jarak terjauh yang mampu dicapai oleh kelompok rentan dengan keterbatasan fisik perlu menjadi dasar pertimbangan. Ada dua cara dalam menentukan jarak dan lokasi TES yang optimum, yang pertama berdasarkan perhitungan empiris yang dihasilkan FEMAP-646, 2012, dan yang kedua berdasarkan perhitungan kondisi fisik di lapangan.

Cara pertama, sebagai ilustrasi perhitungan cara pertama (empiris), bila kecepatan orang berjalan dengan keterbatasan fisik 3,22 km per jam dan apabila waktu evakuasi yang ada (*golden time*) setelah peringatan tsunami adalah 30 menit, sehingga TES dapat ditempatkan pada jarak maksimum 1,61 km dari titik berangkat. Hal ini akan menghasilkan sebuah jarak maksimum rata-rata adalah 3,22 km diantara dua TES. Demikian pula, asumsi waktu peringatan 15 menit, TES akan berlokasi pada jarak maksimum 0,8045 km dari titik berangkat, dan 1,61 km jarak diantara dua TES. Waktu peringatan yang lebih panjang akan memper-syaratkan jarak yang lebih jauh. Secara empiris, jarak lokasi TES dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 3.1 Jarak maksimum TES berdasarkan waktu peringatan

Waktu Kedatangan Tsunami/Waktu Tiba Tsunami (ETA)	Kecepatan Orang Berjalan (Lemah)	Jarak Perjalanan Menuju TES	Jarak Maksimum antara 2 Lokasi TES
2 jam	3,22 Km/jam	6,44 km	12,87 km
30 menit	3,22 Km/jam	1,61 km	3,22 km
15 menit	3,22 Km/jam	804,5 m	1,61 km

Ilustrasi pentingnya jarak lokasi TES dengan menggunakan cara 2 telah dibahas pada Bab 2 secara detail, dimana memperhitungkan tidak hanya berdasarkan kapasitas berlari orang tetapi juga memperhitungkan aspek-aspek lain seperti kondisi kapasitas infrastruktur jalan untuk evakuasi, dan jumlah populasi yang perlu di evakuasi.

3.1.1 Kriteria Khusus Pemilihan Lokasi TES

Lokasi untuk fasilitas TES memiliki beberapa kriteria umum atau persyaratan yang harus dipertimbangkan dalam menentukan sebuah lokasi sesuai atau tidak sebagai tempat dibangunnya TES. Di dalam waktu yang diperlukan untuk evakuasi (ETE), kapasitas infrastruktur evakuasi, berbagai bahaya yang mungkin timbul akibat hantaman gelombang tsunami, dan faktor keamanan serta keselamatan penduduk harus menjadi pertimbangan utama untuk menentukan lokasi TES.

Oleh karena itu, lokasi TES harus mempertimbangkan beberapa kriteria sebagai berikut :

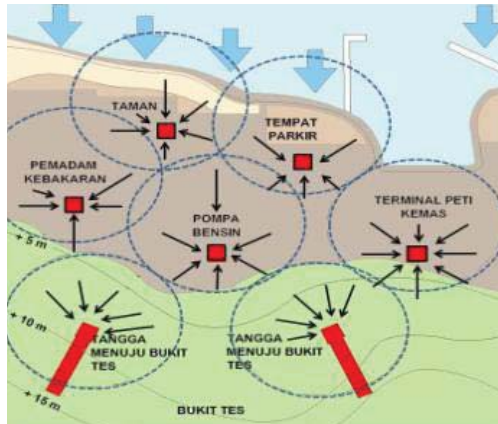
1. Lokasi TES Tsunami harus berada pada lokasi dimana orang-orang akan mempunyai waktu yang cukup (sesuai dengan waktu evakuasi yang sudah ditentukan atau dihitung terlebih dahulu untuk lokasi terkait), tidak hanya untuk mencapai tempat, tetapi untuk masuk dan bergerak di dalam tempat evakuasi yang berada di atas elevasi rendaman tsunami yang sudah diantisipasi.
2. Lokasi TES harus berada pada ketinggian yang cukup diatas permukaan tanah, tergantung pada tinggi genangan tsunami di daratan (*inundation*) yang berbeda di setiap wilayah/lokasi. Setiap lokasi yang akan dibangun TES harus memiliki terlebih dahulu peta rendaman tsunami supaya dapat menentukan ketinggian TES di atas level rendaman tsunami.
3. Lokasi TES harus jauh dari sumber Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan bahan radioaktif, seperti kawasan industri, pompa bensin, tangki minyak, tangki gas, pabrik kimia, dll. Pertimbangan ini supaya penduduk dapat menuju tempat TES dengan aman dan selamat, terhindar dari Bahan B3, tumpahnya bensin atau zat lain yang mudah terbakar, zat kimia beracun, maupun zat radioaktif.

4. Lokasi TES harus jauh dari potensi sumber-sumber debris besar yang membahayakan, seperti berhamburannya kayu-kayu di dekat peti kemas pelabuhan atau pabrik pengolahan kayu. Karena bila debris kayu tersebut terbawa tsunami dapat membahayakan struktur bangunan. Tetapi jika tidak ada pilihan lokasi lain di sekitar kawasan dan berdasarkan analisa kebutuhan diperlukan keberadaan TES Tsunami di kawasan tersebut, maka lokasi TES boleh direncanakan dan dibangun di lokasi dekat sumber debris. Dengan pertimbangan khusus bahwa struktur bangunan TES harus didesain dengan memperhitungkan beban tumbukan yang ditimbulkan oleh debris tersebut.
5. Lokasi TES harus jauh dari lokasi yang berpotensi terjadinya runtuh batu-batu dinding penahan tanah bila terjadi gempa besar yang mendahului kejadian tsunami. Karena hal ini dapat menjadi penghalang penduduk menuju tempat TES dan memperlambat waktu evakuasi. Debris dari runtuh bila terbawa tsunami dapat membahayakan struktur bangunan.
6. Lokasi TES harus jauh dari struktur bangunan yang diperkirakan rentan atau tidak aman. Apabila bangunan tersebut runtuh, atau elemen arsitektur yang jatuh, seperti bahan penutup atap, pecahan kaca pintu dan jendela, plafond/langit-langit, dapat menjadi penghalang bagi penduduk menuju TES dan membahayakan keselamatan penduduk. Isi bangunan atau perabot yang berhamburan juga dapat menjadi penghalang yang menghambat menuju tempat TES.
7. Lokasi TES harus jauh dari tempat pecahnya gelombang tsunami yang umumnya terjadi di tepi pantai. Gelombang pecah terjadi dimana kedalaman air terbatas ketika mendekati pantai. Sebagai gambaran desain struktur pantai yang biasa (pemecah ombak, seawall, jetties), perencanaan didasarkan pada kekuatan gelombang kritis yang dihasilkan dari pecahnya ombak. Dalam kasus lahan yang sangat miring pun, ombak dapat pecah di garis pantai, yang dikenal sebagai *collapsing breaker*. Kekuatan dari *collapsing breaker* dapat sangat tinggi dan sangat tidak pasti. Oleh karena itu, lokasi TES bila berada dalam zona pecahnya ombak tsunami akan menambah resiko pada struktur TES tersebut. Untuk alasan-alasan ini, tapak yang direkomendasikan untuk bangunan TES harus berlokasi di luar dari zona pecahnya ombak.
8. Apabila lokasi TES berada di lingkungan kota, lokasi tersebut harus mudah dilihat dari berbagai arah karena banyak bangunan tinggi di sekitar kota. Lokasi harus jauh dari sumber kemacetan lalu lintas. Apabila karena alasan banyak penduduk yang bekerja dan tinggal di daerah sekitar ini, lokasi berdekatan dengan sumber kemacetan, maka jalur pejalan kaki atau pedestrian yang lebar harus disediakan sebagai route evakuasi menuju lokasi TES.
9. Lokasi TES harus dapat dijangkau oleh semua orang, baik yang sehat, maupun yang mempunyai keterbatasan fisik seperti orang tua, ibu hamil, anak-anak dan orang dengan kebutuhan khusus. Dengan demikian, rute evakuasi yang dilewati harus dapat dilalui dengan kursi roda bagi orang tua dan orang dengan keterbatasan fisik lainnya, seperti

anak-anak autis, retardasi mental, dan memiliki kelainan jiwa. Mereka membutuhkan bantuan dari orang lain untuk bergerak menuju tempat evakuasi, demikian juga dengan ibu hamil dan balita.

10. Ketika menentukan lokasi TES, kita perlu belajar dari perilaku-perilaku evakuasi masyarakat setempat, khususnya yang berhubungan dengan kearifan lokal. Sebagai contoh, kata "smong" di masyarakat Simeuleu, juga kebanyakan masyarakat pantai telah mendi-dik keluarga mereka untuk "pergi ke tempat yang tinggi", bila dirasakan guncangan kuat. Dengan demikian, lokasi TES harus diletakkan pada sisi pulau bagian dalam dan harus memanfaatkan ketinggian topografi alamiah yang ada.
11. Pertimbangan kriteria lokasi juga dapat diperoleh melalui diskusi bersama tokoh-tokoh adat, agama, dan pemuka masyarakat yang ada di kawasan tersebut. Setiap daerah memiliki keunikan dan tradisi, tokoh-tokoh masyarakat tersebut tentu lebih mengenal daerah mereka dan kebiasaan-kebiasaan masyarakatnya. Dengan melibatkan mereka, lokasi TES yang dipilih mudah diterima masyarakat, hal ini akan membantu memudahkan evakuasi karena lokasi TES sudah mereka kenal dengan baik.
12. Tanah yang ditentukan sebagai lokasi TES harus dimiliki oleh pemerintah. Apabila lahan tersebut masih dimiliki oleh warga atau perusahaan swasta, harus ada komunikasi dengan pemerintah. Pemerintah perlu membeli tanah tersebut atau mengadakan perjanjian antara pemilik tanah dengan pemerintah.

Secara grafis, peta perencanaan lokasi TES dapat dilihat pada Gambar 3-1. Beberapa fasilitas di sekitar kawasan tersebut adalah terminal peti kemas, tempat parkir, taman, pemadam kebakaran, dan ada bukit alami didekat kawasan. Beberapa lokasi yang berbahaya sebagai lokasi TES adalah terminal peti kemas dan tempat parkir karena lokasi tersebut berpotensi sebagai sumber debris. Bila tidak ada lokasi lain yang memenuhi kriteria lokasi untuk TES di kawasan tersebut, padahal menurut kebutuhan sangat diperlukan TES, maka dapat dibangun TES dengan pertimbangan khusus bahwa struktur bangunan TES harus didesain dengan memperhitungkan beban tumbukan yang ditimbulkan oleh debris tersebut. TES dekat pompa bensin harus dihindari karena berpotensi terjadi kebakaran. TES di dekat taman, dekat pemadam kebakaran dan di bukit alami merupakan lokasi yang cukup baik untuk lokasi TES di kawasan tersebut.



Gambar 3.1Peta Perencanaan Lokasi TES Tsunami

3.1.2 Kriteria Khusus Kapasitas TES Tsunami

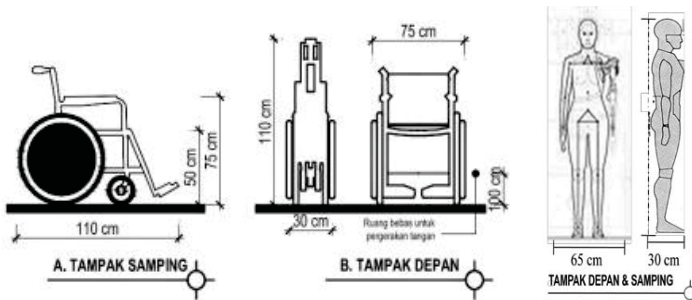
Kapasitas TES adalah besaran luas bangunan TES, yang luasnya tergantung pada rencana jumlah orang yang akan ditampung untuk evakuasi di dalam TES. Secara fungsional TES menyediakan tempat evakuasi sementara selama terjadi tsunami atau digunakan juga untuk bencana lain seperti banjir besar. Fenomena tsunami secara umum dipertimbangkan sebagai kejadian bencana yang berdurasi pendek. Kejadian tsunami meliputi beberapa siklus gelombang. Bahaya potensial untuk ketinggian gelombang abnormal tsunami dan genangan di kawasan pesisir dapat terjadi mulai beberapa jam hingga 24 jam (Lihat Pedoman 1 – Pembuatan Peta Bahaya Rendaman Tsunami). Semakin besar kekuatan tsunami yang terjadi, semakin banyak kerusakan yang ditimbulkan, sehingga kembalinya air kelaut setelah mencapai puncak gelombang (*run-up*) lebih lama. Semakin lama genangan air tsunami, semakin lama orang tinggal di TES.

Ukuran kapasitas bangunan TES ditentukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

1. Jumlah orang yang akan ditampung saat evakuasi di dalam TES. Jumlah orang ini ditentukan berdasarkan berapa jumlah populasi masyarakat di sekitar, dan jarak antar Bangunan TES, serta jumlah Bangunan TES yang ada atau yang akan dibangun di daerah tersebut. Apakah semua masyarakat akan ditampung, ataukah hanya sebagian saja yang ditampung dengan asumsi ada beberapa masyarakat yang sudah memiliki rumah bertingkat yang kuat dengan ketinggian cukup untukantisipasi tsunami, atau ada masyarakat yang dapat menyelamatkan diri pada bangunan tinggi di dekat rumahnya.
2. Lama tinggal di tempat evakuasi, tergantung terhadap kealamiah bencana yang terjadi akibat tsunami. Apabila TES difungsikan hanya untuk evakuasi sementara, beberapa

jam setelah kejadian tsunami, TES dapat menampung banyak orang karena memungkinkan penduduk berdiri atau duduk berhimpitan. Apabila TES direncanakan untuk evakuasi lebih dari 24 jam, kapasitas penduduk yang dapat ditampung harus dikurangi, karena setiap orang membutuhkan ruang yang lebih luas untuk dapat berbaring dan istirahat.

3. Tipe penggunaan (*occupancy*), yaitu bagaimana TES akan difungsikan. TES berupa *shelter* memiliki kapasitas yang berbeda dengan TES sebagai multifungsi, seperti *community center*, stadion olahraga, dll. TES berupa multifungsi memungkinkan orang tinggal lebih lama (bisa lebih dari 1 bulan). Pada kejadian tsunami besar akan banyak rumah yang hancur, sehingga penduduk tidak dapat kembali ke rumah mereka. Oleh karena itu, orang membutuhkan ruang yang lebih luas, tidak hanya sekedar istirahat atau tidur, tetapi juga dapat memasak, mencuci, dan berkumpul bersama dengan pengungsi yang lain. TES harus memberikan layanan yang cukup untuk masyarakat yang mengungsi sehingga tidak ada kekhawatiran apabila waktu evakuasi lebih lama.
4. Berbagai ragam penduduk yang dievakuasi harus diperhatikan untuk menentukan kapasitas TES. Orang yang membawa barang berharga saat evakuasi, ada yang tidak membawa barang, ada yang menggunakan kursi roda, dan ada balita yang menggunakan kereta bayi (*baby stroller*). Demikian pula, ukuran luas TES harus memperhatikan juga keberadaan orang dengan keterbatasan fisik atau kebutuhan khusus. Departemen Pekerjaan Umum menentukan standar teknis aksesibilitas kursi roda bagi orang cacat (Persyaratan Teknis Aksesibilitas Pada Bangunan Umum dan Lingkungan, 1998), seperti pada Gambar 3-2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Ukuran kursi roda dan tubuh orang dewasa

Selain pertimbangan pada keempat kriteria umum di atas, pembangunan TES sebaiknya mempertimbangkan upaya penyelamatan yang berbeda sesudah terjadi bencana, kegiatan pemulihan (*recovery*) pasca bencana, dan evaluasi kebutuhan perawatan medis dalam peri-

ode pendek dan panjang. Orang-orang yang cedera ringan, sakit parah, dan bahkan mungkin meninggal, perawatan medis dapat dilakukan di dalam TES. Oleh karena itu, beberapa tempat tidur dan perlengkapan medis, jika memungkinkan dapat disimpan di dalam TES. Pertolongan atau pemberian bantuan melalui udara sebaiknya dapat dilakukan di atas struktur TES. Membangun struktur TES terutama untuk evakuasi periode pendek, atau periode panjang yang perlu menyediakan evakuasi untuk merumahkan pengungsi untuk periode tinggal yang lebih lama, maka sebuah manajemen tanggap darurat yang baik harus ditetapkan oleh pemerintah daerah dengan melibatkan komunitas masyarakat lokal, perusahaan swasta, maupun pemangku kepentingan lainnya.

Dalam penetapan luasan bangunan TES yang diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan menampung sejumlah pengungsi evakuasi, maka diperlukan luasan yang diperlukan oleh berbagai tipe orang dalam mengungsi di TES. Karena standar internasional kebutuhan luasan per orang untuk evakuasi tsunami belum ada, maka dalam perencanaan kapasitas bangunan TES dipertimbangkan standar internasional untuk pengungsi bencana tornado (*International Code Council/National Storm Shelter Association*) yang mempunyai sifat kebutuhan pengungsinya hampir sama seperti periode pendek saat bencana maupun periode panjang untuk paska bencana (FEMA P-646, 2012).

Mengingat TES Tsunami adalah bangunan sementara untuk situasi darurat, dan belum ada standar khusus untuk kebutuhan luas ruang per orang bagi bangunan TES Tsunami, maka pedoman ini mengadopsi situasi darurat untuk bencana tornado yang dikeluarkan dalam FEMA P-646, 2012.

Tabel 3.2 Rekomendasi luas ruang per orang dalam fasilitas TES

Situasi Sementara Evakuasi dalam Hitungan Jam (maksimum 24 jam)	Standar Ruang per Orang (m^2)
Berdiri atau duduk	0,5
Kursi roda	1
Dengan tempat tidur rawat	2,8
Situasi Tinggal Dalam Evakuasi (dalam hitungan hari/minggu)	Standar Ruang per Orang (m^2)
Tinggal jangka pendek (selama beberapa hari)	2
Tinggal jangka panjang (selama sehari-hari sampai berminggu-minggu)	3,7

Berdasarkan Tabel diatas, untuk menghitung standar ruang TES adalah 0,5- 1 m^2 /orang, dimana 1 m^2 /orang dalam kondisi nyaman dan 0,5 m^2 /orang dalam kondisi berdiri. Sehingga jumlah orang yang dapat ditampung bergantung pada kriteria kondisi yang dipilih untuk

TES. Untuk pengungsi dengan kondisi berdiri maka akan menampung orang secara maksimum dibandingkan dengan pilihan kondisi nyaman.

Untuk kondisi ekstrim, meskipun orang dapat tinggal sementara dalam hitungan jam sampai maksimum 24 jam untuk bencana tsunami, ada kemungkinan orang harus tinggal lebih lama karena banyaknya kerusakan yang timbul, sehingga tidak memungkinkan tinggal di tempat lain. Apabila TES digunakan untuk tinggal selama beberapa hari, maka orang harus dapat berbaring, beristirahat, dan membutuhkan toilet, sehingga standar ruang TES adalah 2 m²/orang.

3.1.3 Kriteria Khusus Perencanaan Ketinggian TES Tsunami

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. Data ketinggian genangan(*inundation*) tsunami dapat dilihat pada GambarPeta *TsunamiInundation*. 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 3-3 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 :

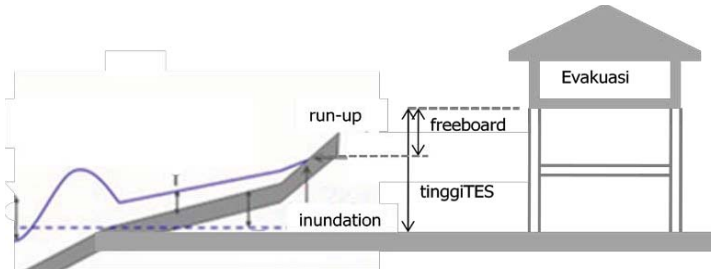
$$T = T_i + (3 + 30\% T_i) \quad T = T_i + \text{Freeboard} \quad (R.7)$$

T = tinggi TES dari permukaan tanah (dalam meter)

T_i = tinggi *inundation* gelombang tsunami (dalam meter)

$$\text{Freeboard} = 3 + 30\%T_i$$

Sebagai contoh, dapat dilihat pada Tabel 3-3 di bawah ini untuk 5 lokasi dari Gambar 3-1 dengan perkiraan tinggi *inundation* yang berbeda.



Gambar 3.3 Tinggi bangunan TES

Tabel 3.3 Perkiraan tinggi minimum fasilitas TES dari elevasi permukaan tanah

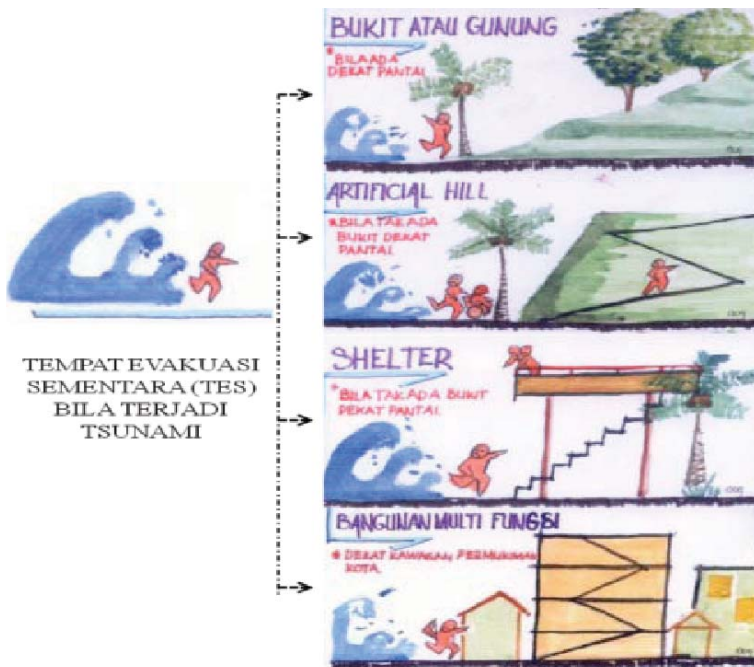
Lokasi	Prediksi Tinggi Ge-nangan Tsunami	Tinggi Freeboard (3 m + 30% Tinggi Ge-nangan)	Tinggi TES dari Elevasi Tanah
Lokasi 1	1 m	$3 \text{ m} + 0,3 = 3,3 \text{ m}$	$1 \text{ m} + 3,3 \text{ m} = 4,3 \text{ m}$
Lokasi 2	2 m	$3 \text{ m} + 0,6 = 3,6 \text{ m}$	$2 \text{ m} + 3,6 \text{ m} = 5,6 \text{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

3.2 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 (*multi-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 publik seperti kantor pemerintahan, sekolah, pusat kesehatan masyarakat, gedung olahraga, gedung pertemuan, gedung parkir, pertokoan dan pasar, hotel, yang dapat digunakan bersamaan sebagai TES.

Banyaknya ragam tipe TES untuk kemudahan evakuasi bagi banyak penduduk yang bermukim tersebar di berbagai lokasi di kawasan pesisir. Banyak kota pesisir yang jauh dari bukit atau gunung, ada juga beberapa kota pesisir memiliki bukit alami yang dapat dijadikan tempat mengungsi. Disamping itu, keberadaan berbagai tipe TES dimaksudkan juga untuk efisiensi biaya dan manfaat fasilitas, mengingat kejadian tsunami tidak dapat diduga datang-

nya, dengan demikian fasilitas TES masih dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari masyarakat karena multifungsi.



Gambar 3.4 Ragam Tipe Tempat Evakuasi Sementara (TES)

Apabila dilihat pada gambar 3.4, 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

3.3 Pertimbangan Dalam Penentuan Tipe TES Tsunami

Selain berdasarkan pertimbangan kemudahan evakuasi masyarakat dan efisiensi penggunaan dan biaya, harus pula mempertimbangkan beberapa aspek untuk menentukan pilihan tipe yang terbaik untuk TES. Beberapa pertimbangan tersebut memperhatikan keberadaan bukit alami dan bangunan umum yang kokoh, yang ketinggiannya memenuhi kriteria tinggi TES.

3.3.1 Bila Ada Bukit Alami di Kawasan Rawan Tsunami

Apabila ada bukit alami di dekat tepi pantai dengan ketinggian diatas level *run-up* gelombang tsunami, bukit tersebut dapat digunakan sebagai TES. Pemilihan bukit alami lebih murah dari pertimbangan biaya, karena biaya digunakan hanya untuk membuat tangga, *ramp*, dan jalan untuk menuju puncak bukit yang harus cukup aman dan nyaman. Biaya juga diperlukan untuk membangun fasilitas kamar mandi dan toilet, serta pemeliharaan berbagai tanaman. Keberadaan bukit alami sebagai TES tidak merubah penataan kawasan tersebut. Jalan, tangga, dan *ramp* menuju puncak bukit harus diberi rambu evakuasi dan lampu penerangan. Desain dari rambu evakuasi tsunami harus sesuai dengan standar perencanaan rambu evakuasi tsunami (SNI 7743:2011 tentang Rambu Evakuasi Tsunami).



Tangga menuju TES Gunung Pangilun, Padang
(Sumber :<http://imoe.wordpress.com>)



Pemandangan TES Bukit Langkisau, Painan Selatan,
(Sumber:<http://pesonaranahpesisir.blogspot.com>)

Gambar 3.5Bukit alami sebagai TES

3.3.2 Bila Ada Bangunan Kokoh dengan Ketinggian di Atas RendamanTsunami

Bangunan umum yang sudah ada (*existing*) adalah bangunan layanan masyarakat seperti kantor, sekolah, tempat ibadah, mall, dll, yang sudah ada di dekat kawasan permukiman di sekitar pantai. Tinggi bangunan harus diatas syarat tinggi bangunan TES, lihat sub-bab 3.1.3. Dari kekuatan bangunan TES, strukturnya harus kokoh dan tahan terhadap gempa bumi yang kuat dan hantaman gelombang tsunami, sesuai dengan kriteria dan syarat bangunan TES, yang dijabarkan dalam Pedoman 3 tentang Perancangan Struktur Bangunan TES dan Pedoman 4 tentang Perancangan Bukit Sebagai Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami dari rangkaian Pedoman TES ini.

Apabila belum memiliki kekuatan struktur tahan gempa bumi, dapat dilakukan perbaikan untuk penguatan struktur (*retrofit*). Apabila telah memiliki kekuatan struktur tahan gempa

bumi, dapat dibangun *ramp* untuk mencapai lantai evakuasi dari luar bangunan sehingga dapat digunakan sebagai TES. Apabila perbaikan struktur dianggap sulit, tidak efektif, merusak fungsi bangunan, biayanya sangat mahal, atau membahayakan keselamatan pengguna, sebaiknya bangunan *existing* tersebut tidak digunakan sebagai TES.



Discovery Mall di Bali
(Sumber: <http://members.virtualtourist.com>)



Hotel Mercure di Padang (Sumber :
<http://www.booked.net/hotel/mercure>)

Gambar 3.6 Contoh bangunan umum yang dapat digunakan sebagai TES

3.3.3 Bila Tidak Ada Bukit Alami Maupun Bangunan Tinggi yang Kokoh di Kawasan Rawan Tsunami

Apabila tidak ada bukit alami dan bangunan tinggi di dekat pantai, atau jarak menuju bukit terdekat cukup jauh, padahal pantai tersebut rawan terhadap bahaya tsunami, maka perlu mempertimbangkan untuk membangun TES yang baru. Demikian juga di kawasan permukiman, baik di tepi pantai maupun di kota yang rawan terhadap bahaya tsunami, TES dapat dibangun berupa pemanfaatan tunggal atau multifungsi.

Kriteria umum untuk menentukan pemanfaatan tunggal atau multifungsi adalah sebagai berikut:

1. Apabila di kawasan pesisir tersebut banyak terdapat penduduk seperti di kawasan sekitar pelabuhan, kawasan perumahan dan permukiman, serta kawasan wisata, sebaiknya membangun TES untuk tujuan multifungsi.
 - a. TES dapat berupa bukit buatan yang digunakan sehari-hari sebagai area taman, olahraga, tempat bermain anak-anak (*play ground*), dan tempat parkir.

- b. TES dapat juga berupa bangunan yang bersatu dengan kantor pelayanan umum seperti kelurahan atau balai desa, puskesmas, tempat ibadah, tempat informasi wisata, tempat penginapan, dll.
2. Apabila hanya sedikit penduduk yang tinggal di tepi pantai, TES dapat dibangun untuk pemanfaatan tunggal.
 - a. TES dapat berupa bangunan yang dilengkapi sarana kamar mandi, toilet, dan gudang. Tempat ini dapat digunakan sebagai menara pandang (melihat laut dari atas bangunan). Meskipun pemanfaatan tunggal, bagian bawah bangunan ini dapat digunakan untuk tempat parkir atau tempat bermain anak.
 - b. TES dapat juga berupa menara penjaga pantai (*safety guard tower*), untuk mengawasi aktifitas pantai. Kapasitas menara tidak untuk menampung banyak orang, tidak perlu tersedia kamar mandi dan toilet.

3.4 Sosialisasi Tempat Evakuasi Sementara (TES)

Jika ada pemilihan bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami pada bangunan yang sudah ada, atau pembuatan bangunan baru, bukit alami, dan bukit buatan sebagai TES, keberadaan TES tersebut harus diberitahukan kepada seluruh penduduk setempat dan juga pada institusi terkait lainnya. Penduduk sangat beragam, dari usia, tingkat pendidikan, budaya, sehingga informasi dan sosialisasi tentang keberadaan TES dapat membantu mereka melakukan evakuasi dengan lebih cepat. Sosialisasi meliputi keragaman tipe TES, lokasi TES, cara untuk dapat menuju ke tempat TES, route evakuasi, rambu-rambu penunjuk evakuasi, tempat evakuasi di dalam bangunan TES, dan fasilitas pendukung seperti toilet, pantry, gudang yang dapat digunakan bila terjadi bencana tsunami atau banjir.

Pemberitahuan kepada penduduk, tokoh masyarakat, dan institusi terkait lainnya dapat melalui berbagai cara :

1. Seminar

Seminar adalah suatu pertemuan yang bersifat ilmiah untuk sosialisasi dan penjelasan tentang TES, melibatkan diskusi dengan para peserta, dapat dilakukan juga pemutaran video atau film tentang keberadaan dan manfaat TES. Kegiatan ini dapat meliputi banyak peserta, seperti tokoh masyarakat, institusi terkait, para mahasiswa dan pelajar, serta berbagai lapisan penduduk.

2. Sarasehan

Sarasehan adalah bentuk pertemuan untuk mensosialisasikan TES dengan cara yang tidak resmi dan suasana yang rileks, dan dihadiri oleh sekelompok masyarakat tertentu. Sarase-

han tentang TES dapat dilakukan kepada berbagai lapisan masyarakat, khususnya masyarakat marjinal yang berpendidikan dan berpenghasilan rendah.

3. Buletin atau leaflet

Buletin atau leaflet dapat digunakan untuk mensosialisasikan tentang bencana tsunami dan keberadaan TES. Buletin atau surat selebaran harus disediakan pada fasilitas-fasilitas umum yang berada di daerah rawan tsunami, seperti hotel, restoran, bandara, stasiun kereta, supaya para wisatawan dapat mengetahui keberadaan TES dan cara menuju tempat TES. Leaflet juga dapat disediakan pada kantor-kantor pemerintah yang berhubungan dengan pelayanan masyarakat umum.

4. Media elektronik

Sosialisasi tentang TES dapat dilakukan melalui media elektronik seperti informasi melalui *homepage*, sosialisasi dengan media ini dapat tersebar lebih luas dan informasi dapat mudah diperbaharui bila ada perubahan. Sosialisasi juga dapat dilakukan melalui kerja sama dengan radio siaran lokal, televisi, pemutaran video atau film tentang bencana tsunami dan keberadaan TES.

5. Pemasangan peta dan rambu evakuasi

Pemasangan peta yang memuat informasi tentang berbagai lokasi TES dan jalan penca-paian atau jalur evakuasi menuju TES, juga merupakan bentuk sosialisasi. Pemasangan peta yang dilengkapi dengan berbagai rambu menuju tempat evakuasi, akan memudahkan masyarakat mengenal TES dan tahu cara menuju ke tempat TES.

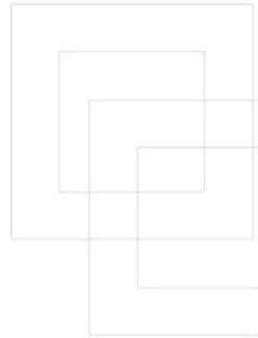
6. Simulasi evakuasi

Untuk mewujudkan cara mengungsi yang benar dan aman, maka pemerintah setempat bersama organisasi independen penanggulangan bencana, dan seluruh penduduk yang tinggal di daerah rawan tsunami perlu melakukan latihan evakuasi. Latihan ini merupakan bentuk sosialisasi yang dapat dilakukan secara berkala, dan setiap instansi yang terlibat dalam proses evakuasi akan mengetahui perannya masing-masing bila terjadi bencana. Masyarakat juga mengetahui dengan pasti lokasi TES, cara menuju ke lokasi TES, ruang evakuasi pada bangunan TES, dan fasilitas yang dapat digunakan di dalam fasilitas TES.

BAB IV

BANGUNAN TES TSUNAMI

PEMANFAATAN TUNGGAL



BAB 4

BANGUNAN TES TSUNAMI PEMANFAATAN TUNGGAL

4.1 TES Tsunami Sebagai Pemanfaatan Tunggal

TES dengan pemanfaatan tunggal berarti fungsi bangunan hanya sebagai tempat evakuasi sementara. Sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya, tipe ini dapat terdiri dari dua tipe, yaitu berupa bangunan dan menara penjaga pantai (*safety guard tower*). Luas bangunan harus mempertimbangkan jumlah penduduk sekitar yang akan ditampung. Karena hanya berfungsi tunggal, bangunan TES tidak terlalu besar. Lagipula bangunan ini dapat disebar letaknya di beberapa tempat untuk kemudahan pencapaian penduduk, tergantung berapa menit waktu untuk evakuasi yang sudah diprediksi sebelumnya.

Luas bangunan TES sangat tergantung dengan berapa banyak masyarakat yang akan diwadah. Bentuk TES harus stabil, tahan gempa bumi dan tsunami, serta sebaiknya simetri, dapat berbentuk persegi panjang, persegi, segi enam atau lingkaran.

4.2 Aspek Kebutuhan Ruang

Bangunan TES untuk pemanfaatan tunggal membutuhkan beberapa ruang sebagai pendukung kegiatan evakuasi. Luasnya ruang-ruang tergantung besar kecilnya bangunan, dan jumlah penduduk yang diperkirakan akan ditampung. Ruang-ruang tersebut adalah sebagai berikut:

1. Ruang tempat evakuasi, diletakkan di bagian atas bangunan.
2. Ruang toilet, kebutuhan jumlah toilet tergantung dengan jumlah orang yang dapat dievakuasi di dalam TES. Sebagai contoh, bila kapasitas TES kurang lebih untuk 200 orang, maka diperlukan 6 ruang toilet (lihat SNI 03-2399-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum). Ukuran ruang toilet minimal adalah 2m x 1m dan dilengkapi dengan kloset dan penampungan air di dalamnya. Ruang toilet pria dipisah dengan toilet wanita. Lantai ruang toilet tidak licin dan kemiringan lantai kurang lebih 1% ke arah lubang tempat pembuangan. Pemasangan pipa-pipa air bersih dan air kotor harus dibaut ke dinding agar tahan terhadap guncangan gempa bumi. Tangki septik dan tempat penampungan air harus dibangun dengan struktur beton yang kuat agar tahan terhadap guncangan gempa bumi dan gelombang tsunami.
3. Kebutuhan air bersih minimal untuk toilet di dalam TES Tsunami minimal 10 liter/orang per hari (SNI 03-2399-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum).

Sumber air bagi ruang toilet bisa diambil dari air tanah maupun air tadah hujan atau dari sumber mata air yang terdekat.

4. Gudang peralatan *emergency*, untuk menyimpan peralatan seperti peralatan P3K (Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan), tempat tidur lipat, dan peralatan komunikasi. Gudang dapat juga menyimpan peralatan kebersihan (janitor), dan genset. Genset dibutuhkan untuk menghidupkan pompa air dan menyalakan lampu ruangan apabila listrik padam. Bagaimanapun listrik akan padam apabila terjadi tsunami atau banjir besar.

Catatan : bangunan TES yang berupa bangunan penjaga pantai(*safety guard tower*) tidak perlu memiliki ruang, kecuali ruang untuk evakuasi di bagian atasnya.

4.3 Aspek Lokasi dan Aksesibilitas

Konsep desain bangunan TES harus mempertimbangkan aspek lokasi, tinggi, bentuk dan fasade, serta struktur bangunan. Pertimbangan ini tentunya masih bersifat umum, karena setiap lokasi memiliki karakter topografi, jumlah penduduk, dan langgam arsitektur yang berbeda-beda, sehingga bentuknya bisa berbeda-beda. Setiap desain sebaiknya kontekstual dengan lingkungan sekitarnya dan harus mempertimbangkan bangunan TES yang aman dan tahan terhadap guncangan gempa bumi dan gelombang tsunami.

Berdasarkan KEPMEN PU 468 tahun 1998 tentang Persyaratan Teknis Aksesibilitas Pada Bangunan Umum dan Lingkungan, ada beberapa asas aksesibilitas yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Kemudahan, setiap orang dapat mencapai semua tempat atau bangunan yang bersifat umum dalam suatu lingkungan.
2. Kegunaan, setiap orang harus dapat mempergunakan semua tempat atau bangunan yang bersifat umum dalam suatu lingkungan.
3. Keselamatan, setiap bangunan yang bersifat umum dalam suatu lingkungan terbangun, harus memperhatikan keselamatan bagi semua orang.
4. Kemandirian, setiap orang harus bisa mencapai, masuk, dan mempergunakan semua tempat atau bangunan yang bersifat umum dalam suatu lingkungan dengan tanpa membutuhkan orang lain.

Berdasarkan ketentuan di atas, maka kriteria lokasi bangunan TES dapat dilihat pada sub-bab 3.1, yaitu:

1. Letak lokasi memungkinkan orang-orang mempunyai waktu yang cukup tidak hanya untuk mencapai tempat, tetapi untuk bergerak ke atas menuju ruang evakuasi.
2. Lokasi harus memenuhi syarat ketinggian bangunan TES, yaitudi atas ketinggian genangan tsunami ditambah *freeboard*. Dimana *freeboard* adalah 3 meter + 30% tinggi genangan.

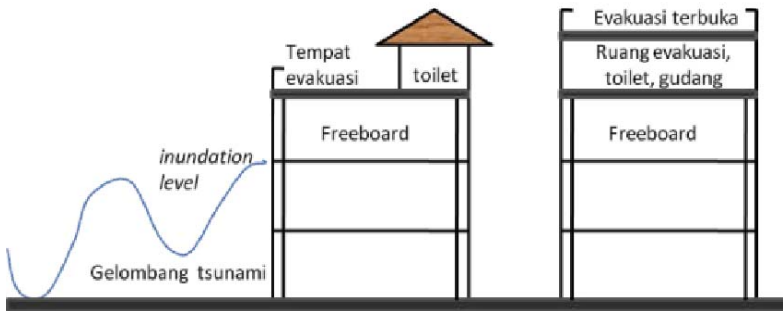
3. Lokasi harus jauh dari sumber Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) untuk menghindari kebakaran dan zat kimia beracun, jauh dari sumber potensial debris yang dapat menghalangi evakuasi, jauh dari struktur bangunan yang dianggap tidak aman, dan jauh dari tempat pecahnya gelombang tsunami.
4. Lokasi harus mudah dicapai oleh semua orang, baik sehat, maupun yang memiliki keterbatasan fisik seperti orang tua, orang cacat, ibu hamil, dan anak-anak balita.
5. Lokasi harus memperhatikan perilaku evakuasi masyarakat dan budaya setempat.
6. Lahan dimiliki oleh pemerintah.

Untuk aksesibilitas atau pencapaian menuju lokasi TES, memperhatikan konsep sebagai berikut:

1. Pencapaian menuju bangunan TES harus mudah, bangunan juga harus terlihat dari jauh, dan letak bangunan tidak tersembunyi. Jalan menuju bangunan TES sebaiknya memiliki lebar minimal 7 meter (setara dengan jalan kolektor, menurut SNI-2004 untuk perencanaan lingkungan perumahan).
2. Jalan harus bisa dilalui mobil ambulans untuk kemudahan evakuasi bagi tindakan medis darurat. Kemudahan pencapaian dan jalan yang lebar dapat membantu evakuasi yang lebih cepat, mengingat waktu evakuasi memiliki waktu terbatas.
3. Permukaan jalan sebaiknya dengan perkerasan harus rata, tidak berlubang, dan tidak licin.
4. Rambu-rambu penunjuk arah evakuasi tsunami (*sign*) harus diletakkan pada titik-titik tertentu dari tempat menuju TES, sepanjang jalur TES, sampai mencapai tempat evakuasi diatas fasilitas TES. Tidak hanya sekedar rambu penunjuk arah, dapat juga dilengkapi dengan peta dan keterangan lain di dekat lokasi TES.
5. Pintu masuk menuju bangunan TES harus lebih dari satu, ditempatkan di sisi bangunan depan/atau pada sisi samping bangunan yang mudah dilihat.

4.4 Aspek Tinggi Bangunan

Sesuai dengan rumusan tinggi bangunan TES (Sub-bab 3.1.3.dalam pedoman ini), maka tinggi bangunan TES harus lebih tinggi dari puncak gelombang tsunami (*tsunami run-up level*) ditambah *freeboard*. Oleh karena itu keberadaan peta genangan tsunami, berikut estimasi tinggi puncak gelombang tsunami (*tsunami run-up level*) di suatu kawasan sangat dibutuhkan dalam penentuan tinggi bangunan TES. Perhitungan tinggi bangunan TES dapat dilihat pada sub-bab 3.1.3. Ruang evakuasi, toilet dan gudang harus berada di atas *freeboard*, lihat Gambar 4-1 di bawah ini. Tergantung dari kondisi bangunan TES, maka ruang evakuasi dapat berupa ruang evakuasi terbuka dan/atau ruang evakuasi tertutup, dimana dapat menggunakan atap bangunan yang berupa plat beton bertulang.



Gambar 4.1 Ketinggian TES sebagai pemanfaatan tunggal

4.5 Aspek Sirkulasi Vertikal

Sirkulasi vertikal adalah jalur yang digunakan untuk melakukan evakuasi menuju lantai atas bangunan. Sirkulasi vertikal terdiri dari tangga dan *ramp*.

Persyaratan untuk tangga sebagai berikut (Kepmen PU 468, 1998):

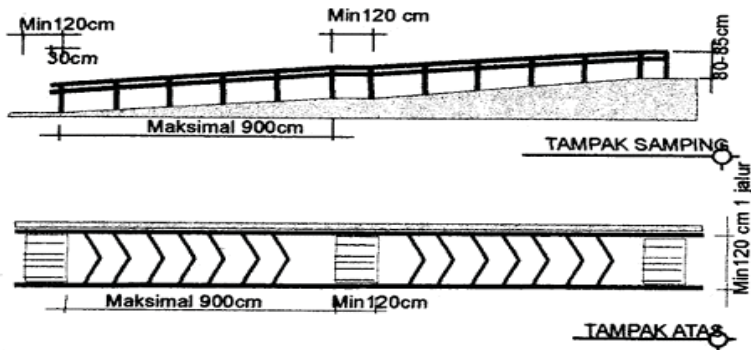
1. Lebar tangga minimum 120 cm dan memiliki dimensi pijakan (lebar anak tangga) dan tanjakan (tinggi anak tangga) yang berukuran seragam.
2. Kemiringan tangga maksimal 40° .
3. Dilengkapi dengan pegangan rambat (*handrail*) dengan ketinggian 65-80 cm dari anak tangga, bagian ujungnya harus bulat atau dibelokkan ke arah dinding atau tiang.
4. Permukaan lantai anak tangga tidak boleh berlubang dan harus bertekstur agar tidak licin apabila hujan.

Apabila bangunan TES lebih besar dan diperuntukkan menampung lebih banyak orang, maka harus dilengkapi *ramp* untuk kemudahan evakuasi bagi orang-orang yang mempunyai gangguan kesehatan atau keterbatasan fisik sehingga harus menggunakan kursi roda. Persyaratan *ramp* adalah sebagai berikut:

1. Lebar minimal *ramp* 120 - 140 cm agar dapat dilalui oleh kursi roda (lebar kursi roda adalah 75 cm) bersama-sama dengan orang berjalan kaki (65cm) .
2. Kemiringan *ramp* tidak boleh melebihi 7° di dalam bangunan dan di luar bangunan, kemiringannya tidak boleh melebihi 6° .
3. Panjang mendatar suatu *ramp* tidak boleh melebihi 900 cm. Pada awalan dan akhiran suatu *ramp* harus berupa bordes yang bebas dan datar untuk memudahkan memutar kursi roda dengan ukuran panjang minimum 120 cm.
4. *Ramp* harus dilengkapi dengan pegangan rambatan (*handrail*) yang dijamin kekuatannya dengan ketinggian 80-85 cm dari lantai *ramp*.

5. Permukaan *ramp* harus memiliki tekstur sehingga tidak licin terutama pada waktu hujan.

Berdasarkan KEPMEN PU 468 tahun 1998 tentang Persyaratan Teknis Aksesibilitas Pada Bangunan Umum dan Lingkungan, ilustrasi *ramp* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Ilustrasi *ramp*

4.6 Aspek Gubahan Massa Bangunan

Bentuk massa bangunan harus stabil, dapat berbentuk persegi panjang, bujur sangkar, segi lima atau segi enam, dan lingkaran. Konsep gubahan massa bangunan TES sebaiknya mempertimbangkan aspek-aspek sebagai berikut:

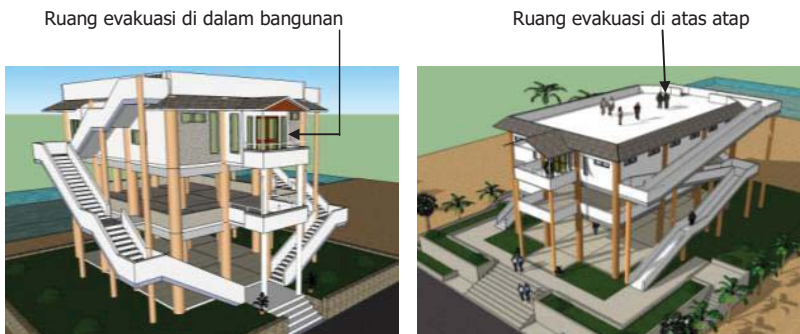
1. Wajah depan (*facade*) bangunan dapat berlanggam arsitektur lokal, modern, dan tema-tema desain tertentu yang telah disepakati pemerintah dan perencana dengan melibatkan tokoh-tokoh masyarakat setempat. Nama TES dapat ditambahkan pada bagian depan bangunan supaya bangunan mudah dikenal masyarakat sebagai TES.
2. Pertimbangan bentuk atap, dari sisi efisiensi direkomendasikan atapnya dak beton datar (*platform*) untuk bentangan yang lebar. Selain lebih aman bila dibandingkan atap miring, juga dapat menjadi ruang evakuasi. Atap miring yang bercirikan arsitektur lokal dapat digunakan untuk ruang-ruang dengan bentang sempit. Atap miring

dengan konstruksi baja ringan lebih mudah runtuh bila terjadi gempa bumi, jika dibandingkan atap dak beton bertulang.

3. Hindari pemakaian kaca lebar untuk jendela, sebaiknya memilih kaca *tempered* supaya pecahan kaca tidak melukai orang yang melakukan evakuasi, karena pecahan kaca menjadi butiran kecil-kecil.
4. Material bangunan harus yang kokoh dan tahan lama, serta mudah dalam perawatan seperti beton bertulang dan baja galvanisir (anti karat).
5. Rambu-rambu penunjuk arah evakuasi (*sign*) harus ditambahkan pada bangunan untuk membantu evakuasi dari luar bangunan sampai menuju ruang evakuasi di lantai atas bangunan.
6. Bangunan dilengkapi dengan penerangan yang menggunakan tenaga matahari atau solar panel. Selain untuk menghemat energi, lampu dapat tetap menyala meskipun listrik padam saat terjadi gempa bumi dan tsunami.

Contoh bentuk bangunan TES pemanfaatan tunggal dapat dilihat pada Gambar 4-3 dan 4-4 di bawah ini.

TES sebagai menara penjaga pantai (*safety-guard tower*), bentuknya lebih sederhana. Fasad bangunan lebih terbuka tanpa dinding dan jendela. Bentuk bangunan hanya disusun dari struktur rangka yang memperlihatkan kolom, balok, dan plat lantai dengan tangga sebagai sirkulasi vertikal. Material bangunan dapat menggunakan baja galvanisir (anti karat) atau beton bertulang. Contoh bentuk TES yang juga diperuntukkan untuk menara penjaga pantai dapat dilihat pada Gambar 4-5.



Gambar 4.3 Contoh desain bangunan TES pemanfaatan tunggal

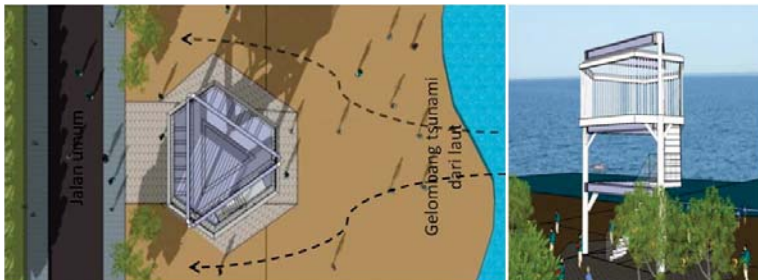


Platform sebagai TES di Okushiri, Jepang
(sumber : archive.kaskus.co.id)



Platform di Shirahama, Jepang
(Sumber : www.scielo.d/scielo.php?pid)

Gambar 4.4 Contoh *platform* sebagai TES pemanfaatan tunggal



Gambar 4.5 Contoh menara penjaga pantai (*safety guard tower*)

4.7 Aspek Struktur Bangunan

Sesuai Pedoman Perancangan Struktur Bangunan TES Tsunami, desain struktur bangunan TES tsunami paling tidak harus memenuhi kriteria berikut:

4.7.1 Tingkat Ketahanan Bangunan Terhadap Gempa Bumi

Tingkat keamanan dan ketahanan terhadap gempa bumi, dipastikan bahwa desain bangunan TES Tsunami tahan terhadap beban gempa bumi, dengan kata lain bangunan direncanakan berdasarkan standar desain tahan gempa bumi yang berlaku (minimum memenuhi persyaratan SNI-0301726-2002 dan peraturan setelahnya).

4.7.2 Tingkat Keamanan Bangunan Terhadap Tsunami

Selain tahan terhadap beban gempa bumi, bangunan TES tsunami harus kuat menahan hampasan gelombang tsunami, termasuk gaya apung, gaya hidrostatik, gaya hidrodinamis, pengaruh pengikisan, pengaruh tumbukan, dan lain-lain. TES tsunami harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut terhadap hampasan gelombang tsunami:

1. Ketika terjadi tsunami dengan risiko rendah maka struktur harus tetap kokoh berdiri dan tidak terjadi kerusakan struktural maupun non-struktural.
2. Ketika terjadi tsunami dengan risiko sedang maka struktur harus tetap kokoh berdiri tetapi boleh terjadi kerusakan non-struktural.
3. Ketika terjadi tsunami dengan risiko tinggi maka struktur harus tetap kokoh berdiri tetapi boleh terjadi kerusakan non-struktural dan kerusakan struktural pada kolom dan balok tetapi bangunan tidak roboh dan kerusakan struktural masih dapat diperbaiki (*retrofit*) setelah tsunami berlalu atau dirubuhkan jika kerusakan struktural yang terjadi dinilai cukup banyak.

Karakteristik – karakteristik struktur yang sudah terbukti dapat memberikan perilaku yang baik ketika beban tsunami terjadi, antara lain adalah :

1. Sistem struktur yang kuat yang memiliki kekuatan cadangan untuk menahan gaya berlebih.
2. Sistem struktur yang terbuka sehingga air dapat mengalir melewati struktur dengan sedikit hambatan.
3. Sistem struktur yang daktail, sehingga dapat menahan beban berlebih tanpa terjadi kegagalan.
4. Sistem struktur dengan redundansi sehingga struktur mengalami kegagalan pada bagian tertentu tanpa menimbulkan adanya keruntuhan bertahap.

Pada banyak kasus, pondasi yang digunakan terdiri dari pondasi dalam (*pile*). Perancangan pondasi harus mempertimbangkan adanya peningkatan beban akibat *downdrag* dan penambahan gaya lateral yang terjadi serta peningkatan panjang pondasi yang tidak terikat oleh tanah akibat adanya penggerusan.

Kolom berbentuk lingkaran dapat menghasilkan gaya *drag* yang lebih kecil dibandingkan kolom yang berbentuk persegi atau persegi panjang. Di sisi lain, gaya impak yang terjadi akibat puing – puing yang terbawa air memiliki kemungkinan yang kecil untuk sepenuhnya membebani kolom tersebut.

Perancangan balok pada bangunan TES Tsunami yang dikenai gaya horizontal akibat tsunami harus memasukkan perhitungan dari *bracinglateral* yang dimiliki oleh pelat lantai. Balok yang terisolasi harus dirancang terhadap geser dan lentur yang diakibatkan beban tsu-

nami. Sistem lantai harus dirancang dengan memperhitungkan efek dari gaya apung dan gaya angkat hidrodinamik, yang dapat menyebabkan terjadinya geser dan lentur yang berlawanan dengan geser dan lentur yang disebabkan oleh beban gravitasi. Pada sistem lantai baja, tekuk torsi lateral pada balok di bawah *flanges* harus diperhitungkan ketika dikenai beban angkat (*uplift*). Pada sistem lantai dengan beton bertulang, kontinuitas dari tulangan baja harus dimiliki pada balok dan juga pada pelat sekurang – kurangnya 50% dari tulangan atas dan tulangan bawah.

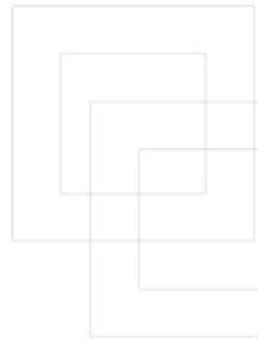
Pada perancangan komponen atap, jenis atap yang direkomendasikan untuk digunakan adalah jenis atap Dak Beton, karena pada dasarnya komponen struktur bagian atas yang akan dijadikan tempat perlindungan dalam bangunan TES Tsunami harus berupa pelat beton bertulang yang dapat melindungi secara optimal para korban bencana.

Detail dari kriteria desain struktur dapat dilihat pada **Pedoman 3 (Perancangan Struktur Bangunan TES)**.

BAB V

BANGUNAN TES TSUNAMI

PEMANFAATAN MULTIFUNGSI



BAB 5

BANGUNAN TES TSUNAMI PEMANFAATAN MULTIFUNGSI

5.1 TES Tsunami untuk Pemanfaatan Multifungsi

TES disebut sebagai pemanfaatan multifungsi, karena tidak hanya berfungsi sebagai tempat evakuasi tsunami ataupun bencana lainnya, sehari-hari TES berfungsi sebagai fasilitas pelayanan umum. TES sebagai bangunan multifungsi dapat terdiri dari bangunan umum yang sudah ada asal memenuhi syarat sebagai TES dan bangunan baru yang dibangun sebagai TES.

Bangunan umum dapat digunakan sebagai pelayanan umum masyarakat dengan berbagai fungsi. Berdasarkan KEPMEN PU 468 tahun 1998 tentang Persyaratan Teknis Aksesibilitas Pada Bangunan Umum dan Lingkungan, bangunan umum dapat dikategorikan berdasarkan fungsinya sebagai berikut:

1. Bangunan perkantoran untuk pelayanan umum, seperti bank, kantor pos, dan bangunan administrasi.
2. Bangunan perdagangan, seperti pertokoan, pasar swalayan, dan mall.
3. Bangunan pelayanan transportasi, seperti terminal dan bandara.
4. Bangunan pelayanan kesehatan, seperti rumah sakit, dan klinik.
5. Bangunan keagamaan atau peribadatan.
6. Bangunan pendidikan, seperti sekolah, perpustakaan, dan museum.
7. Bangunan pertemuan, pertunjukan, dan hiburan, seperti bioskop, gedung konferensi, bangunan olah raga, dan rekreasi.
8. Bangunan restoran, seperti rumah makan dan cafetaria.
9. Bangunan hunian massal, seperti hotel, apartemen, dan panti asuhan.
10. Bangunan pabrik.
11. Fasilitas umum, seperti taman, kebun binatang, dan pemakaman.

5.2 Pemanfaatan Bangunan Umum Yang Sudah Ada (*Existing*)

Bangunan umum *existing* adalah bangunan tinggi yang sudah ada di dekat pantai dan di kawasan permukiman pesisir, merupakan bangunan pemerintah atau swasta dengan ketinggian bangunan sesuai dengan syarat minimal tinggi bangunan TES, memiliki struktur yang kuat dan tahan terhadap guncangan gempa bumi dan tsunami. Bangunan ini sekarang dapat berfungsi sebagai balai desa, kantor pemerintahan, pusat komunitas, sekolah, perpustakaan umum, dan rumah ibadah. Apabila bangunan milik pemerintah, lebih mudah dalam melakukan pengujian struktur pada bangunan, melakukan *retrofit*, dan membuat beberapa perubahan ruang dalam dibandingkan pada bangunan milik swasta. Bangunan ini tidak be-

rada di dekat sumber debris, sumber B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), lihat 3.1.1 tentang pertimbangan pemilihan lokasi.

Beberapa aspek perlu diperiksa pada bangunan eksisting apakah sudah memenuhi syarat atau belum sebagai TES, yaitu:

1. Pengecekan struktur bangunan, dari pondasi, kolom, balok, dinding, dan atap bangunan. apabila belum sesuai, dapat dilakukan penguatan struktur atau *retrofit*.
2. Pengecekan tangga yang ada, apakah lebarnya sudah memenuhi minimal 1,2 m. Apakah kemiringan tangga kurang dari 40° dan handrail dengan ketinggian 65-80 cm dengan bahan yang mudah dipegang dan aman. Hindari perletakan *furniture* dan lemari-lemari arsip di dekat akses tangga untuk menghindari debris.
3. Pengecekan lantai atas untuk ruang evakuasi sementara, yang tingginya sesuai dengann kriteria tinggi bangunan TES (lihat butir 3.1.3). Ruang sebaiknya *open plan* atau terbuka agar memudahkan orang untuk berkumpul dan melakukan aktivitas bersama. Kaca jendela pada ruangan ini sebaiknya menggunakan kaca *tempered*.
4. Perbaikan kamar mandi, toilet dan dapur/pantri. Pipa jaringan air bersih, air kotor dan jaringan limbah padat harus dari pipa yang berkualitas baik dan sambungan pipa direkatkan agar tidak mudah lepas. Semua pipa direkatkan ke dinding dengan kuat agar tidak patah saat terjadi gempa bumi.
5. Penyediaan *hidrant* dan alat pemadam kebakaran di dalam bangunan untuk mengantisipasi bila terjadi kebakaran.
6. Desain *facade* bangunan dapat tetap mempertahankan kondisi yang ada, atau juga dapat diubah mengikuti langgam arsitektur lokal.
7. Penambahan rambu-rambu penunjuk tempat evakuasi dari luar bangunan sampai menuju tempat evakuasi di atas bangunan.

Apabila bangunan eksisting tidak memenuhi syarat, sulit dilakukan perbaikan atau *retrofit*, atau keamanan bangunan membahayakan pengguna, maka bangunan eksisting tersebut tidak dapat dijadikan sebagai TES. Lebih baik untuk mempertimbangkan membangun bangunan TES yang baru berupa bangunan multifungsi.

Detail dari pernyataan, kriteria desain, perencanaan dan pelaksanaan evaluasi penggunaan Bangunan eksisting sebagai TES dapat dilihat pada **Pedoman 3 (Perancangan Struktur Bangunan TES)**.

5.3 TES Tsunami Sebagai Bangunan Umum

TES sebagai multifungsi, salah satunya adalah bangunan yang digunakan untuk pelayanan umum, selain dapat difungsikan sebagai tempat evakuasi. Jenis-jenis bangunan umum dapat dilihat pada 5.1 tentang kategori bangunan umum menurut KEPMEN PU No 468 tahun 1998.

5.3.1 Aspek Lokasi

Lokasi bangunan umum harus aman dari potensial bahaya (sumber debris, B3, gelombang pecah, dan struktur bangunan yang rentan runtuh), dan dapat dicapai oleh semua orang, serta dapat dijangkau oleh penduduk dengan waktu sesuai waktu untuk evakuasi (lihat sub-bab 3.1.1. tentang pertimbangan pemilihan lokasi). Pemilihan lokasi sebaiknya didiskusikan dengan tokoh adat atau tokoh masyarakat bersama pejabat daerah setempat. Bagaimanapun, penentuan lokasi harus mempertimbangkan kebudayaan dan aspirasi masyarakat setempat, agar TES diterima oleh masyarakat dan memudahkan mereka melakukan evakuasi.

Aksesibilitas harus mudah dicapai, dapat dilihat dari segala arah dan dapat dicapai oleh semua orang. Jalan masuk memiliki lebar minimal 7 meter (setara dengan jalan kolektor, menurut SNI-2004 untuk perencanaan lingkungan perumahan). Apabila lebar jalan masuk kurang dari 7 meter, harus dilakukan pelebaran jalan. Permukaan jalan masuk harus rata, tidak berlubang, tidak licin, untuk kemudahan dan keselamatan orang yang melakukan evakuasi. Pintu masuk pada bangunan TES harus lebih dari satu dan ditempatkan pada sisi depan dan/atau samping bangunan TES, sehingga jalan-jalan menuju pintu masuk bangunan TES harus memiliki lebar minimal 7 meter. Rambu penunjuk arah evakuasi harus diletakkan pada titik-titik tertentu untuk memudahkan orang menuju TES.

5.3.2 Aspek Tinggi Bangunan dan Sirkulasi Vertikal

Bangunan umum sebagai TES harus memenuhi syarat ketinggian untuk TES (lihat sub-bab 3.1.3.), memiliki ketinggian diatas syarat bangunan TES pada bagian ruang yang difungsikan sebagai tempat evakuasi. Ruang tersebut merupakan ruang terbuka (*open plan*) pada lantai atas untuk tempat berkumpul orang dalam jumlah banyak.

Pencapaian dari bawah bangunan TES menuju lantai atas tempat evakuasi harus memiliki tangga dan *ramp* yang dapat dicapai dari halaman, tanpa memasuki bangunan. Sirkulasi vertikal dapat dicapai dari luar untuk kemudahan masyarakat sekitar secepat mungkin menuju tempat evakuasi di lantai atas bangunan. Sebagai bangunan umum, sirkulasi vertikal juga ada di dalam bangunan untuk digunakan sehari-hari, seperti tangga, lift, dan escalator (pada fasilitas komersial). Lebar tangga minimal 1,2 m dengan kemiringan tidak melebihi 40° , dan memiliki *handrail*. Lebar *ramp* minimal adalah 1,2 meter untuk kemudahan orang-orang yang lemah, cacat dan pengguna kursi roda dan kereta bayi naik ketempat evakuasi. Kemiringan *ramp* tidak boleh melebihi 7° dan memiliki *handrail* (Pekerjaan Umum, 1998). Untuk menghindari sumber debris, sebaiknya di dekat akses tangga dan *ramp* dihindari adanya tumpukan barang atau lemari arsip, dan perabot.

5.3.3 Aspek Gubahan Massa Bangunan

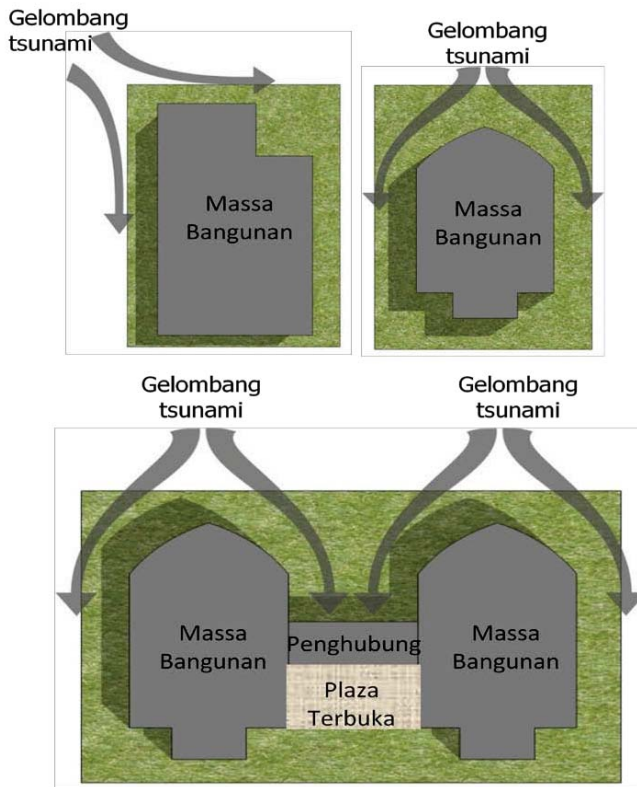
Bentuk bangunan harus memperhatikan arah datang gelombang. Bagian bangunan yang menghadap arah gelombang harus berbentuk aerodinamis. Apabila lahan cukup luas, dan bagian panjang lahan menghadap arah gelombang, bangunan dapat dibagi menjadi dua atau tiga massa bangunan, dan antar massa bangunan dapat dihubungkan dengan sirkulasi pada lantai atas bangunan, lihat Gambar 5-1. Dengan demikian, kekuatan gelombang tsunami yang mengenai bangunan dapat berkurang. Catatan: lantai/selasar penghubung antar bangunan harus dibuat dilatasi terhadap struktur bangunan utama, sehingga selasar penghubung ini boleh runtuh bila terjadi tsunami tanpa merusak struktur utama bangunan.

Bagian bawah bangunan sebaiknya terbuka (*elevated floor*), lantai bawah hanya terdiri dari kolom-kolom penyangga bangunan, dan sirkulasi vertikal (tangga, *ramp*). Ruang terbuka di bagian bawah bangunan memungkinkan air gelombang tsunami mengalir dan menghindari bangunan dari hempasan gelombang, lihat Gambar 5.2. Bagian bawah bangunan dapat juga digunakan sebagai ruang lobby dan ruang kerja, tetapi dinding pembatas ruang menggunakan partisi yang mudah lepas dari bangunan, sehingga dinding partisi dapat rusak oleh tsunami untuk mengalirkan air di bawah bangunan. Lantai utama bangunan yang digunakan untuk beraktifitas berada di atas level rendaman tsunami. Peta rendaman tsunami sangat diperlukan untuk mengetahui *runup level*, untuk menentukan ketinggian lantai bangunan untuk evakuasi.

Alternatif lain adalah halaman dan teras bangunan ditinggikan, sehingga lantai dasar bangunan sudah berada di atas level rendaman tsunami. Apabila bentuk seperti ini yang dipilih, lantai dasar sudah dapat digunakan untuk aktifitas sehari-hari pelayanan umum. Apabila halaman yang ditinggikan belum setinggi level rendaman tsunami, sebaiknya lantai dasar bangunan masih berbentuk terbuka (*elevated floor*) atau dinding bagian bawah menggunakan dinding partisi.

Ruang evakuasi berada di lantai atas, sesuai syarat tinggi bangunan TES. Ruang evakuasi sebaiknya terbuka (*open plan*) untuk memudahkan orang berkumpul. Ruang evakuasi sebagian di dalam ruang (tertutup atap), sebagian lagi dapat berada di atas atap bangunan dengan atap dak beton.

Desain *facade* bangunan dapat menggunakan arsitektur lokal agar kontekstual terhadap lingkungan, atau menggunakan tema-tema desain tertentu yang telah disepakati bersama pemerintah dan perencana dengan melibatkan tokoh-tokoh masyarakat setempat. Desain *facade* juga ditentukan oleh fungsi bangunan umum. Catatan : hindari ornamen-ornamen pada bangunan yang mudah lepas bila terjadi guncangan gempa bumi.



Alternatif bentuk massabangunan :

Atas :

apabilabagianlebartapaktegaklurusarah gelombang, dapatdirencanakanbangunantunggal.

Bawah :

apabilabagianpanjangpaktegaklurusarah gelombang, bangunandirencanakanlebihdarisatumasabangunan

Gambar 5.1 Alternatif bentuk massa bangunan



Gambar 5.2 Bagian bawah bangunan terbuka

5.3.4 Aspek Utilitas Bangunan

Bangunan harus dilengkapi dengan kamar mandi dan toilet yang khusus didesain untuk tetap berfungsi meskipun terjadi bencana tsunami. Pantri atau dapur kecil dapat disediakan di dalam bangunan yang juga tetap dapat berfungsi pada saat terjadi bencana. Pipa-pipa saluran air bersih dan saluran pembuangan harus dilekatkan dengan erat ke dinding *shaft* bangunan, dan sambungan antar pipa harus kuat supaya tidak lepas pada saat guncangan gempa bumi dan tsunami. *Septic tank* dan reservoir air dibangun menggunakan struktur beton bertulang.

Bangunan dilengkapi dengan proteksi terhadap kebakaran seperti *hidrant system* dan *sprinklersystem* (sistem pencegahan pertama yang sangat baik dilengkapi dengan *heat detector*). Pada saat terjadi guncangan gempa bumi, mungkin saja diikuti terjadi kebakaran apabila ada konsleting listrik di dalam bangunan. Apabila bangunan umum akan dijadikan sekaligus sebagai TES, harus memperhatikan faktor keamanan terhadap kebakaran.

Demikian juga dengan sistem elektrikal yang akan padam apabila terjadi tsunami, oleh karena itu sistem cadangan dengan menggunakan genset harus direncanakan pada bangunan umum yang digunakan sebagai TES. Genset diperlukan untuk menyalakan pompa air. Sistem penerangan ruang evakuasi dapat menggunakan cadangan dengan panel solar. Menggunakan energi matahari akan menghemat energi listrik, dan lampu penerangan dapat tetap menyala tanpa bantuan genset.

Rambu-rambu penunjuk arah evakuasi harus dipasang dari luar bangunan, sepanjang rute evakuasi, sampai menuju ruang evakuasi di atas bangunan. Rambu dibuat dari material yang reflektif dan bahan cat yang dapat memantulkan cahaya bila terkena sinar lampu pada malam hari.

5.3.5 Aspek Struktur Bangunan

Sesuai **Pedoman 3 Perancangan Struktur Bangunan TES Tsunami**, desain struktur bangunan TES tsunami pemanfaatan multifungsi hampir sama dengan TES pemanfaatan tunggal, dapat dilihat pada Sub-bab 4.7. Bangunan TES harus memiliki ketahanan terhadap gempa bumi, minimum memenuhi persyaratan SNI-0301726-2002 dan peraturan setelahnya. Bangunan TES juga harus memiliki tingkat keamanan terhadap tsunami, harus kuat menahan hampasan gelombang tsunami, termasuk gaya apung, gaya hidrostatik, gaya hidrodinamis, pengaruh pengikisan, pengaruh tumbukan, dll.

Kolom berbentuk lingkaran dapat menghasilkan gaya *drag* yang lebih kecil dibandingkan kolom yang berbentuk persegi atau persegi panjang. Di sisi lain, gaya dampak yang terjadi akibat puing – puing yang terbawa air memiliki kemungkinan yang kecil untuk sepenuhnya membebani kolom tersebut. Jika kita menggunakan dinding geser, maka harus direncanakan

arah dari dinding geser tersebut. Direkomendasikan agar dinding geser tersebut memiliki arah yang paralel dengan aliran tsunami sehingga dapat mengurangi besarnya gaya hidrodinamik dan gaya tumbuk yang berasal dari puing – puing yang terbawa air.

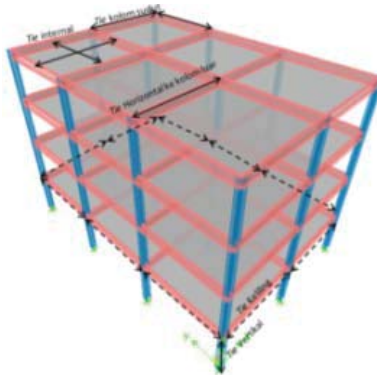
Perancangan komponen atap, yang direkomendasikan untuk digunakan adalah jenis atap dak beton, karena pada dasarnya komponen struktur bagian atas yang akan dijadikan tempat perlindungan dalam bangunan TES Tsunami harus berupa pelat beton bertulang. Atap miring dapat digunakan pada bagian pinggir sebagai kanopi, atau di atas teras pada pintu masuk utama (*main entrance*) untuk memberi kesan spirit arsitektur lokal.

Adapun salah satu pembebanan yang perlu diperhitungkan untuk bangunan TES Tsunami antara lain adalah beban gravitasi, beban gempa bumi, beban angin, serta beban tsunami itu sendiri. Beban mati rencana harus memperhitungkan berat peralatan layanan yang digunakan dalam bangunan gedung seperti plambing, mekanikal elektrik, dan alat pemanas, ventilasi, dan sistem pengkondisian udara. Beban hidup merata yang digunakan adalah $4,79 \text{ kN/m}^2$ atau $7,18 \text{ kN/m}^2$ untuk mendapatkan hasil yang konservatif.

Dalam menentukan tingkat kinerja struktur, acuan yang dapat digunakan adalah ASCE/SEI 41-06 *Seismic Rehabilitation of Existing Buildings* (ASCE, 2006c) yang membagi kinerja struktur menjadi 5 tingkatan: *Collapse*, *Collapse Prevention*, *Life Safety*, *Immediate Occupancy*, dan *Operational*. Bangunan TES mengharuskan tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO) untuk *Design Basis Earthquake* (DBE) yaitu desain gempa bumi dengan periode ulang 500 tahun dan tingkat kinerja *Life Safety* (LS) untuk *Maximum Considered Earthquake* (MCE) yaitu desain gempa bumi dengan periode ulang 2500 tahun.

Gaya angkat akan bekerja pada lantai bangunan yang terendam oleh genangan tsunami. Selain itu, dalam merencanakan beban gravitasi yang mungkin terjadi, bangunan TES Tsunami harus direncanakan agar dapat menahan gaya angkat yang disebabkan oleh gaya apung dan gaya hidrodinamik. Ketika memperhitungkan gaya apung pada pelat lantai, harus mempertimbangkan adanya tambahan volume air yang dipindahkan akibat adanya udara yang terperangkap dalam lantai sistem portal. Di sisi lain, dinding eksterior pada lantai di atasnya akan mengeluarkan air sampai tahanan lateralnya terlewat akibat adanya tekanan hidrostatik.

Perlu dilakukan pengecekan kelayakan gaya pada elemen tarik setelah struktur didesain mula-mula untuk pembebanan gravitasi dan lateral. Elemen tarik harus disambung dengan benar dan diangkur pada setiap ujung dengan tujuan untuk mengembangkan kapasitas maksimal elemen tarik agar berkinerja sesuai dengan yang telah diantisipasi. Baja tulangan yang digunakan sebagai elemen tarik harus memiliki sambungan lewatan yang dilewatkan, dilas, atau disambung secara mekanik sesuai dengan ACI 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete* (ACI, 2005).



Gambar 5.3 Struktur bangunan TES sebagai multifungsi

5.3.6 Berbagai Contoh Bangunan TES Tsunami Multifungsi

Berbagai bangunan umum dapat direncanakan dan didesain sebagai fasilitas TES, selain sehari-hari digunakan sebagai fasilitas layanan umum. Berikut ini adalah berbagai contoh bangunan umum yang sekaligus dapat digunakan sebagai TES.

5.3.6.1 *Community Center* (Gedung serba guna untuk masyarakat) Sebagai TES

Tsunami Escape Building dibangun sebagai pusat evakuasi bagi masyarakat yang tinggal di sepanjang garis pantai, di Desa Lambung, Kecamatan Meuraxa, Aceh. Bangunan ini dibangun atas bantuan Pemerintah Jepang berdasarkan konsep awal yang dibuat oleh JICA Study Team dalam proyek *Urgent Rehabilitation and Reconstruction Plan* (URRP) untuk Kota Banda Aceh pada Maret 2005 sampai dengan Maret 2006. Ketinggian bangunan ini 18 meter yang terdiri dari 4 lantai dengan luas 1.400 meter persegi.

Selain untuk tempat evakuasi apabila terjadi tsunami, bangunan ini direncanakan dapat dipakai sebagai balai warga untuk kegiatan pertemuan warga dan sebagainya (gedung serba guna). Bangunan ini memiliki ruang terbuka, ruang olah raga dan ruang tunggu di lantai satu. Lantai satu ini dibiarkan kosong tanpa partisi untuk menghindari terjangan air tsunami. Lantai dua tingginya sekitar 10 meter dari jalan, mengikuti tinggi gelombang tsunami yang terjadi pada Desember 2004 di lokasi bangunan tersebut. Lantai tiga dianggap aman dari air tsunami, karena itu disediakan kamar mandi, tempat persediaan makanan, untuk memberikan kenyamanan. Pada lantai ini disediakan Sekolah Siaga Bencana yang juga menyediakan perpustakaan. Ratusan buku disediakan untuk menambah pengetahuan anak-anak korban bencana. Lantai tiga gedung ini didesain lapang yang menampung sekitar 300 orang.

Lantai paling atas adalah lantai empat, menjadi tempat evakuasi yang dapat menampung 500 orang, dan disediakan helipad yaitu tempat landasan helikopter. Apabila terjadi bencana tsunami, helikopter yang mengirimkan bantuan dapat mendarat di atasnya. Penyaluran bantuan pun akan menjadi lebih mudah. Demikian pula, apabila ada masyarakat yang membutuhkan tindakan medis darurat, dapat langsung dibawa dengan helikopter. Bangunan ini memiliki sirkulasi vertikal dengan *ramp* yang dapat dicapai oleh masyarakat dari luar bangunan.



Gambar 5.4 Tsunami Escape Building di Aceh
(Sumber: <http://acehtourismagency.blogspot.com/2012>)

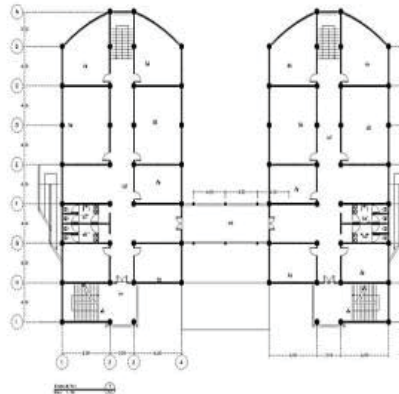
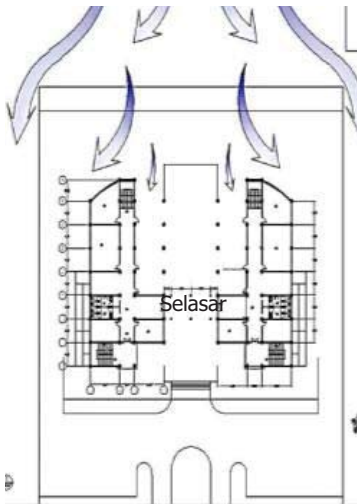
5.3.6.2 Bangunan Sekolah Sebagai TES

Bangunan sekolah sangat sesuai apabila berfungsi juga sebagai TES, khususnya bangunan sekolah yang tingginya 3 lantai atau lebih. Ratusan siswa dan guru dapat diselamatkan dari bencana tsunami, demikian juga dengan masyarakat sekitar sekolah. Pada umumnya, sekolah yang besar berada di dekat kawasan permukiman padat.

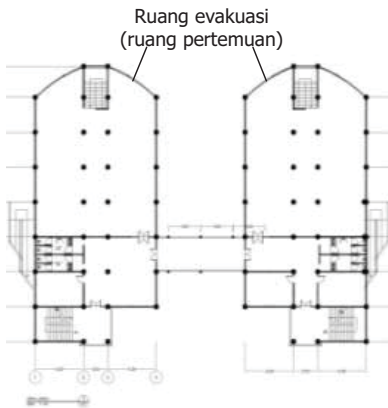
Kegiatan sekolah membutuhkan banyak ruangan, terdiri dari banyak ruang kelas, beberapa ruang praktikum, kantor administrasi dan ruang guru, perpustakaan, ruang serba guna atau olahraga *indoor*, kantin, ruang OSIS, musholla, dan toilet serta gudang. Bangunan sekolah biasanya memiliki ruang luar yang terbuka, digunakan untuk upacara sekaligus olah raga. Taman atau plaza terbuka di sekolah dapat sebagai orientasi bagi masyarakat di sekitar sekolah yang akan melakukan evakuasi. Oleh karena itu, akses tangga dan ramp yang dibangun di luar bangunan sekolah dapat dicapai melalui ruang terbuka ini, sehingga masyarakat mudah menuju tempat evakuasi di lantai atas dalam waktu cepat.

Ruang evakuasi membutuhkan ruang yang terbuka (*open plan*) di lantai atas bangunan, tinggi lantai diatas tinggi *inundation* ditambah *freeboard*. Ruang serba guna yang biasanya digunakan juga untuk olah raga *indoordapat* digunakan sebagai ruang evakuasi, sehingga harus diletakkan di lantai atas bangunan. Demikian juga dengan musholla, dapat diletakkan di lantai atas sebagai tempat evakuasi. Apabila tempat evakuasi masih dianggap kurang luas, atap bangunan dapat digunakan sebagai tempat evakuasi dengan menggunakan atap datar dak beton.

Sebagaimana Gambar 5-1, panjang lahan sekolah menghadap arah datangnya gelombang tsunami sehingga bangunan sekolah direncanakan menjadi 2 massa bangunan yang dihubungkan oleh selasar penghubung. **Secara struktural selasar penghubung memiliki dilatasi terhadap struktur bangunan utama, sehingga selasar ini dibolehkan runtuh apabila terjadi tsunami.** Ruang-ruang yang digunakan pada lantai bawah menggunakan dinding partisi supaya dapat lepas bila kena terjangan ombak tsunami, untuk melindungi struktur utama bangunan.



Gambar 5.5 Denah lantai dasar dan lantai satu bangunan sekolah sebagai TES



Gambar 5.6 Denah lantai atas dan tampak samping



Gambar 5.7 Suasana bangunan sekolah sebagai TES

5.3.6.3 Museum Sebagai TES

Museum Tsunami Aceh berfungsi sebagai objek sejarah dan pusat penelitian tentang tsunami, sebagai warisan kepada generasi mendatang bahwa disini pernah terjadi bencana tsunami. Museum ini tidak hanya mengenang tragedi, tetapi juga berfungsi sebagai pendidikan bagi generasi muda tentang antisipasi bencana dan tempat evakuasi yang memadai jika terjadi peristiwa tsunami.

Museum Tsunami Aceh mengambil konsep "*rumah Aceh as escape hill buildings*", dengan bangunan yang berbentuk panggung, selayaknya rumah Aceh dimana bagian bawah bangunan digunakan sebagai area publik untuk berinteraksi dengan tetangga. Bagian bawah bangunan museum ini menjadi ruang publik yang terbuka dan juga bisa memberi jarak aman terhadap ancaman datangnya gelombang Tsunami. Motif dinding bagian luar bangunan merupakan adaptasi citra dari tari Saman yang merupakan simbolisasi dari kekuatan, kedisiplinan dan kepercayaan religius masyarakat Aceh.

Museum memiliki 2 lantai, dimana lantai satu merupakan area terbuka yang bisa dilihat dari luar dan fungsinya sebagai tempat untuk mengenang peristiwa tsunami. Beberapa ruangan yang berisi rekam jejak kejadian tsunami 2004 terdapat di lantai satu, di antaranya ruang pameran tsunami, pra-tsunami, saat tsunami dan ruang pasca-tsunami, dan cafe. Di lantai 2, berisi media-media pembelajaran berupa perpustakaan, ruang alat peraga, ruang 4D (empat dimensi), dan toko suvenir. Beberapa alat peraga yang ditampilkan antara lain rancangan bangunan yang tahan gempa bumi, serta model diagram patahan bumi.



Gambar 5.8 Museum Tsunami Aceh sebagai TES
(Sumber : <http://www.fantasticlombok.com/2010/>)

5.3.6.4 Kantor Sebagai TES

Kantor adalah tempat bekerja dengan berbagai tipe kantor, ada yang milik pemerintah maupun swasta. Kantor yang dapat digunakan sebagai TES adalah kantor pemerintah, dari balai desa, kantor kecamatan, sampai kantor gubernur dapat dijadikan sebagai TES. Kantor pemerintah lebih mudah dijadikan TES karena lahan milik pemerintah, dan bangunan kantor lebih mudah dikenal oleh masyarakat karena melayani kepentingan umum. Lokasi juga strategis berada di kawasan perkantoran, ada yang memiliki ruang luar terbuka atau plaza yang dapat digunakan sebagai ruang berkumpul masyarakat.

Secara umum kantor memiliki ruang rapat atau ruang pertemuan yang cukup luas, ruang ini dapat dijadikan tempat evakuasi. Musholla juga dapat dijadikan tempat evakuasi. Ruang

pertemuan dan musholla yang direncanakan di lantai atas, harus lebih tinggi dari level *inundation*. Tempat evakuasi juga dapat menggunakan sebagian atap bangunan. Tangga dan *ramp* harus dibangun di bagian luar bangunan (selain tangga atau lift di dalam bangunan) agar masyarakat sekitar kantor dapat melakukan evakuasi dengan mudah dan cepat. Ruang-ruang terbuka di luar bangunan atau taman dan plaza dapat membantu memberi orientasi/arrah bagi masyarakat, sehingga tangga dan *ramp* dapat diakses dari ruang terbuka tersebut.

Kantor dapat dilengkapi dengan kamar mandi dan toilet darurat, *pantry* darurat, yang dapat berfungsi apabila terjadi bencana. Kantor juga harus dilengkapi dengan berbagai alat proteksi terhadap kebakaran, gudang untuk menyimpan berbagai perlengkapan P3K, dan generator darurat.



Gambar 5.9Kantor sebagai TES ,Rencana Kantor Gubernur di Padang
(Sumber : <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php>)

5.1.6.5. Gedung Parkir sebagai TES

Bangunan parkir adalah bangunan yang khusus berfungsi sebagai tempat parkir kendaraan roda empat dan roda dua. Umumnya tempat parkir adalah struktur terbuka yang terdiri dari deretan kolom tanpa dinding (*open plan*) sehingga air tsunami dapat mengalir di antara kolom, hal ini dapat mengurangi kekuatan gelombang tsunami. *Ramp* untuk kendaraan biasanya cukup lebar dengan kemiringan sekitar 1: 8 (1m vertikal : 8m horizontal), memberi kemudahan bagi orang banyak untuk menuju ke bagian atas bangunan parkir, sebagai tempat penampungan sementara. Oleh karena itu, bangunan parkir dapat dijadikan sebagai TES. Bila dijadikan sebagai TES, tempat parkir harus dilengkapi toilet darurat yang masih dapat digunakan bila terjadi bencana serta gudang penyimpanan peralatan P3K.

Keramaian dan kepanikan orang berlari saat melakukan evakuasi dapat terganggu oleh kendaraan yang lewat, bagaimanapun tempat parkir adalah tempat masuk dan keluarnya kendaraan. Oleh karena itu, apabila bangunan parkir akan dijadikan TES, disediakan jalur pejalan kaki (*pedestrian*) yang cukup lebar (sekurang-kurangnya 3 meter) menuju bangunan parkir yang terpisah dari jalan kendaraan.



Gambar 5.10 Bangunan parkir sebagai TES
(Sumber : www.eqclearinghouse.org/2011-03-11sendai)

5.1.6.6 Hotel sebagai TES

Hotel adalah suatu jenis akomodasi yang mempergunakan sebagian atau seluruh bangunan untuk menyediakan jasa penginapan, makanan dan minuman bagi umum yang dikelola secara komersial. Hotel terdiri dari beberapa pengelompokan berdasarkan jumlah kamar dan fasilitas yang disediakan, seperti hotel melati, hotel bintang 3, bintang 4 dan bintang 5. Hotel berbintang sudah memiliki fasilitas ruang pertemuan (*convention/ball room*) dan fasilitas olah raga. Hotel dapat digunakan sebagai TES, karena lokasinya berada di daerah strategis, dekat pusat perkantoran, pusat bisnis, dan tempat wisata. Bangunannya yang tinggi dan memiliki ruang pertemuan besar dapat digunakan sebagai tempat evakuasi. Bagian atap dapat dijadikan tempat evakuasi apabila dirancang dengan atap datar flat beton.

Ruang *convention/ballroom* yang luas dapat digunakan untuk rapat besar, pesta pernikahan, dengan kapasitas sampai 1000 orang atau lebih, serta beberapa ruang rapat. Ruangan ini direncanakan diatas ketinggian level rendaman tsunami, dilengkapi dengan toilet dan dapur yang masih dapat berfungsi apabila terjadi bencana. *Ramp* dan tangga harus disediakan menuju lantai atas tempat evakuasi. *Ramp* harus dapat dilihat dari luar bangunan supaya masyarakat sekitar hotel dapat lebih mudah dan cepat menuju lantai atas tempat evakuasi. Struktur bangunan harus kokoh dan memiliki daya tahan terhadap gempa bumi dan tsunami. Kekurangan dari fasilitas ini adalah terjadinya debris dari berbagai perabotan seperti kursi, meja, dan elemen interior. Biaya awal bangunan juga sangat mahal, karena fasilitas hotel mempersyaratkan estetika dan kenyamanan yang tinggi bagi penggunanya.



Hotel Mercure di Padang, bagian bawah terbuka untuk vista pandangan dan memberi ruang untuk mengalirkan air tsunami



Bagian bawah hotel ditinggikan, dapat digunakan untuk parkir dan memberi ruang untuk mengalirkan tsunami

Gambar 5.11 Hotel dapat sebagai TES

5.1.6.7 Pusat Perbelanjaan Sebagai TES

Pusat perbelanjaan adalah fasilitas yang menyediakan segala perlengkapan kebutuhan kita, menjual aneka makanan kering dan makanan basah, busana, perlengkapan rumah tangga, sampai sarana hiburan seperti permainan anak dan menonton film. Pusat perbelanjaan modern terdiri dari beberapa lantai sehingga dapat digunakan sebagai TES. Pusat perbelanjaan biasanya berada di lokasi yang strategis, aksesibilitasnya mudah, lokasinya mudah dikenal dan diingat masyarakat.

Pusat perbelanjaan dapat ditinggikan elevasinya dari permukaan tanah sehingga lantai dasar dapat menjadi tempat evakuasi (tinggi lantai dasar diatas tinggi *inundation*). Apabila tinggi *inundation* tsunami pada daerah tersebut cukup tinggi, tempat evakuasi dapat direncanakan di atas bangunan, dengan lantai flat beton pada atap bangunan. Secara umum pusat perbelanjaan tidak memiliki ruang terbuka (*open lay out*) yang besar dan kosong, ruang-ruang besar digunakan untuk *food court* dan area bermain anak yang dipenuhi oleh berbagai perabot dan alat permainan anak (sumber debris). Oleh karena itu, atap bangunan dapat dijadikan tempat evakuasi. Tangga dan *ramp* menuju atap bangunan harus dapat dilihat dari luar bangunan untuk memudahkan masyarakat sekitar melakukan evakuasi. Pencapaian dari luar bangunan juga untuk menghindari debris, bagaimanapun akan banyak barang jualan yang berhamburan dan tergenang di dalam bangunan apabila terjadi tsunami.



Gambar 5.12 Pusat Perbelanjaan sebagai TES, contoh Discovery Mall di Bali
(Sumber : <http://members.virtualtourist.com/m/p/m/11a983>)

5.1.6.8 Rumah Sakit sebagai TES

Bangunan rumah sakit dan fasilitas kesehatan mempunyai peranan penting pada situasi terjadinya bencana dan keadaan darurat. Struktur bangunan rumah sakit harus tetap kokoh dan tetap dapat beroperasi pada kondisi tersebut. Bangunan rumah sakit sebagai TES ditujukan terutama untuk keselamatan petugas medis, pasien, dan pengunjung rumah sakit. Membangun rumah sakit sebagai TES yang aman melibatkan banyak faktor pengetahuan, seperti lokasi gedung, spesifikasi desain dan bahan yang digunakan, struktur yang kokoh terhadap kekuatan gempa bumi dan tsunami, proteksi terhadap kebakaran, keamanan peralatan medis terhadap guncangan gempa bumi, dll.

Bangunan rumah sakit memiliki bentuk yang sederhana dan simetris pada kedua sumbu lateral dan logitudinal (misalnya persegi atau persegi panjang), sehingga tahan ketika mengalami gaya seperti yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Perencanaan rumah sakit sebagai TES harus membuat zonasi yang tepat dari berbagai area rumah sakit dan fasilitas kesehatan. Ruang operasi dan rawat inap, jika memungkinkan berada pada lantai yang memiliki ketinggian di atas level *inundation* tsunami. Ruang pertemuan di letakkan di lantai atas rumah sakit dapat menjadi tempat evakuasi. *Ramp* menuju lantai atas harus berada dekat dengan koridor rawat inap untuk memudahkan petugas medis mengevakuasi pasien. *Ramp* atau tangga dari luar bangunan harus ada untuk memudahkan masyarakat sekitar melakukan evakuasi. *Ramp* dan tangga harus memenuhi standar keamanan.

Struktur bangunan memiliki kekuatan terhadap gempa bumi dan tsunami. Elemen-elemen arsitektur seperti langit-langit (*plafond*), pintu, jendela, penggantung armatur lampu harus dipasang dengan kuat. Pintu yang digerakkan dengan daya listrik (pintu otomatis) dapat dioperasikan secara manual apabila listrik padam saat terjadi bencana. Material lantai harus

anti slip dalam seluruh area layanan, klinik, dan area non klinik, supaya orang dapat evakuasi lebih cepat dan aman, selain mudah dibersihkan sehari-hari.

Penanganan dan penyimpanan bahan kimia dan zat berbahaya yang tidak tepat dapat menyebabkan cedera atau reaksi kimia dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Petugas medis harus diberi pelatihan dalam menangani bahan kimia dan zat berbahaya, seperti pengaturan yang tepat, pengelompokan bahan kimia harus diikuti secara ketat, dan tempat menyimpan yang aman (contohnya lemari farmasi dalam rak susun harus diangkur ke dinding). Peralatan yang berat dan bergerak diangkur atau dibaut pada lantai (seperti mesin X-Ray) atau ke dinding (tabung X-ray). Generator darurat mempunyai kapasitas memenuhi kebutuhan prioritas rumah sakit (termasuk untuk ruang operasi). Semua sistem elektrikal dan ruangan-ruangan diproteksi dengan unit pemadam api kimia ringan. Fasilitas pencahayaan darurat dijaga dengan tingkat iluminasi tertentu apabila listrik padam untuk jangka waktu sekurang-kurangnya 1 jam.

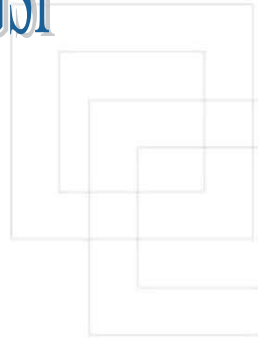


Gambar 5.13 General Relief Center, Kochi, Jepang

BAB VI

BUKIT TES TSUNAMI

PEMANFAATAN MULTIFUNGSI



BAB 6

BUKIT TES TSUNAMI PEMANFAATAN MULTIFUNGSI

6.1. Bukit TES untuk Pemanfaatan Multifungsi

Bukit TES untuk pemanfaatan multifungsi terdiri dari :

1. bukit alami (*naturally high ground*) dan
2. bukit buatan (*artificial hill*).

Bukit alami dan bukit buatan dapat dikategorikan multifungsi, karena sehari-hari dapat digunakan sebagai tempat olahraga, bermain, *camping ground*, dan rekreasi.

6.2. Bukit Alami

Daerah yang merupakan tanah tinggi secara alami (*naturally high ground*) seperti bukit, dapat digunakan atau dimodifikasi sebagai tempat evakuasi tsunami. Bukit harus terletak tidak jauh dari tepi pantai atau permukiman penduduk, yang dapat ditempuh dalam waktu kurang dari *travel time* (waktu terjadinya gempa bumi sampai datangnya gelombang tsunami). Tinggi bukit harus melebihi tinggi *runup* gelombang tsunami ditambah *freeboard*, lihat perhitungan tinggi TES tersebut dalam Sub-bab 3.1.3. Area terbuka yang luas memberikan akses yang mudah untuk banyak orang melakukan evakuasi dari berbagai arah. Apalagi umumnya masyarakat pantai mempunyai pendidikan yang diwariskan secara turun-temurun sebagai kearifan local (*local wisdom*) dalam budaya mereka, yaitu 'untuk lari ke tempat yang tinggi' bila ada tanda-tanda akan terjadi tsunami.

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan bila bukit alami ini akan dijadikan tempat evakuasi adalah sebagai berikut:

1. Topografi dari tanah yang tinggi harus dievaluasi untuk potensial gelombang yang dapat naik keatas (*waverun-up*) dan kemungkinan terjadi erosi. Modifikasi topografi dapat dilakukan dengan dinding penahan tanah. Bidang yang berhadapan atau menerima beban langsung dari gaya tsunami harus didesain vertikal untuk menghindari terjadinya *runup*. Dinding tersebut harus mampu menahan gaya-gaya baik akibat beban gempa bumi maupun beban tsunami (lihat **Pedoman 4: Pedoman Perancangan Bukit Sebagai TES**).
2. Penyelidikan tanah harus dilakukan pada daerah bukit sebelum melakukan perencanaan dataran pengungsian. Penyelidikan tanah harus meliputi pemboran dan pengujian laboratorium.
3. Tangga untuk naik ke atas bukit harus didesain dengan kemiringan tidak melebihi 40°. Tangga dibuat dari struktur beton, permukaan injakan tangga harus rata dan bertekstur halus supaya tidak licin. Lebar tangga minimal 120 cm. Tangga harus lebih dari satu dan ditempatkan di bagian depan atau/dan samping atau belakang bukit TES.

4. Jalan *ramp* harus dibangun untuk dapat mengakomodasi orang-orang yang punya gangguan kesehatan atau keterbatasan fisik seperti orang tua, orang cacat, pengguna kursi roda, ibu hamil, dan anak-anak balita menuju puncak bukit dengan aman dan cepat. Keberadaan *ramp* akan memudahkan mobil ambulance menuju tempat evakuasi apabila ada tindakan medis darurat. *Ramp* dibuat dari struktur beton bertulang agar kuat terhadap guncangan gempa bumi, permukaan *ramp* diberi tekstur halus supaya tidak licin. Sehari-hari, *ramp* dapat digunakan untuk kemudahan orang berekreasi ke puncak bukit.
5. Fasilitas pendukung evakuasi dapat dibangun di sekitar puncak bukit, seperti kamar mandi dan toilet umum, serta gudang. Toilet dapat digunakan untuk aktivitas sehari-hari, tidak hanya sekedar untuk evakuasi.
6. Rambu-rambu penunjuk arah evakuasi dapat diletakkan di dasar bukit, serta di beberapa titik sepanjang route evakuasi sampai menuju puncak bukit. Rambu dibuat dari material yang reflektif dan bahan cat yang dapat memantulkan cahaya bila terkena sinar lampu pada malam hari.
7. Bukit alami harus dilengkapi lampu penerangan pada dasar bukit, sepanjang route evakuasi di tangga dan *ramp*, serta tempat evakuasi di puncak bukit. Lampu penerangan dapat menggunakan energi matahari dengan menggunakan solar panel, sehingga efisiensi terhadap penggunaan energi dan biaya pemeliharaan bukit.
8. Vegetasi sekitar bukit harus dipelihara untuk menghindari erosi. Vegetasi yang besar sebaiknya ditanam pada arah datangnya gelombang tsunami, untuk melindungi bukit dari kekuatan hempasan gelombang tsunami.

Bukit alami dapat digunakan sebagai tempat olahraga, *joging track*, tempat berkemah, dan rekreasi. Bukit alami tidak membutuhkan biaya yang mahal untuk difungsikan sebagai TES. Lokasinya mudah dikenali oleh masyarakat karena topografi alaminya yang tinggi. Hanya saja tidak semua kawasan sekitar pantai memiliki bukit alami yang tinggi, yang dapat ditempuh oleh penduduk dengan waktu kurang dari estimasi waktu kedatangan tsunami (ETA). Gambar 6-1 dan 6-2 merupakan contoh-contoh bukit alami yang dipakai sebagai TES tsunami.



(Sumber : <http://imoe.wordpress.com>)



(Sumber : <http://iannnews.com/news.php>)

Gambar 6.1 Bukit alami sebagai TES



Gambar 6.2 Bukit sebagai TES dilengkapi rambu-rambu penunjuk arah evakuasi

6.3. Bukit Buatan

Apabila tanah tinggi secara alami di dekat pantai tidak ada, padahal banyak permukiman penduduk di sekitar pantai, bukit buatan dapat direncanakan. Peninggian tanah dapat dibangun untuk menaikkan level tanah diatas ketinggian gelombang puncak tsunami (*tsunami-run-up*). Untuk itu harus diperhatikan untuk melindungi bagian dinding tanah dari gelombang tsunami yang datang dan gelombang yang kembali ke laut. Penggunaan dinding penahan tanah vertikal yang kuat perlu dipertimbangkan.

Bukit buatan memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

- 8 Bukit buatan ini dapat multifungsi, selain tempat evakuasi bencana, tempat ini dapat digunakan oleh masyarakat sebagai tempat olah raga , seperti : futsal, sepak bola, jogging, bola volli, badminton, dll.
- 9 Bukit ini dapat digunakan sebagai tempat bazar dan pameran yang dilakukan secara berkala (*temporer*), tempat pertunjukan kesenian terbuka, dan tempat parkir.
- 10 Dapat menampung banyak penduduk, ribuan bahkan bisa lebih sepuluh ribu orang dapat dievakuasi di tempat ini, tergantung luasnya bukit artifisial yang direncanakan.
- 11 Fasilitas ini mudah dikenali oleh masyarakat, juga lapangan yang terbuka dan tidak ada gangguan debris oleh berbagai perabot dari bangunan, memudahkan masyarakat menuju route evakuasi ke tempat ini.
- 12 Memungkinkan disediakan fasilitas toilet yang didesain khusus agar tetap dapat berfungsi saat terjadi bencana.
- 13 Kemudahan pengiriman bantuan makanan dan obat-obatan melalui udara atau helikopter, juga bantuan medis gawat darurat (*emergency*) dengan ambulans.

- 14 Tempat ini dapat digunakan juga untuk penampungan sementara sesudah pasca bencana, karena kemudahan untuk membangun tenda di atasnya dalam jumlah banyak.

Kendala utama pembangunan bukit buatan adalah biaya awal yang sangat besar untuk membangunnya, jika ingin dijadikan tempat multifungsi. Selain dinding penahan tanah harus cukup kuat terhadap kekuatan gempa bumi dan gelombang tsunami, juga harus cukup tinggi diatas level tsunami *runup* ditambahkan *freeboard*. Mendatangkan tanah timbunan dalam jumlah besar layaknya seperti mengerjakan reklamasi, membutuhkan biaya yang mahal.

6.3.1. Aspek Lokasi Bukit Buatan

Bukit buatan ini dapat dibangun pada lokasi ruang terbuka yang ada di sekitar permukiman padat di daerah pesisir, yang rawan tsunami maupun banjir besar. Meskipun biaya pembangunan bukit buatan cukup besar, pemanfaatan dapat lebih optimal mengingat banyak penduduk yang tinggal di lingkungan kota dan bukit ini, sehingga dapat digunakan untuk ruang terbuka hijau dan aktifitas masyarakat sehari-hari, seperti untuk lapangan sepak bola dan berbagai olah raga lainnya.

Berdasarkan SNI 03-1733-2004, Standar Nasional Indonesia tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan, keberadaan ruang terbuka hijau untuk taman dan lapangan olah raga harus disediakan di kawasan permukiman dengan standar $1 \text{ m}^2/\text{penduduk}$ untuk unit RT dan RW, serta $0,3 \text{ m}^2/\text{penduduk}$ untuk Kelurahan sebagai ilustrasi. Beberapa kategori ruang terbuka hijau berdasarkan SNI tersebut adalah sebagai berikut:

1. Taman untuk unit RT dengan 250 penduduk, diperlukan luas taman 250 m^2 ($1 \text{ m}^2/\text{penduduk}$).
2. Taman untuk unit RW dengan 2.500 penduduk, diperlukan luas taman 2.500 m^2 ($1 \text{ m}^2/\text{penduduk}$).
3. Taman dan lapangan olah raga untuk unit Kelurahan dengan 30.000 penduduk, diperlukan lahan seluas 9.000 m^2 ($0,3 \text{ m}^2/\text{penduduk}$).
4. Taman dan lapangan olah raga untuk unit Kecamatan dengan 120.000 penduduk, diperlukan lahan seluas 24.000 m^2 ($0,2 \text{ m}^2/\text{penduduk}$).

Berdasarkan pertimbangan biaya dan efisiensi pelaksanaan pekerjaan, bukit buatan dapat menggunakan ruang terbuka yang sudah ada di kawasan permukiman. Dengan mempertimbangkan kategori ruang terbuka menurut SNI 03-1733-2004 tersebut dan untuk efisiensi biaya, maka direkomendasikan pembuatan bukit buatan dapat direncanakan dengan luas lahan sekitar 9.000 m^2 sebagai TES untuk daerah Kecamatan, sehingga satu kecamatan yang rawan tsunami dapat dibangun sebuah bukit buatan. Kapasitas masyarakat yang dapat

ditampung untuk evakuasi adalah 9.000 sampai 18.000 orang, sesuai standar TES yaitu 0,5 m²/orang (berdiri berhimpitan) sampai 1 m²/orang (dapat duduk nyaman).

6.3.2. Aspek Kegiatan dan Kebutuhan Ruang

Bukit buatan selain sebagai TES, dapat dimanfaatkan oleh berbagai kegiatan olah raga seperti sepak bola (ukuran lapangan : panjang 90 m -120 m dan Lebar 45 m – 90 m), tempat bermain anak-anak, tempat sosialisasi masyarakat, ruang pameran atau bazar, tempat pertunjukan musik terbuka, tempat parkir, dll. Untuk mendukung berbagai kegiatan tersebut, bukit buatan harus dilengkapi dengan fasilitas kamar mandi dan toilet untuk pria dan wanita. Reservoir air dan *septic tank* harus dipertimbangkan untuk keadaan darurat, pondasi dan dindingnya tahan terhadap kekuatan gempa bumi dan daya angkat gelombang tsunami. Gudang harus disediakan untuk menyimpan berbagai peralatan P3K, alat kebersihan, genset, dan alat telekomunikasi.

Perencanaan TES untuk pemanfaatan multifungsi ini harus memperhatikan efisiensi penggunaan energi. Lampu-lampu penerangan jalan, lampu taman, lampu lapangan sepak bola, dan lampu-lampu di dalam kamar mandi serta toilet menggunakan energi tenaga matahari dengan panel-panel surya (*solar panel*). Demikian juga dengan penghematan air dapat dilakukan dengan konsep daur ulang. Air buangan dari kamar mandi dan toilet, dapat diolah dan digunakan kembali untuk menyiram tanaman dan rumput di sekitar TES. Biaya operasional kegiatan di dalam TES dapat lebih efisien. Apabila menggunakan konsep daur ulang, harus disediakan bak pengolahan air (*water treatment*) untuk mengolah air buangan kamar mandi menjadi air bersih untuk menyiram tanaman.

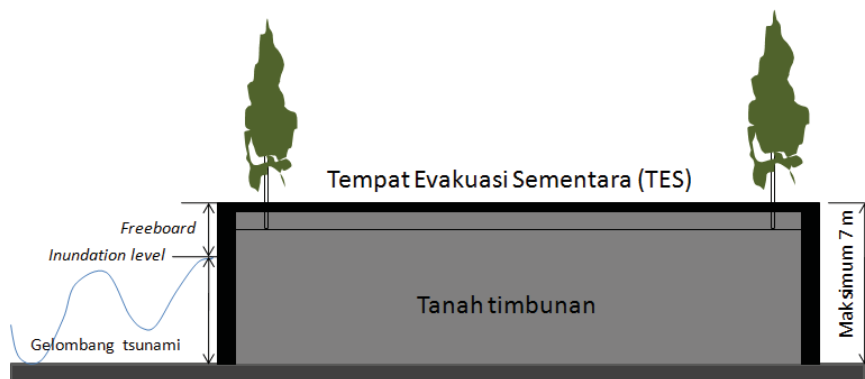
6.3.3. Aspek Tinggi Bukit Buatan dan Sirkulasi Vertikal

Tinggi bukit buatan sama dengan tinggi TES bangunan, yaitu tinggi genangan tsunami (*inundation*) ditambah *freeboard* (3 + 30% tinggi genangan) dengan tetap mempertimbangkan estimasi puncak gelombang tsunami (*runup*). Tinggi dinding penahan tanah seharusnya tidak melebihi 7 meter, apabila melebihi 7 meter akan menambah biaya pembangunan karena struktur dinding penahan tanah bertambah besar dan timbunan tanah bertambah banyak. Selain fakta biaya, bukit buatan yang terlalu tinggi tidak nyaman digunakan untuk kegiatan masyarakat sehari-hari, dan menutupi pandangan atau visual orang-orang yang berjalan di lingkungan permukiman kota. Apabila menurut perhitungan ketinggian TES di suatu kawasan melebihi 7 meter, bukit buatan sebagai TES tidak disarankan, TES seharusnya berupa bangunan pemanfaatan tunggal atau bangunan umum sebagai multifungsi.

Sirkulasi vertikal menuju tempat evakuasi di atas bukit sekurang-kurangnya dilengkapi 2 unit tangga dan 2 unit *ramp* untuk bukit buatan yang luasnya sekitar 9.000 m². Sirkulasi vertikal dengan tangga yang lebar minimum 1,2 meter dengan kemiringan tangga maksimal 40⁰ dan

dilengkapi dengan pegangan rambat (*handrail*) dengan ketinggian 65-80 cm dari anak tangga. Tangga harus dari struktur beton yang kuat dan permukaan injakan tangga harus bertekstur halus agar tidak licin apabila hujan.

Ramp dengan kemiringan 6° (berdasarkan KEPMEN PU 468 tahun 1998) dengan lebar minimal 1,2 – 1,4 meter untuk kemudahan evakuasi bagi pengguna kursi roda, orang tua, orang cacat, ibu hamil dan anak-anak balita (lihat persyaratan *ramp* pada sub-bab 4.5). *Ramp* juga berguna supaya mobil ambulans dan mobil makanan dapat menuju tempat evakuasi di atas bukit buatan. Letak tangga dan *ramp* di sisi bukit buatan harus menghindari arah datangnya gelombang, untuk menghindari naiknya gelombang tsunami mengikuti *ramp* atau tangga ke atas bukit.



Gambar 6.3 Tinggi bukit buatan

6.3.4. Aspek Bentuk Bukit Buatan

Bentuk bukit buatan harus berbentuk aerodinamis pada sisi bukit yang menghadap arah datangnya gelombang untuk mengantisipasi datangnya tsunami. Bentuk seperti itu akan membantu mempercepat mengalirkan tsunami ke sisi samping dari bukit, sehingga melindungi dinding penahan tanah dari kekuatan hempasan gelombang atau pecahnya gelombang tsunami. Bagian depan bukit yang berhadapan dengan gelombang tsunami, sebaiknya ditanami oleh vegetasi yang besar dan rapat untuk melindungi dinding penahan tanah. Beberapa alternatif bentuk bukit buatan (*artificial hill*) dengan memperhatikan arah datangnya gelombang tsunami dapat dilihat pada Gambar 6-4, untuk *site plan*, tampak selatan dan tampak barat dapat dilihat pada Gambar 6-5, sedangkan untuk bentuk-bentuk dimensinya dapat dilihat pada Gambar 6-6.



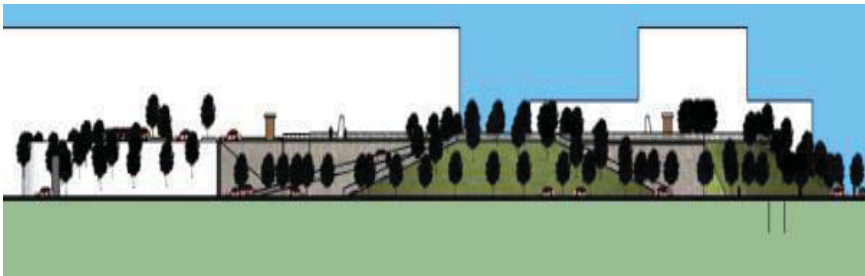
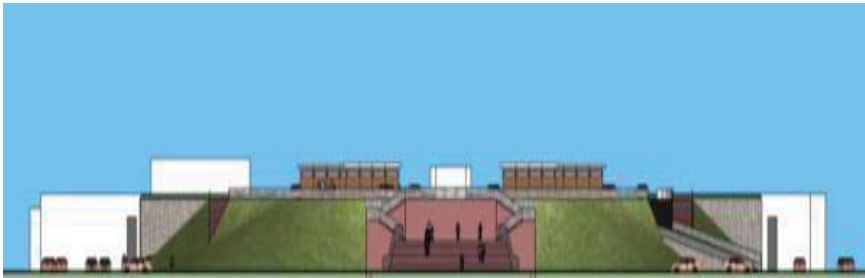
Keterangan gambar :

- Apabila arah datangnya gelombang tsunami dari sudut bukit buatan, bukit dapat berbentuk segi empat atau oval.
- Apabila bukit buatan menghadap langsung arah datangnya gelombang tsunami, bentuk depan bukit harus aerodinamis.
- Vegetasi yang rapat harus ditanam pada arah datangnya gelombang untuk mengurangi kekuatan gelombang tsunami

Gambar 6.4 Beberapa alternatif bentuk bukit buatan



Site Plan Bukit Buatan

**Gambar 6.5** Site Plan, Tampak Selatan dan Tampak Barat Bukit Buatan



Lapangan sepak bola menghadap Utara dan Selatan



Suasana Bukit Buatan memperlihatkan *ramp* dan tangga untuk pencapaian

Gambar 6.6Perspektif dari Bukit Buatan

6.3.5. Pertimbangan Struktur Bukit Buatan

Penyelidikan tanah harus dilakukan pada daerah yang akan ditimbun sebelum melakukan perencanaan bukit buatan untuk TES. Pengambilan contoh tanah hasil pemboran terdiri dari contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) dan contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*). Untuk contoh tanah pada perencanaan fondasi, kekuatan tanah harus didasarkan pada contoh tanah tak terganggu. Pengambilan contoh tanah tak terganggu akan dilakukan di setiap titik pemboran dalam pada setiap lapisan tanah yang sifat-sifatnya berbeda, yang dapat diamati secara visual.

Tanah untuk bukit timbunan harus tanah yang baik, bersih dari bahan-bahan organik seperti akar, batang pohon, daun, dsb. Tanah harus mempunyai batas cair (*liquid limit*, LL) tidak lebih dari 60 dan penanda plastis (*plastic index*, PI) tidak lebih dari 20. Lempung berwarna merah atau coklat meskipun mempunyai LL lebih besar dari 60 dan PI lebih besar dari 20 biasanya bagus untuk timbunan sehingga dapat dipakai. Lempung berwarna abu-abu atau kehitaman atau hitam tidak boleh dipakai untuk timbunan karena jenis ini sulit dipadatkan dan mempunyai sifat kembang-susut yang tinggi. Contoh tanah sebelum dipakai untuk timbunan harus diuji terlebih dahulu di laboratorium untuk mengetahui berat jenis, penanda sifat (*index properties*) untuk mendapatkan LL dan PI, dan sifat terhadap pemadatan. Jika lapisan tanah asli maupun timbunan berupa pasir, potensi peluluhan (*liquefaction*/likuifaksi) akibat gempa bumi yang mungkin terjadi harus dianalisa.

Bidang yang berhadapan atau menerima beban langsung dari gaya tsunami harus didisain vertikal untuk menghindari terjadinya *run-up*. Oleh karena itu bagian tersebut harus berupa dinding penahan tanah vertikal. Dinding tersebut harus mampu menahan gaya-gaya baik akibat beban gempa bumi maupun beban tsunami. Gaya-gaya yang bekerja berupa berat timbunan ditambah beban hidup dari pengungsi yang besarnya 300 kg/m² untuk bukit timbunan. Beban tsunami yang akan direncanakan harus memperhitungkan beban – beban berikut: gaya hidrodinamik, gaya hidrostatik, gaya apung (*buoyant*), gaya gelombang, gaya akibat pembendungan air dari puing – puing yang terbawa air (*damming of waterborne debris*), gaya tumbuk, gaya angkat (*uplift*), dan penambahan beban gravitasi karena adanya air yang tertahan pada lantai yang ditinggikan.

Untuk mencegah lereng tererosi oleh gelombang tsunami dan juga meredam penjaralan gelombang lereng harus dilindungi dengan pasangan batu kosong (*rip-rap*) dan/atau ditumbuhi pohon dengan cukup rapat (disarankan pohon bakau, mangrove, yang berakar kuat dan biasa tumbuh di pantai). *Rip-rap* harus terdiri dari susunan beberapa lapis ukuran batu dengan bagian luar berukuran cukup besar sehingga batu tidak akan hanyut oleh gelombang. Ukuran-ukuran batu harus ditentukan berdasarkan gelombang yang akan menerpa lereng. Lereng kupasan di atas lapangan pengungsian selain harus aman terhadap kelongsoran, juga harus aman dari runtutan tanah atau gelindingan batu yang lepas dari permukaan lereng (*surface raveling*). Jika diperlukan maka perlindungan lereng dengan beton semprot bertulangan (*reinforced shotcrete*) harus dipasang pada lereng tersebut. Biasanya batang anker

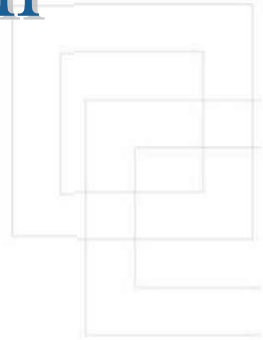
(*soil nail*) harus pula dipasang setiap jarak tertentu di seluruh permukaan beton semprot untuk memperkuat perlindungan lereng.

Detail dan pengamatan, Desain Kriteria dan pembangunan bukit buatan untuk TES dapat dilihat pada **Pedoman 4 (Perancangan Bukit Sebagai TES Tsunami)**.

BAB VII

RAMBU EVAKUASI

TSUNAMI



BAB 7

RAMBU EVAKUASI TSUNAMI

7.1 Rambu sebagai Penunjuk Arah Menuju TES Tsunami

Daerah-daerah yang rawan tsunami selain dilengkapi dengan fasilitas TES agar penduduk yang terpapar rendaman tsunami dapat diselamatkan dari bahaya tsunami, perlu dilengkapi dengan rambu-rambu untuk memudahkan penduduk mengetahui dan sadar akan adanya bahaya tsunami di lingkungannya. Sebaiknya penduduk diberi pengetahuan dan peringatan tentang bahaya tsunami melalui berbagai bentuk rambu (*sign*). Rambu juga bermanfaat sebagai penunjuk arah TES. Ada berbagai bentuk penanda sebagai berikut ini :

1. Peta Evakuasi Tsunami, peta yang memperlihatkan rute-rute arah evakuasi bagi masyarakat untuk menjauhi pantai dan menuju tempat evakuasi. Semua peta evakuasi harus mencantumkan judul, skala, lokasi geografis (koordinat), menggambarkan zona yang harus dievakuasi jika terjadi tsunami, dan jalur terpendek ke tempat yang aman. Peta evakuasi harus mencakup jalan-jalan, jembatan, panah arah pelarian, dan lokasi TES Tsunami. Bila mungkin, peta evakuasi ini juga dapat mengidentifikasi hal-hal yang berpotensi menjadi penghambat selama proses evakuasi berjalan saat terjadi tsunami seperti: bidang tanah yang tidak stabil, kegagalan struktur akibat gempa (jembatan, bangunan, dam, dll).
2. Rambu (*sign*), yang di sebar di sepanjang pantai dan sepanjang rute evakuasi menuju tempat evakuasi. Rambu dapat berupa berbagai simbol tergantung pada kebutuhannya. Seperti tanda panah untuk memberitahu arah evakuasi, tanda gelombang untuk memperingatkan akan bahaya tsunami, gambar bangunan untuk memberitahu tempat berkumpul, dll.
3. Sirene/alarm, yang dapat berbunyi kurang dari 10 menit setelah terjadi gempa di bawah laut. Sirene yang berbunyi sangat membantu warga untuk mengetahui bahwa bahaya tsunami akan datang, sehingga semua orang dapat secepatnya melakukan evakuasi. Sirene dengan alat pengeras suara diletakkan di beberapa tempat sepanjang pantai. Otorisasi dan mekanisme aktivasi sirene oleh pemerintah daerah melalui Pusdalop (Pusat Pengendali dan Operasi) sudah diatur dalam SOP yang sudah dikeluarkan oleh pemerintah.

Tempat evakuasi terhadap tsunami mutlak diperlukan bagi masyarakat karena waktu evakuasi yang sangat singkat. Keberadaan rambu-rambu evakuasi tsunami akan membantu penduduk melakukan evakuasi dengan cepat. Peta dan rambu-rambu seharusnya disebar di beberapa tempat di sepanjang pantai terutama di wilayah padat penduduk, di tempat objek wisata, di resor/hotel, dan pusat-pusat kegiatan masyarakat.

7.2 Identifikasi Masyarakat Pesisir, Tempat Direncanakan TES

Dalam pembangunan TES, sangat perlu untuk mengenal aktivitas masyarakat yang ada di lokasi tersebut. Masyarakat yang tinggal di pinggir pantai dapat dikelompokkan menjadi 3 :

1. Masyarakat lokal yang memang tinggal di sekitar pantai. Populasinya menyebar, ada kawasan yang sangat padat penduduknya jika letaknya di dekat pusat kegiatan di dekat pantai; ada juga yang berpopulasi rendah. Mereka memiliki kebiasaan/tradisi dan budaya lokal, cukup mengenal daerah tinggalnya dengan baik, memiliki kekerabatan yang tinggi dalam hubungan bermasyarakat, dan sudah ada tatanan kepemimpinan dalam masyarakat (RT, RW, desa, kecamatan).
2. Turis atau pendatang, adalah mereka yang berkunjung secara temporer ke lokasi yang menarik atau ke tempat yang menjadi objek wisata di dekat pantai. Mereka mungkin tidak mengenal tradisi atau budaya lokal dengan baik, tidak mengenal daerah setempat dengan baik, tidak mengenal sesama turis dengan baik.
3. Komunitas resor, adalah para pengelola resor-resor swasta atau hotel yang berada ditempat-tempat wisata di sepanjang pantai. Pekerja resor adalah campuran antara penduduk lokal dan pendatang. Mereka lebih berorientasi melayani turis untuk mendapatkan keuntungan. Mungkin tidak semua pekerja mengenal kebudayaan lokal dengan baik, tidak semua mengenal wilayah sekitar pantai dengan baik.

Perbedaan kelompok masyarakat dapat membantu kita lebih memahami masyarakat pesisir, dan mengupayakan bentuk sosialisasi yang tepat untuk tiap kelompok masyarakat. Sosialisasi tentang tsunami kepada masyarakat lokal dapat lebih intensif, sebaliknya agak sulit dilakukan sosialisasi untuk turis karena mereka hanya tinggal kurang dari satu minggu.

Penyediaan tempat evakuasi bila terjadi tsunami juga dapat berbeda karena masyarakat lokal lebih memahami daerahnya dan lebih mudah mengenal route evakuasi (jika pernah dilakukan simulasi dan sosialisasi), sebaliknya turis membutuhkan bantuan para pengelola resor atau hotel untuk mengetahui *route* evakuasi dan tempat evakuasi.

7.3 Pemasangan Rambu-Rambu Tsunami dan Informasi Tsunami

Ketika goyangan akibat gempa berhenti atau sirene tanda evakuasi berbunyi maka masyarakat setempat harus secepatnya lari menuju arah menjauhi pantai atau lari ke dataran tinggi. Sangat penting bagi penduduk atau pendatang untuk mengetahui dimana daerah rawan gelombang tsunami, jalur evakuasi dan daerah aman terhadap bahaya tsunami disepanjang pantai, sehinggapenyiapan dan pemberian informasi kepada masyarakat mengenai daerah rawan gelombang tsunami, jalur evakuasi dan rambu tsunami harus dilakukan.

7.3.1 Rambu Daerah Bahaya Tsunami

Rambu ini harus ditempatkan di dalam area bahaya tsunami berdasarkan peta rendaman tsunami. Rambu ini dibuat dalam 2 (dua) ukuran yaitu 56x46 cm dan 76x60 cm, ukuran tersebut disesuaikan dengan lokasi tempat pemasangan. Rambu ini harus terlihat jelas di tempat keramaian misalnya pantai, taman dan pemukiman.



Warna :

Latar belakang:

Oranye

Desain simbol : Putih

Sifat material cat: *Re-troreflective* (dapat memantulkan sinar)

Dimensi Rambu Tempat Evakuasi

A = 56 - 76 cm

B = 46 - 60 cm

C = 1 - 1.2 cm

D = 3.8 - 4.7 cm

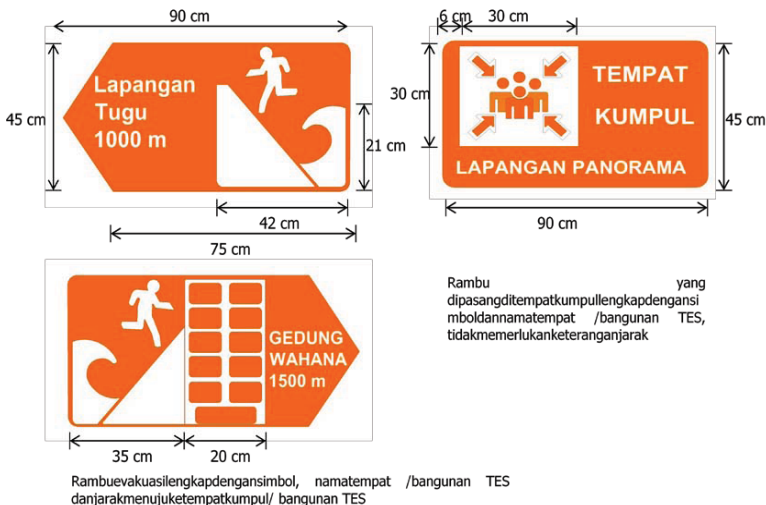
E = 43.8 - 58.4 cm

Gambar 7-1Rambu Zona Bahaya Tsunami

7.3.1.1 Rambu Evakuasi Tsunami

Rambu ini harus diletakkan sepanjang jalur evakuasi yang membawa penduduk keluar dari zona bahaya tsunami. Berdasarkan SNI 7743 - 2011 tentang Rambu Evakuasi Tsunami, rambu ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran dasar 90 cm x 45 cm, dengan salah satu sisinya membentuk anak panah, lihat Gambar 7-2. Anak panah penunjuk arah untuk memastikan masyarakat menuju ke arah tempat evakuasi yang benar, anak panah menunjukkan ke arah kanan atau kiri sesuai arah evakuasi. Untuk keamanan, masing-masing sudut dibuat tumpul. Apabila rambu tsunami dibuat dengan ukuran lebih besar dari ketentuan tersebut, maka pembesarannya harus proporsional.

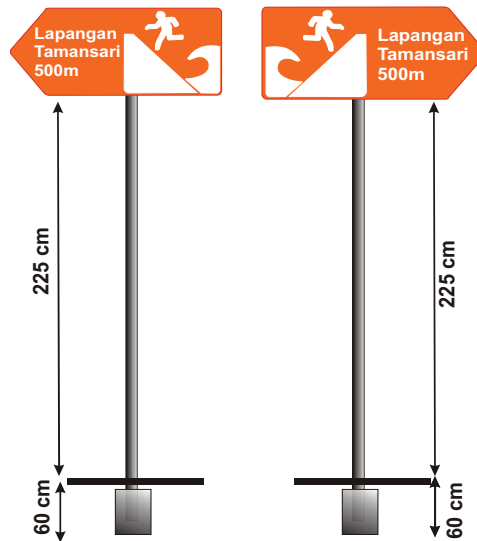
Rambu evakuasi mempunyai warna dasar oranye yang merupakan campuran dari 6 bagian warna kuning dan 1 bagian warna merah sedangkan untuk cetakan digital dapat digunakan nilai RGB (*Red* : 255, *Green* : 102, dan *Blue* : 0). Warna simbol putih tanpa garis tepi. Selain simbol, pada rambu ditulis keterangan nama lokasi atau gedung tempat evakuasi dan jarak untuk mencapainya. Tulisan berwarna putih dengan huruf *Arial Bold*. Rambu evakuasi terbuat dari bahan yang relatif kuat dan tahan cuaca serta terbuat dari logam aluminium dengan tebal minimum 2,0 mm dengan diberi lipatan atau lekukan pada sisinya sebagai penguat. Material pewarna disarankan bersifat memantulkan cahaya sehingga bisa teramat di pada saat gelap.



Gambar 7.2 Rambu Rute Evakuasi

7.3.2 Pemasangan Rambu Evakuasi

Berdasarkan SNI7743 – 2011 tentang Rambu Evakuasi Tsunami, rambu evakuasi dipasang pada tiang setinggi minimal 225 cm di atas permukaan tanah. Tiang rambu disarankan berupa pipa besi galvanis dengan diameter 40 mm atau 1,5 inci dengan ketebalan minimum 2,8 mm tanpa sambungan. Lubang pada bagian atas ditutup dengan pelat besi atau sejenis dan ditanam sedalam 60 cm dengan konstruksi beton cor, besi siku dan pasir dipadatkan, lihat Gambar 7-3. Tiang dapat juga ditempelkan pada dinding bangunan umum atau diikat pada tiang lain seperti tiang listrik atau tiang telepon.



Gambar 7.3 Tiang Rambu Evakuasi

7.3.3 Desain Papan Informasi Peta Jalur Evakuasi Tsunami

Upaya untuk mempublikasikan secara luas mengenai Peta Jalur Evakuasi Tsunami serta pengenalan lokasi di sekitarnya (*shelter* dll) kawasan rawan bencana tsunami salah satunya dengan pembuatan papan Peta Jalur Evakuasi. Dengan adanya papan informasi ini diharapkan masyarakat akan mendapatkan pengetahuan dalam mempersiapkan jalur evakuasi yang akan mereka lalui bila sewaktu – waktu bencana tersebut datang. Papan Peta Jalur Evakuasi ini lebih baik diletakkan di zona bencana tsunami atau ditempat umum dimana

Peta Jalur Evakuasi TBBM Kabung, Sumatera Barat

Legende

- Garis Pantol
- Batas Wilayah
- Jalan
- Rambu Tanda
- Simbol
- 4.4 (U) C. Rukun Warga
- 4.2 Rukun Warga
- 4.2 Rukun Warga
- 4.2 Rukun Warga

Berdasarkan TBBM

- Gambar Berhimpun
- Berdasarkan
- Berdasarkan
- Berdasarkan

Skala

0 225 450 900 Meter

Pertamina

BAB VIII

IMPLEMENTASI PEDOMAN PERENCANAAN TES TSUNAMI

BAB 8

IMPLEMENTASI PEDOMAN PERENCANAAN TES TSUNAMI

8.1 Implementasi TES Tsunami

Bab ini memperlihatkan contoh implementasi pedoman mulai dari identifikasi faktor-faktor kerentanan yang mempengaruhi, perhitungan penentuan perlu tidaknya dibangun TES Tsunami sampai menentukan lokasi, kapasitas dan ketinggian TES Tsunami. Sebelum membangun TES, perencana harus memiliki data-data awal yang berhubungan dengan lokasi TES sebagai berikut :

1. Data tentang penduduk yang ada di daerah yang akan dibangun TES. Data yang harus dimiliki adalah statistik penduduk, seperti jumlah penduduk, usia, jenis kelamin, dan pendidikan, serta penyebaran penduduk. Hal ini bermanfaat untuk menentukan kapasitas TES yang akan direncanakan dan gambaran kemampuan penduduk untuk melakukan evakuasi.
2. Peta topografi di daerah yang akan dibangun TES untuk mengetahui ada atau tidak bukit alami dengan ketinggian di atas level genangan tsunami.
3. Peta rendaman tsunami (*tsunami inundation*) di daerah yang perlu dibangun TES untuk mengetahui tinggi rendaman tsunami.
4. Peta waktu tempuh datangnya tsunami untuk mengetahui waktu tiba tsunami.
5. Perkiraan jumlah rumah yang terpapar rendaman tsunami untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk yang perlu dievakuasi.
6. Pengetahuan tentang daerah yang terpapar tsunami, seperti fungsi bangunan, tingkat kepadatan jalan, kegiatan ekonomi, untuk membantu memperkirakan jumlah penduduk yang terpapar tsunami dan jenis bangunan TES yang diperlukan.

Lokasi yang menjadi contoh implementasi penentuan perlu tidaknya TES Tsunami dalam pedoman ini adalah wilayah pesisir Kota Kecamatan Palabuhanratu. Kajian bahaya tsunami kota didasarkan pada studi terdahulu yang dilakukan oleh Dr. Hamzah Latief pada tahun 2011.

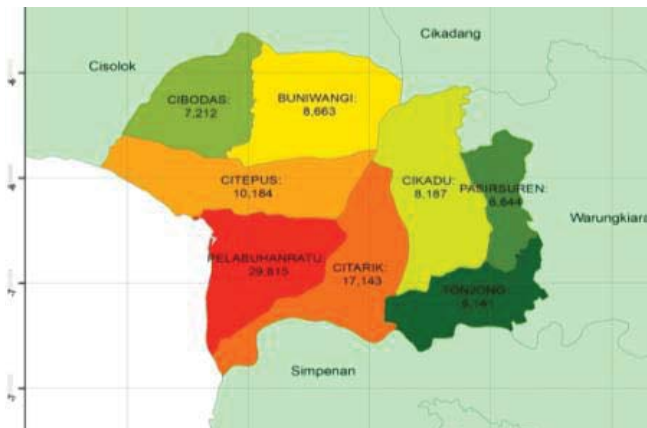
Pertimbangan utama pemilihan studi kasus pada Kota Kecamatan Palabuhanratu didasarkan pada data seismisitas yang menunjukkan bahwa telah terjadi gempa besar di patahan bagian selatan Pangandaran (2006) dan Banyuwangi (1994). Kawasan lepas pantai yang

berhadapan langsung dengan Kota Kecamatan Palabuhanratu merupakan daerah yang belum mengalami gempa besar di patahan sebelah selatan Pulau Jawa, dan kawasan ini merupakan *seismic gap*, dimana memiliki potensi gempa-gempa besar yang mampu membangkitkan tsunami.

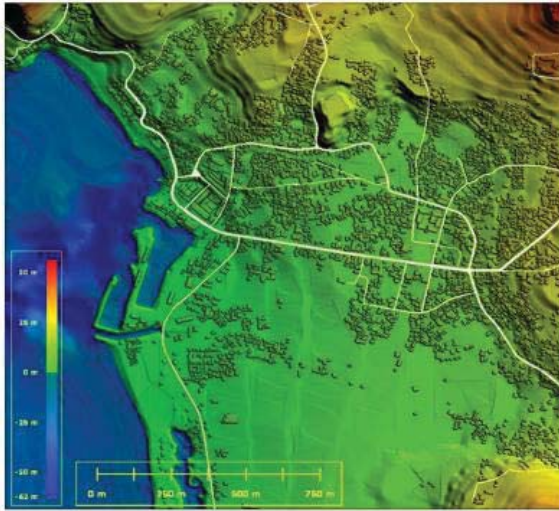
8.2 Gambaran Umum Lokasi

Kecamatan Palabuhanratu merupakan ibu kota Kabupaten Sukabumi yang berada di daerah Selatan Jawa Barat dan berada pada koordinat $6^{\circ}58'47,9''$ - $6^{\circ}59'49,2''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}32'17,8''$ - $106^{\circ}32'56,6''$ Bujur Timur. Palabuhanratu merupakan kawasan pariwisata di pesisir Samudra Hindia dan memiliki pelabuhan perikanan nusantara yang merupakan sentral aktifitas ekonomi di kota Kecamatan Palabuhanratu. Kawasan terbangun terpusat di Kelurahan Palabuhanratu, merupakan kawasan padat pemukiman, kantor-kantor, sekolah, dan kegiatan ekonomi. Kecamatan Palabuhanratu terdiri dari 8 kelurahan, yaitu : Palabuhanratu, Citepus, Cibodas, Buniwangi, Cikadu, Pasirsuren, Citarik, dan Tonjong. Jumlah penduduk di Kelurahan Palabuhanratu adalah 29.815 jiwa berdasarkan Podes tahun 2008, lihat Gambar 8-1.

Pantai Palabuhanratu dikenal memiliki ombak yang sangat kuat, karena itu berbahaya bagi perenang pantai. Topografinya berupa perpaduan antara pantai yang curam dan landai, serta tebing karang terjal. Bukit dengan ketinggian di atas 15 m, lihat gambar 8-2, berada mengelilingi daerah pesisir. Bukit ini merupakan potensi sebagai TES Tsunami.



Gambar 8.1 Sebaran Penduduk di Kecamatan Palabuhanratu berdasarkan Podes 2008

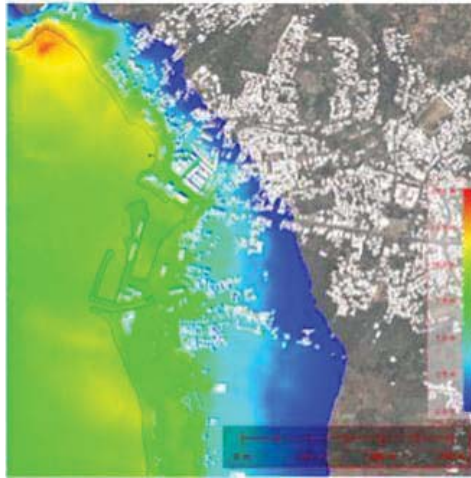


Gambar 8.2 Bathimetri dan topografi Palabuhanratu beserta distribusi bangunan dan jalan

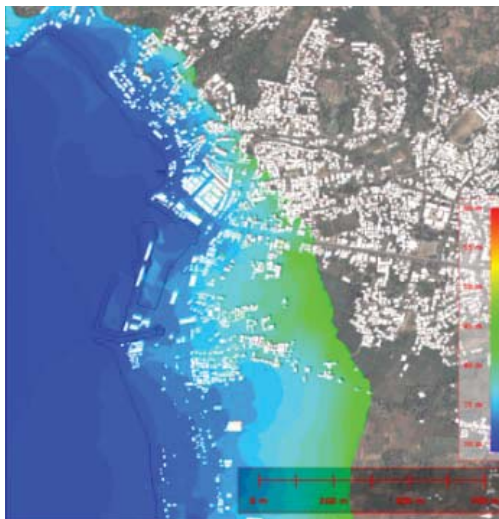
8.3 Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES)

Variabel yang mempengaruhi kriteria kerentanan adalah waktu tiba tsunami (*ETA-Estimated Time for Tsunami Arrival*), kerentanan fisik atau kepadatan bangunan, kerentanan lingkungan atau tutupan lahan, kerentanan sosial atau kepadatan penduduk, dan kerentanan ekonomi berupa nilai keekonomian infrastruktur (Latief et. al, 2006). Hasil kajian perkiraan potensi tsunami kota Palabuhanratu (Latief, H., 2011), yang disimulasikan berdasarkan skenario sumber tsunami dengan variasi momen magnitude (Mw) 8,5 Skala Richter (SR) yang merupakan kondisi ekstrem, yang akan digunakan sebagai rujukan (lihat Pedoman 1).

Menurut perhitungan dengan menggunakan *software* pemodelan tsunami dalam Pedoman 1 tersebut, tinggi rendaman tsunami di daerah pelabuhan dekat pantai sekitar 10 m, tetapi tinggi rendaman di sekitar perumahan penduduk sekitar 6 m, lihat gambar 8-3. Waktu tiba tsunami (ETA) adalah sekitar 31 menit di tepi pantai lihat Gambar 8-4. Perkiraan bangunan yang tergenang tsunami adalah 941 bangunan, lihat Tabel 8-1.



Gambar 8.3 Peta Rendaman Tsunami (*Inundation Map*)



Gambar 8.4 Peta Waktu Tempuh Tsunami

Tabel 8.1 Jumlah Bangunan yang berpotensi tergenang tsunami

Skenario	Magnitudo	Jumlah Bangunan yang tergenang Tsunami				Total Bangunan Terendam (unit)
		Elev >3m	3m> elev>1,5 m	1.5 m> elev>0,5 m	0.5 m> elev	
1	Mw=8.5	452	216	118	155	941
2	Mw=8.0	46	108	101	80	335
3	Mw=7.5	0	0	5	56	61

Berdasarkan rumus R.4 pada sub bab 2.2.2 tentang penentuan perlu tidaknya TES Tsunami untuk mengevakuasi penduduk yang terpapar tsunami.

$$ETE = \frac{P_{all} (orang)}{E_v \left(\frac{orang}{menit} \right)} = \frac{P_{all} (menit)}{53,67 W}$$

ETE = *Estimated Time for Evacuation*, waktu untuk melakukan evakuasi

P_{all} = jumlah seluruh populasi yang terpapar rendaman tsunami

E_v = kapasitas evakuasi

W = lebar jalan (m)

Berdasarkan perkiraan 941 bangunan yang tergenang tsunami, apabila diasumsikan bahwa 1 bangunan rumah ada 5 orang, maka diperkirakan jumlah penduduk yang tinggal di dalam rumah ada 4.705 orang. Pelabuhan perikanan dilengkapi dengan pasar dan fasilitas pendukung kegiatan perikanan. Luas bangunan pasar tersebut sekitar 6.000 m², juga ada dermaga kapal-kapal nelayan dan terminal bus, sehingga perkiraan jumlah penduduk pada bangunan fasilitas umum ada sekitar 6.000 orang. Orang yang datang ke pasar, terminal, atau dermaga diperkirakan banyak yang bukan penduduk sekitar pantai. Sehingga total perkiraan penduduk yang perlu dievakuasi ada 10.705 orang atau perkiraan tersebut sekitar 36% dari total penduduk Palabuhanratu yang menurut data Pondes 2008 ada 29.815 orang. Catatan : bila tidak diketahui jumlah bangunan yang tergenang tsunami, dapat juga digunakan asumsi atau perkiraan jumlah penduduk yang perlu dievakuasi.

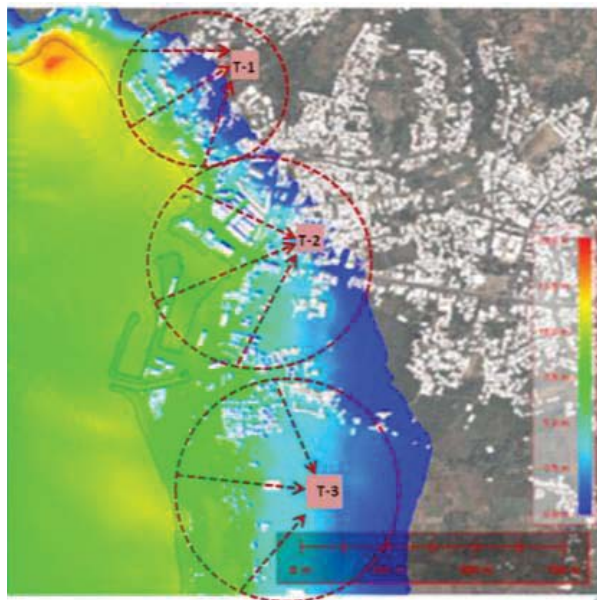
Perkiraan lebar jalan rata-rata adalah 5 m karena banyak parkir dan jualan di badan jalan , maka waktu yang diperlukan untuk mengevakuasi seluruh penduduk yang terpapar tsunami adalah:

$$ETE = \frac{10.705}{53,67 \times 5} = \frac{10.705}{268,35} = 40 \text{ menit}$$

waktu untuk mengevakuasi penduduk yang terpapar tsunami (ETE- *Estimated Time for Evacuation*) adalah 40 menit. Waktu tiba tsunami (ETA - *Estimated Time for Tsunami Arrival*) adalah 31 menit. Waktu untuk mengeluarkan peringatan tsunami (TEW- *Estimated Time for Tsunami Warning*) adalah sekitar 5-8 menit.

Disini tampak bahwa ETE> ETA-TEW atau 40 menit > 31-8 menit, atau 40 menit > 23 menit artinya di pusat kota Kecamatan Palabuhanratu (Kelurahan Palabuhanratu) memerlukan keberadaan fasilitas TES untuk menyelamatkan penduduk yang terpapar tsunami tersebut.

Berdasarkan peta topografi dan bathimetri, serta peta rendaman tsunami, maka dapat di-rencanakan fasilitas TES seperti gambar 8-5 berikut ini.



Gambar 8.5 Peta Lokasi TES Tsunami

Untuk penentuan lokasi TES, lihat tabel 3.2 tentang jarak maksimum TES, bila waktu tiba tsunami (ETA) kurang lebih 30 menit, maka jarak maksimal TES yang bisa dicapai penduduk terpapar adalah 1,6 Km, termasuk juga harus mempertimbangkan waktu yang diperlukan untuk menaiki tangga atau ramp menuju bagian atas fasilitas TES.

Dengan melihat jumlah populasi terpapar tsunami sebesar 10.705 orang dan posisi geografis kelurahan Pelabuhanratu dan sekitarnya, maka dapat direncanakan 3 lokasi TES yang terdiri dari :

- T-1 adalah TES berupa bukit alami, karena terdapat bukit alami dengan ketinggian di atas 15 m.
- T-2 adalah fasilitas TES yang harus dibangun karena pencapaian menuju bukit alami lebih dari 1 Km, lokasi di sekitar T-2 adalah dermaga dan dekat pasar serta industri perikanan, sehingga banyak orang yang perlu dievakuasi. Oleh karena itu T-2 disarankan bentuk TES pemanfaatan multifungsi. Jumlah penduduk yang bisa ditampung sekitar 1800 orang per bangunan TES dengan posisi berdiri atau 900 orang untuk posisi duduk. Perencanaan TES dapat dilihat pada bab 5 dan contoh desain bangunan TES T-2 ini dapat dilihat pada sub bab 8.6.
- T-3 adalah fasilitas TES yang harus dibangun karena pencapaian menuju bukit alami cukup jauh. Oleh karena kawasan ini tidak banyak penduduk yang terpapar tsunami, maka T-3 disarankan bentuk TES pemanfaatan tunggal. Jumlah penduduk yang bisa ditampung sekitar 792 orang per bangunan TES dengan posisi berdiri atau 396 orang untuk posisi duduk. Perencanaan TES dapat dilihat pada bab 4 dan contoh desain bangunan TES T-3 ini dapat dilihat pada sub bab 8.5.

Catatan : melihat jumlah penduduk terpapar yang dapat ditampung dengan pembangunan fasilitas TES pemanfaatan multifungsi dan pemanfaatan tunggal hanya sebesar 2.592 orang. Bila jumlah penduduk terpapar yang mampu lari ke bukit T-1 sebesar 8.113 orang (10.705 orang dikurangi 2.592 orang), maka desain T-1 sampai dengan T-3 dapat dianggap mencukupi. Bila penduduk terpapar yang mampu lari ke bukit T-1 kurang dari 8.113 orang, maka desain T-1 sampai dengan T-3 dianggap belum mencukupi, sehingga perlu ditambah fasilitas bangunan TES, baik berupa TES pemanfaatan tunggal atau multifungsi, maupun TES berupa bukit buatan. Perencanaan dan desain bukit buatan dapat dilihat pada bab 6.

8.4 Menentukan Tinggi TES

Tinggi TES berdasarkan rumus tinggi TES pada 3.3 adalah sebagai berikut :

$$T = T_i + (3 + 30\% T_i)$$

T = tinggi TES dari permukaan tanah (dalam meter)

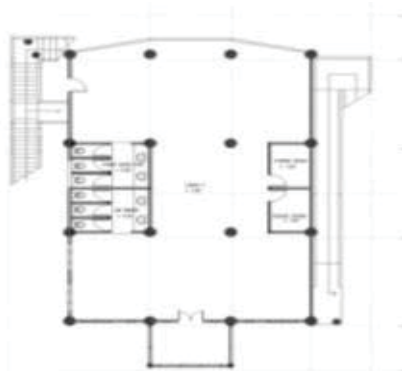
T_i = tinggi *inundation* gelombang tsunami (dalam meter)

Bila tinggi inundation sekitar 6 m (berdasarkan peta rendaman pada Gambar 8-4 di lokasi T-2 dan T-3), maka Tinggi TES = $6 + (3 + 30\% \cdot 6) = 6 + 5 = 11$ m

Tinggi tempat evakuasi sementara tsunami minimal adalah 11 m.

8.5 Bangunan TES Pemanfaatan Tunggal

Daerah pada posisi T-3 dapat direncanakan bangunan TES pemanfaatan tunggal. Bangunan ini memiliki ketinggian 11 m dari permukaan tanah. Bangunan ini dapat juga untuk tempat berkumpul warga, selain sebagai tempat evakuasi sementara. Luas ruang evakuasi di dalam TES adalah 216 m², dilengkapi toilet dan gudang, sehingga ruang evakuasi hanya 180 m² (sudah dikurangi luas toilet dan gudang). Penduduk yang bisa diwadahi pada bangunan TES adalah : di ruang evakuasi 180 – 360 orang (standar ruang 0,5 – 1 m²/orang) dan pada atap bangunan 216 - 432 orang. Dengan demikian, jumlah penduduk yang bisa diwadahi adalah 396 orang bila duduk dengan nyaman sampai 792 orang bila berdiri.



Gambar 8.6 Denah Bangunan TES pemanfaatan tunggal



Atap bangunan dapat untuk evakuasi

Ruang evakuasi

Ruang terbuka untuk berkumpul warga

Taman bermain anak



Gambar 8.7 Perspektif Bangunan TES Pemanfaatan Tunggal

Catatan : gambar ini hanya untuk contoh, dan bukan untuk dibangun langsung di lapangan, karena setiap desain TES harus memperhatikan kondisi lingkungan, masyarakat, dan kearifan lokal setempat.

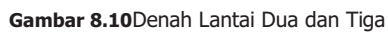
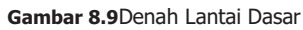
8.6 Bangunan TES Pemanfaatan Multifungsi

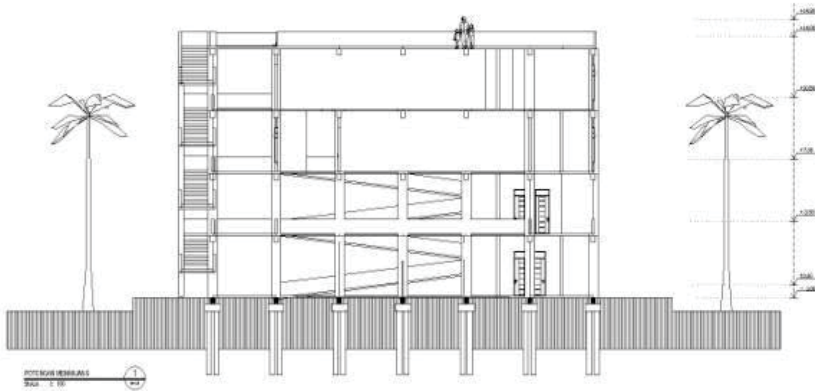
Bangunan TES pada lokasi T-2 adalah bangunan TES sebagai multifungsi yang dapat difungsikan sebagai Pusat Komunitas bagi masyarakat. Luas ruang evakuasi di dalam TES sekitar 450 m², yang berarti dapat menampung 450-900 orang di ruang evakuasi di lantai atas, ditambah 450-900 orang di lantai atap bangunan, sehingga total masyarakat yang dapat ditampung adalah 1.800 orang. Apabila jumlah masyarakat lebih banyak yang ingin ditampung, maka bangunan TES dapat direncanakan lebih luas lagi.

Bagian bawah bangunan merupakan lantai terbuka yang dapat digunakan untuk fasilitas berolahraga seperti badminton dan tenis meja. Lantai bawah juga dapat digunakan sebagai ruang pertemuan warga untuk berbagai kegiatan, bazar, maupun ruang bermain anak-anak. Lantai dua masih berhubungan dengan kegiatan warga, dapat untuk berkumpul dalam jumlah kelompok atau beberapa orang yang membutuhkan *privacy*. Ruang ini dapat digunakan untuk latihan atau workshop berkelompok. Lantai dua ini dapat juga diberi dinding pembatas, apabila ingin dijadikan kantor RW atau klinik. Lantai tiga digunakan sebagai perpustakaan atau ruang baca, yang didalamnya ada ruang seminar untuk pendidikan tentang bencana dan tsunami, serta pemutaran film. Lantai atap bangunan berupa dak beton yang dapat berfungsi untuk tempat evakuasi dan helipet untuk pendaratan helikopter. Bagaimana pun, kebutuhan ruang dan bangunan TES yang dipilih harus didiskusikan antara pemerintah dengan tokoh-tokoh masyarakat setempat, karena setiap daerah dapat berbeda kebutuhan ruang untuk komunitas masyarakat.



Gambar 8.8 Site Plan Bangunan TES





Potongan Memanjang Bangunan TES



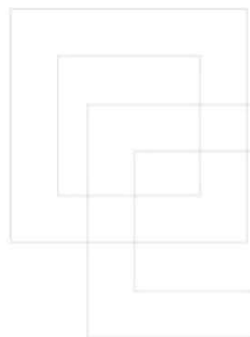
Tampak Depan Bangunan TES

Gambar 8.11 Potongan dan Tampak Depan Bangunan TES

Catatan : gambar ini hanya untuk contoh, dan bukan untuk dibangun langsung di lapangan, karena setiap desain TES harus memperhatikan kondisi lingkungan, masyarakat, dan kearifan lokal setempat.



Gambar 8.12 Perspektif Bangunan TES



DAFTAR SINGKATAN

B3	Bahan Beracun dan Berbahaya
BPBD	Badan Penanggulangan Bencana Daerah
BNPB	Badan Nasional Penanggulangan Bencana
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ICC/NSSA	International Code Council/National Storm Shelter Association
P3K	Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan
TES	Tempat Evakuasi Sementara

DAFTAR PUSTAKA

- Budiarjo, A. (2006), Evacuation Shelter Building Planning for Tsunami-Prone Area; A Case Study of Meulaboh City, Indonesia, International Institute for Geo Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- BNPB, (2012), Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami, Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- FEMA P 646/June 2008, Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No: 468/KPTS/1998, Persyaratan Teknis Aksesibilitas Pada Bangunan Umum Dan Lingkungan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Latief, H., N.T. Puspito, F. Imamura, (2000), Tsunami Catalog and Zoning in Indonesia, Journal of Natural Disaster, Japan.
- Latief, H. and F. Imamura, (1998), Numerical Simulation of the 1994 East Java tsunami, Indonesia. Proceedings. of 11th Congress of the IAHR-APD, Yogyakarta, Indonesia
- Latief, H and Aditya, (2003), Numerical Simulation of The 1883 Krakatau Volcanic Tsunami, Research Report, Tsunami Research Group, ITB
- Manual Pembangunan Gedung Sekolah untuk Digunakan Sekolah dan Masyarakat, Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
- MLB (2005), Tujuh Prinsip Perencanaan dan Perancangan Menghadapi Tsunami, Jakarta : Masyarakat Lingkungan Binaan
- Pedoman Teknis Rumah Sakit yang Aman Dalam Situasi Darurat dan Bencana, Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012
- Harkunti P. RAHAYU and Seigo NASU (2011), Logic Model of People's Mind toward Tsunami Early Warning, Proceeding IESL-SSMS Joint International Symposium on Social Management Systems 2011, Colombo Sri Lanka, September 14-16, 2011
- Ramdhana, Gunawan, I., Ryanto, M. (2007), Pedoman Pengembangan Bangunan Penyelamat, Jakarta : Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia
- Raskin, J., Wang, Y., Boyer, M., Fiez, T., Moncada, J., Yu, K., Yeh, H., (2011), An Evacuation Building Project For Cascadia Earthquakes and Tsunamis, Obras y Proyectos 9, 11-22
- SNI 03-1733-2004, Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 7743-2011, Rambu Evakuasi Tsunami, Badan Standardisasi Nasional.

