

The background features a vertical gradient from light green at the top to light blue at the bottom. A complex pattern of thin white lines is overlaid, consisting of many vertical lines that curve and fan out towards the right, and several horizontal, wavy lines that resemble a tsunami wave crest. The main title is centered horizontally across the middle of the image.

MENGHADAPI TSUNAMI

TUJUH PRINSIP
PERENCANAAN DAN
PERANCANGAN

MENGHADAPI TSUNAMI

Tujuh Prinsip Perencanaan dan Perancangan

Diterbitkan oleh

Masyarakat Lingkungan Binaan

untuk

Komisi Darurat Kemanusiaan

untuk Nanggroe Aceh Darussalam dan Sumatera Utara

Januari 2005

JUDUL ASLI	Designing for Tsunamis: Seven Principles for Planning and Designing for Tsunami Hazards Maret 2001
PENERBIT ASLI	National Tsunami Hazard Mitigation Program (NOAA, USGS, FEMA, NSF, dan Negara Bagian Alaska, California, Hawaii, Oregon, Washington)
JUDUL INDONESIA	Menghadapi Tsunami: Tujuh Prinsip Perencanaan dan Perancangan Januari 2005
DITERBITKAN OLEH	Masyarakat Lingkungan Binaan untuk Komisi Darurat Kemanusiaan untuk Nanggroe Aceh Darussalam dan Sumatera Utara
DITERJEMAHKAN OLEH	Jusnidar Rahman, Paul Augusta, Damar Juniarto, Gedsiri, Helly Minarti, Alex Supartono, Leili Huzaibah, Michael Rinaldo, Setianingsih Purnomo, Andrew Linggar, Andreas Purwanto, Setiaji, Cecil Mariani, Cherie Anisa Nuraini, Nukila Amal, Lisabona Rahman
EDITOR TERJEMAHAN	Lisabona Rahman
PENYELARAS AKHIR	Prathiwi Widyatmi, Isti Rahmadea Ishak, Cherie Anisa Nuraini
TATA LETAK	Tri Laksmana Astraatmadja
DESAIN SAMPUL	Cecil Mariani
	Dicetak dengan bantuan PT Kompas Media Nusantara

BUKU INI TIDAK DIPERJUALBELIKAN. DAPAT DIPERBANYAK UNTUK DIEDARKAN CUMA-CUMA, DENGAN IZIN PENERBIT

Designing for Tsunamis: Seven Principles for Planning and Designing for Tsunami Hazards

Maret 2001

Sebuah proyek penanggulangan bencana multinegara-bagian dari **National Tsunami Hazard Mitigation Program (NTHMP)**

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

U.S. Geological Survey (USGS)

Federal Emergency Management Agency (FEMA)

National Science Foundation (NSF)

State of Alaska

State of California

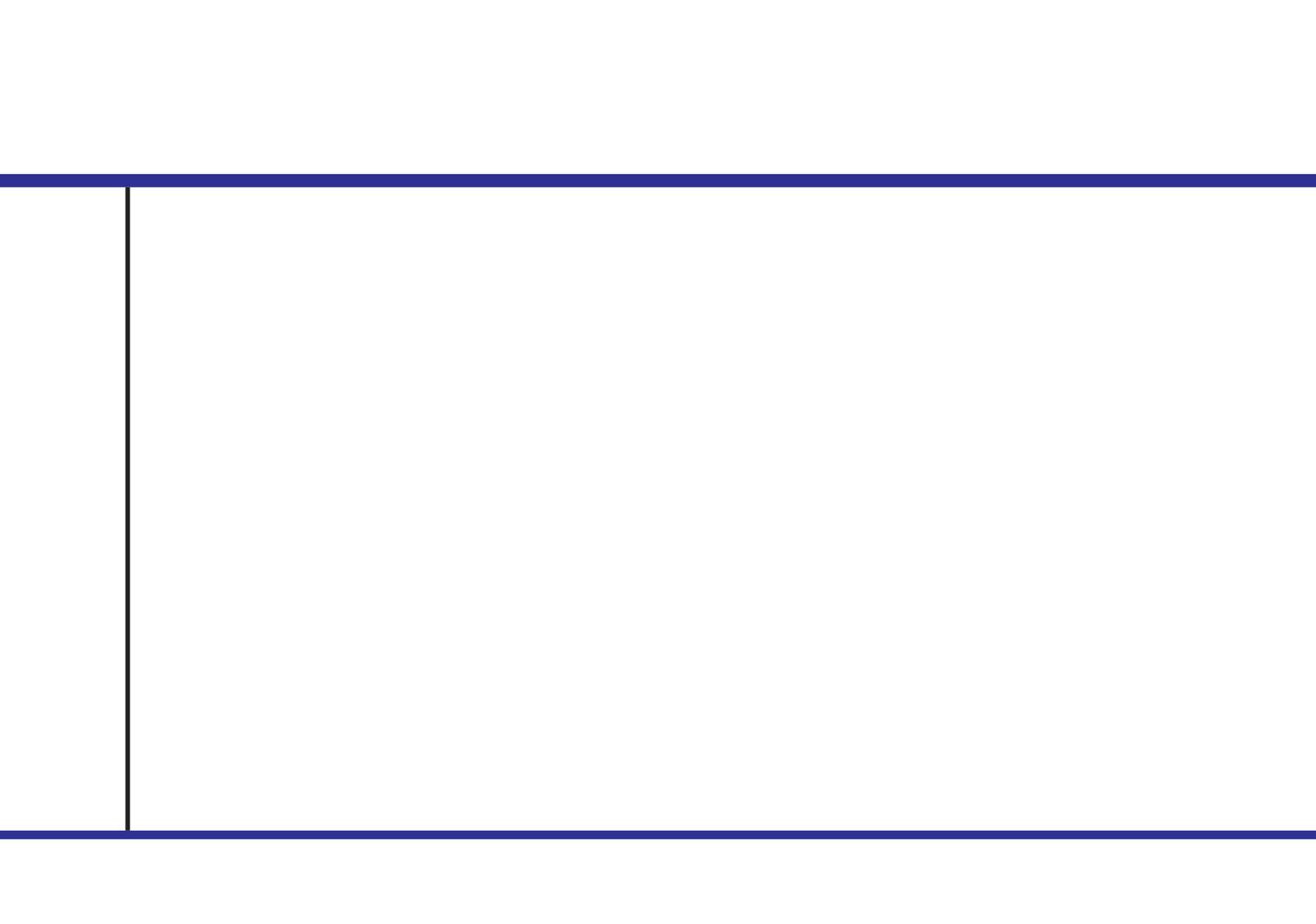
State of Hawaii

State of Oregon

State of Washington

Proyek ini didanai oleh *the U.S. Department of Commerce and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.

Opini dan rekomendasi yang terdapat dalam laporan ini tidak selalu mewakili pendapat badan-badan dalam *the National Tsunami Hazard Mitigation Program Steering Committee*.



Daftar Isi

Pendahuluan

Ancaman Tsunami bagi Komunitas Pesisir	1
Tujuan dan Susunan Buku Panduan Ini	2
Konteks Hukum	5

P•1 Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

Sifat Alamiah Tsunami	9
Daya Rusak Tsunami	13
Menghadapi Tsunami	15
Pahami Risiko bagi Komunitas Anda	15
Proses Mendapatkan Informasi Bahaya Tsunami Lokal	16
Beberapa Strategi Penggunaan Informasi Tanda Bahaya untuk Mengurangi Kerugian pada Masa Mendatang	20
Studi Kasus: Skenario Perencanaan untuk <i>County</i> Humboldt dan Del Norte	24

P.2 Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

Peran Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Mengurangi Risiko Tsunami	27
Proses Penerapan Strategi Perencanaan Tata Guna Lahan	28
Strategi Spesifik Perencanaan Tata Guna Lahan untuk Mengurangi Risiko Tsunami	33

P.3 Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

Peran Perencanaan Tapak dalam Mengurangi Risiko Tsunami	39
Proses Penerapan Strategi Perencanaan Tapak	40
Strategi Spesifik Perencanaan Tapak untuk Mengurangi Risiko Tsunami	43
Strategi Penanggulangan berdasarkan Tipe Pembangunan	45
Studi Kasus: Rencana Pembangunan Pusat Kota Hilo	50

Daftar Isi

P.4 Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

Peran Rancangan Konstruksi dalam Mengurangi Risiko Tsunami	51
Proses Penerapan Strategi Rancangan Konstruksi	53
Strategi Spesifik Rancangan dan Konstruksi untuk Mengurangi Risiko Tsunami	58

P.5 Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

Peran Pembaruan dalam Mengurangi Risiko Tsunami	63
Proses Mengurangi Kerawanan Melalui Upaya Pembaruan	64
Strategi Spesifik Pembaruan untuk Mengurangi Risiko Tsunami	66

Daftar Isi

P.6 Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

Peran Lokasi dan Rancangan Sarana-prasarana Penting yang Spesifik dalam Mengurangi Risiko Tsunami	72
Proses untuk Menerapkan Strategi Penempatan dan Rancangan Sarana-prasarana Penting	72
Strategi Spesifik Lokasi dan Rancangan Sarana-prasarana Penting untuk Mengurangi Risiko Tsunami	78

P.7 Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

Peran Evakuasi Vertikal dalam Mengurangi Kerugian Tsunami	83
Proses Pelaksanaan Suatu Strategi Evakuasi Vertikal	84
Strategi Spesifik Rencana Evakuasi Vertikal untuk Mengurangi Dampak Tsunami bagi Warga	86
Studi Kasus: Program-program Peringatan Bahaya Tsunami	91

Daftar Isi

DAFTAR ISTILAH

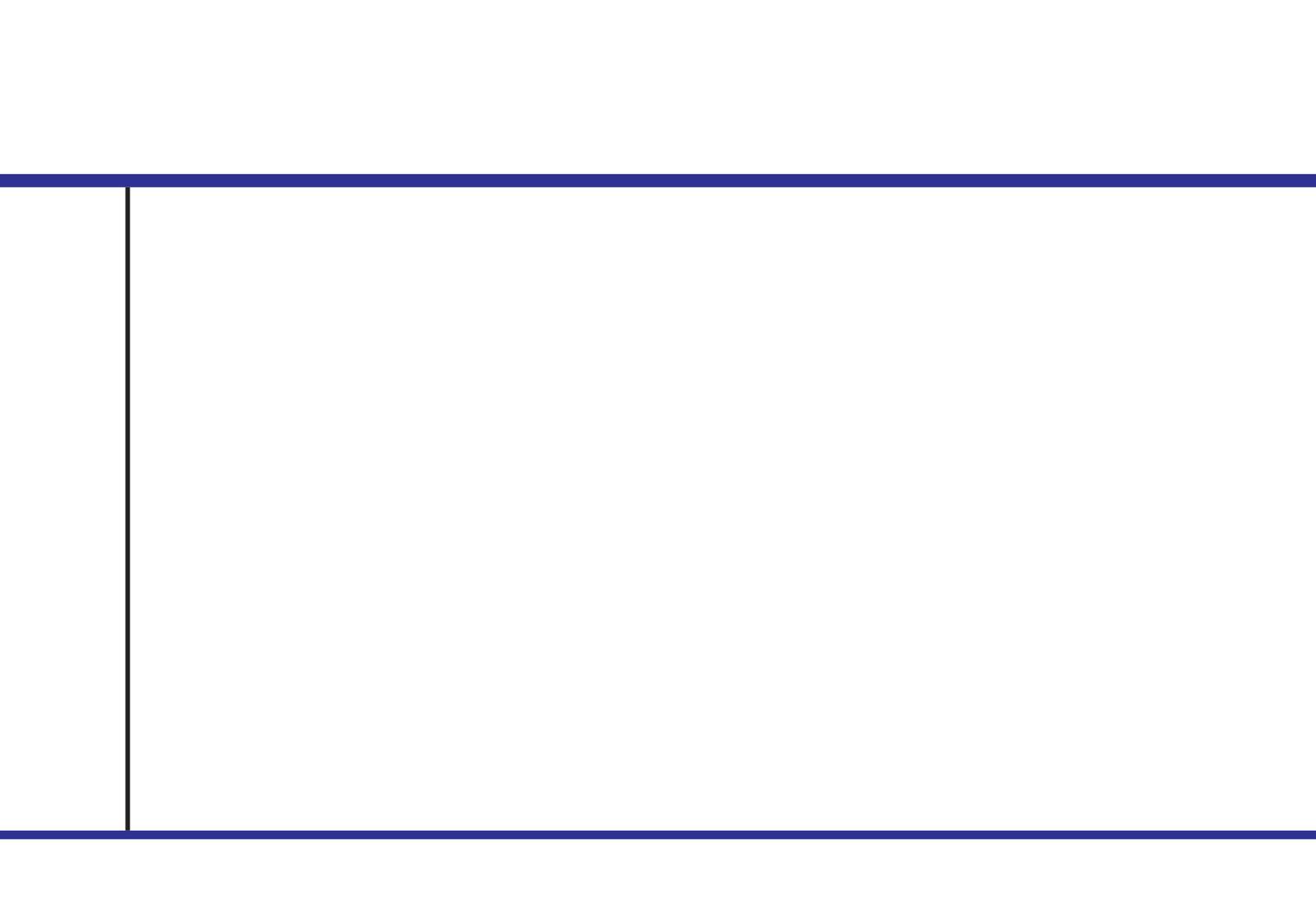
Daftar Istilah 95

SUMBER ACUAN

Sumber Pustaka untuk Pejabat Pemerintah Lokal dan Publik 99

BIBLIOGRAFI

Bibliografi 103



Kata Pengantar

Buku ini diterbitkan sebagai sumbangsih kecil untuk membantu pembangunan lingkungan yang tanggap terhadap tsunami. Karenanya, panduan ini diperuntukkan bagi siapa saja yang berkepentingan dengan proses tersebut: masyarakat, badan pemerintah daerah dan nasional, LSM, para profesional di bidang terkait, dan semua pihak yang dapat membantu menyebarkannya seluas mungkin.

Kami ucapkan terima kasih pertama-tama kepada para relawan penerjemah, penyunting, dan penyelaras yang selain menyumbangkan keahliannya juga telah melepaskan hak cipta atas buku ini. Juga disampaikan terimakasih yang besar kepada penerbit panduan asli versi bahasa Inggris yang telah mengizinkan penerjemahan, penerbitan, dan penyiaran buku ini secara cuma-cuma.

PT Kompas Media Nusantara telah dengan dermawan menyumbangkan pencetakan buku ini, demikian juga tim Penerbit Buku Kompas dengan sabar membantu seluruh persiapan percetakan. Atas semua itu, kepada segenap pemimpin dan tim kerja PT Kompas Media Nusantara dan Penerbit Buku Kompas, kami menyampaikan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya.

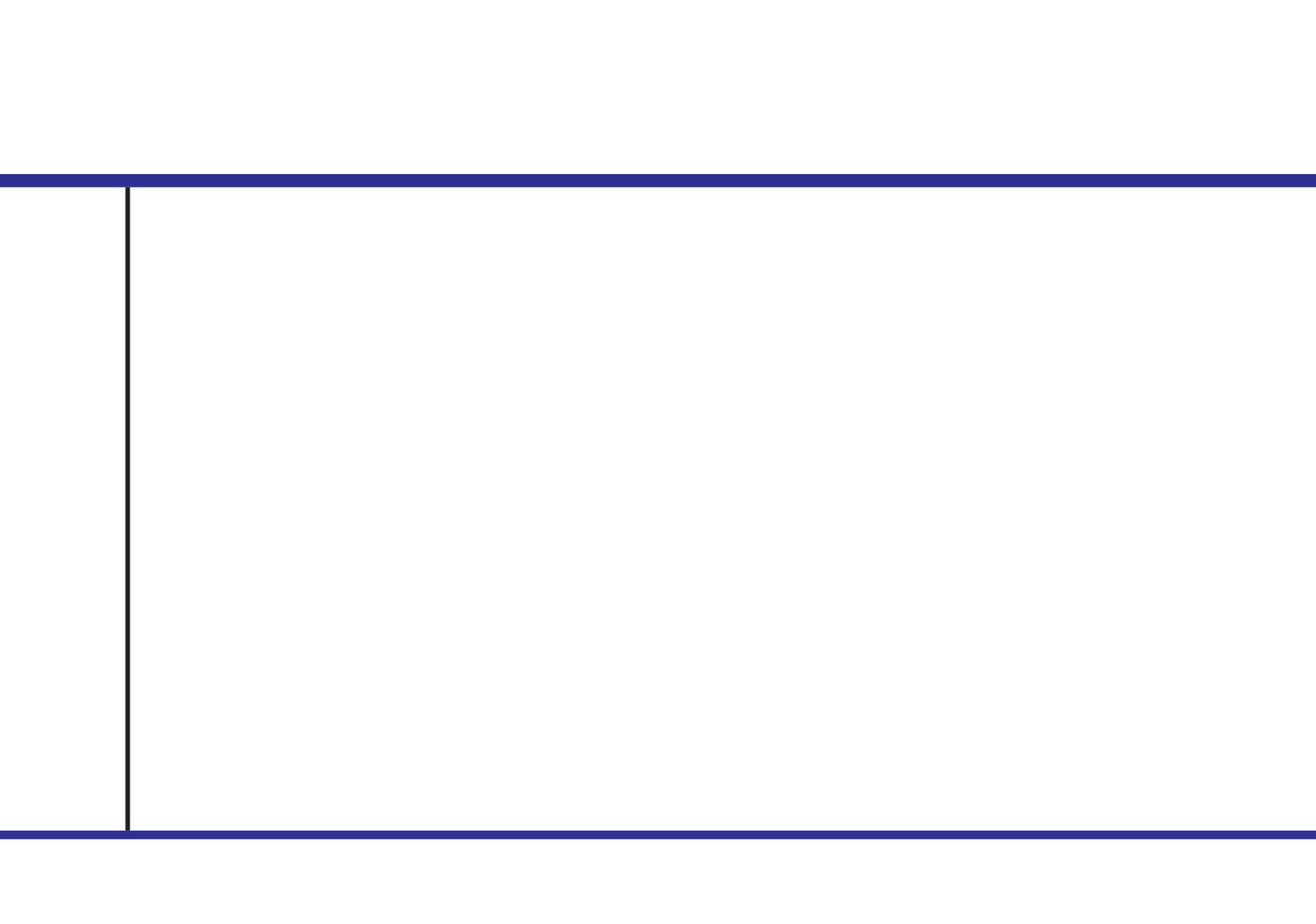
Jakarta, 25 Januari 2005

Marco Kusumawijaya

Masyarakat Lingkungan Binaan

Jl. Lingkar Luar Barat, Perumahan Taman Kencana Blok D2/29. Jakarta Barat

Telepon: 021 55951515



Pendahuluan



Tangki penyimpanan bensin yang terbakar di sepanjang garis pantai Seward, Alaska, setelah tsunami dan gempa bumi tahun 1964. Sumber: Anchorage Museum of History and Art

“Seward...diserang gelombang tsunami utama... gelombang menyapu sepanjang pantai, menyebarkan minyak terbakar... menyebabkan kebakaran yang menelan pusat kota...sentakan tenaga menghancurkan rumah, dermaga, pabrik pengalengan makanan, dan perahu-perahu kecil pelabuhan...hampir seluruh pusat kota...hancur oleh api”.

Kesaksian tentang dampak gempa bumi yang diikuti tsunami di Seward, Alaska, tahun 1964 dalam terbitan *Planning for Risk: Comprehensive Planning in Tsunami Hazard Areas*.

Ancaman Tsunami bagi Komunitas Pesisir

Gelombang Tsunami akibat gempa bumi, letusan gunung berapi, atau pergeseran lempeng bumi di bawah permukaan air dapat mencapai ketinggian 15 meter atau lebih dan menghancurkan komunitas pantai. Dalam catatan sejarah, tsunami di seluruh dunia telah membunuh ratusan ribu orang. Sejak tahun 1946 enam tsunami telah membunuh hampir 500 orang dan merusak ratusan juta dolar properti di Alaska, Hawaii, dan sepanjang Pantai Barat Amerika Serikat.

Meskipun sangat jarang terjadi, dampak tsunami sangatlah merusak. Pada saat Hilo, Hawaii mengalami dampak cukup parah dari tujuh badai tsunami pada abad lalu dan Crescent City di California

900 ribu orang di Alaska, California, Hawaii, Oregon, dan Washington tinggal di daerah bahaya terpaan tsunami dengan ketinggian gelombang 15 meter.

Pendahuluan

mengalami kerusakan dari dua amukan tsunami dalam rentang waktu empat tahun (1960 dan 1964), komunitas-komunitas berisiko di wilayah Pasifik tidak memiliki pengalaman tentang dampak tsunami. Ini barangkali karena kesadaran mereka tentang sistem pengamanan bahaya kurang memadai.

Total 489 kota di negara bagian wilayah Pasifik: Alaska, California, Hawaii, Oregon dan Washington berisiko terserang tsunami; 900 ribu penduduk dari kota-kota tersebut dapat diterpa tsunami dengan ketinggian 15 meter .

Selain persiapan evakuasi dan keadaan darurat, komunitas pesisir dapat mengurangi risiko terpaan tsunami dengan mengubah prosedur perizinan perencanaan tata guna lahan dan pembangunan. Walaupun rencana menghadapi tsunami bukan prioritas utama bagi kebanyakan komunitas pesisir, usaha yang relatif sederhana untuk merencanakan tindakan menghadapi bencana dapat meningkatkan keamanan komunitas secara nyata.

Tujuan dan Susunan Buku Panduan Ini

Tujuan petunjuk ini adalah membantu komunitas pesisir di lima negara bagian wilayah Pasifik (Alaska, California, Hawaii, Oregon, dan Washington) untuk memahami bahaya tsunami, pengalaman dan



Kerusakan akibat bencana tsunami 1964 di Kodiak, Alaska. Sumber: NOAA

Pendahuluan

kerawanan bencana, serta mengurangi risiko melalui perencanaan tata guna lahan, perencanaan tapak dan perancangan bangunan. Keadaan darurat dan evakuasi telah banyak dibahas dalam publikasi lain sedangkan yang akan dibahas dalam buku panduan ini berkaitan dengan tata guna lahan, perencanaan tapak, perancangan bangunan dan hal-hal yang berkaitan dengan konstruksi (lihat referensi pada akhir buku panduan ini sehubungan dengan tindakan darurat dan rencana evakuasi untuk bencana tsunami).

Buku ini ditujukan bagi pejabat lokal yang dipilih atau ditunjuk dan petugas administrasi yang terlibat dalam perencanaan, pemintakatan (penetapan letak fungsi-fungsi yang dibutuhkan pada lahan) dan peraturan bangunan, pembangunan kembali komunitas, dan tata guna lahan dan fungsi-fungsi pembangunan terkait dalam komunitas pesisir. Buku panduan ini juga untuk membantu pemerintah di tingkat lain (kecamatan, kabupaten/kota, propinsi atau negara) yang memiliki tanggung jawab sama.

Buku panduan ini disusun menurut tujuh prinsip dasar:

Prinsip 1: Kenali risiko tsunami di daerah Anda: bahaya, kerentanan dan kerusakan.

Prinsip 2: Hindari pembangunan baru di daerah terpaan tsunami untuk mengurangi korban pada masa mendatang.

Pendahuluan

Prinsip 3: Atur pembangunan baru di daerah terpaan tsunami untuk memperkecil kerugian pada masa mendatang.

Prinsip 4: Rancang dan bangun bangunan baru untuk mengurangi kerusakan.

Prinsip 5: Lindungi pembangunan yang ada dari kerugian melalui pembangunan kembali, perencanaan dan proyek pemanfaatan kembali lahan.

Prinsip 6: Lakukan pencegahan khusus dalam menempatkan serta merancang infrastruktur dan fasilitas penting untuk mengurangi kerusakan.

Prinsip 7: Rencanakan evakuasi.

Pembahasan masing-masing prinsip mencakup latar belakang topik, rekomendasi urutan penerapan prinsip-prinsip tersebut dan strategi terapan yang spesifik. Beberapa studi kasus dalam buku panduan ini menggambarkan bagaimana komunitas-komunitas di negara bagian wilayah Pasifik menghadapi bahaya tsunami. Buku panduan ini juga berisi referensi dan kontak untuk mendapat informasi lanjutan tentang rencana penanggulangan bahaya tsunami. Informasi yang lebih terinci tentang tiap topik yang dibahas ada dalam kumpulan makalah yang dikumpulkan selama proses persiapan buku petunjuk ini.

Pendahuluan

Konteks Hukum

Semua pembangunan di wilayah pesisir harus diatur dengan aturan dan kebijakan di tingkat negara dan tingkat lokal. Memahami konteks hukum merupakan hal penting untuk keberhasilan penerapan penanggulangan bencana tsunami.

Peraturan Pembangunan Pemerintah Pusat dan Daerah

Setiap komunitas pesisir di lima negara bagian wilayah Pasifik memiliki rencana tata guna lahan dan proses hukum yang terkait dengan mandat atau pedoman dari negara bagian yang bervariasi:

- Kelima negara bagian wilayah Pasifik mensyaratkan rencana tata guna lahan setempat dan semua negara tersebut kecuali Alaska, memiliki pedoman perencanaan yang meliputi seluruh negara bagian. Alaska memiliki pedoman perencanaan untuk wilayah pesisir.
- Oregon dan Washington mensyaratkan rencana lokal yang sejalan dengan tujuan perencanaan negara bagian. California dan Hawaii memiliki pedoman perencanaan yang berlaku di wilayah tersebut sebagai suatu masukan. Alaska mensyaratkan pemeriksaan konsistensi perencanaan area pantai dengan standar negara bagian dan perencanaan wilayah lain dalam negara bagian tersebut.

Pendahuluan

- California, Oregon dan Washington mensyaratkan penanggulangan bahaya sebagai bagian dari proses perencanaan umum tata guna lahan. Alaska mensyaratkannya hanya untuk wilayah pesisir saja. Hawaii hanya menyarankan agar topik ini diperhatikan.
- California, Oregon dan Washington mensyaratkan kesesuaian dengan hukum/ undang-undang model pembangunan negara berdasarkan *Uniform Building Code* (UBC). Alaska hanya mewajibkan adopsi hukum bahaya kebakaran dan Hawaii tidak memiliki hukum pembangunan negara bagian. Semua county di Hawaii dan kota-kota besar di Alaska mengadopsi salah satu versi UBC.

Rencana komprehensif bagi sebuah komunitas adalah prioritas utama perencanaan pemanfaatan lahan/hirarki proses pengaturan. Sehari-harinya, rencana komprehensif diterapkan pada peninjauan proyek dan perizinan.

Pada umumnya, pemerintahan setempat mensyaratkan persetujuan formal untuk pembagian wilayah, pembentukan penggunaan wilayah baru (penggunaan bersyarat) dan tata ruang fisik dari pembangunan baru.

Pendahuluan

Peraturan Federal dan Program

Walaupun pemerintah federal (tingkat negara) mendukung perencanaan di tingkat negara bagian dan tingkat lokal melalui sejumlah program selama beberapa tahun, tidak ada persyaratan federal yang mencakupi seluruh negara bagian untuk perencanaan tata guna lahan lokal. Walaupun begitu, ada dua program federal yang cukup penting untuk perencanaan tata guna lahan di wilayah pesisir.

Tahun 1972 *Coastal Zone Management Act* (CZMA/Undang-undang Manajemen Zona Pesisir) membangun jaringan kemitraan sukarela di antara pemerintah federal, negara bagian wilayah pesisir dan pemerintah lokal untuk membangun program terpisah di tiap negara bagian untuk pengaturan sumber daya pesisir. Komponen negara bagian terdiri dari *Coastal Management Programs* (CMPs/Program Manajemen Pesisir) yang disetujui pemerintah federal di 32 negara bagian wilayah pesisir, termasuk lima negara bagian wilayah Pasifik. Tujuan dari CZMA adalah untuk memajukan pembangunan dengan teratur dan melindungi sumber daya pesisir di negara ini.

The National Flood Insurance Program (NFIP/Program Asuransi Banjir Nasional) yang dibentuk tahun 1968 adalah bagian dari pendekatan komprehensif untuk mengurangi kerusakan akibat banjir dan menghadapi ancaman banjir yang membahayakan. NFIP diatur oleh *Federal Insurance Administration* (FIA/Administrasi Asuransi Federal),

Pendahuluan

salah satu komponen dari *Federal Emergency Management Agency* (FEMA/ Agen Manajemen Keadaan Darurat Federal). NFIP menjadikan asuransi banjir yang didukung oleh pemerintahan negara ini tersedia di berbagai komunitas yang mengadopsi dan menetapkan hukum/ ordonansi wilayah banjir untuk mengurangi kerugian banjir pada masa mendatang. NFIP mensyaratkan proyek-proyek yang dibangun ditempatkan di atas batas ketinggian banjir atau wilayah terpaannya selama 100 tahun terakhir.

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan



Tsunami adalah gelombang tinggi yang beruntun yang disebabkan oleh perpindahan sejumlah besar air laut secara tiba-tiba.

Memahami tsunami di daerah anda, ancaman, kerentanan dan menghadapi serangan yang dapat menimbulkan kerusakan adalah pertimbangan-pertimbangan yang mendasari strategi-strategi pembangunan dan pemanfaatan lahan untuk membantu menanggulangi risiko tsunami. Walau masih banyak yang belum diketahui tentang tsunami; telah tersedia cukup pengetahuan, informasi teknis, dan keahlian untuk menilai bahaya dan risiko tsunami pada semua komunitas pesisir.

Sifat Alamiah Tsunami

Tsunami adalah serangkaian gelombang tinggi yang disebabkan oleh perpindahan sejumlah besar air laut secara tiba-tiba. Tsunami disebabkan oleh gempa bawah laut, meletusnya gunung berapi di bawah laut, tanah longsor atau perpindahan tanah di bawah air, jatuhnya meteor, maupun tanah pesisir yang longsor ke dalam laut.

Kebanyakan tsunami terjadi di “Lingkaran Api” Pasifik, yang merupakan tempat aktivitas terkait dengan gempa bumi yang paling sering terjadi. Tsunami biasanya diklasifikasikan menjadi tsunami lokal atau tsunami jauh. Tsunami lokal biasanya terjadi dalam waktu yang kurang untuk memberi peringatan, dan mungkin juga diiringi kerusakan akibat gempa pemicu seperti tanah bergerak, *surface faulting*, *liquefaction*, atau tanah longsor. Tsunami jauh bisa berjalan selama

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

berjam-jam sebelum melanda pesisir.

Di lautan terbuka, tinggi suatu tsunami bisa hanya beberapa puluh centimeter, tapi mampu bergerak sampai 800 km/jam. Ketika tsunami memasuki perairan dekat pesisir, kecepatannya berkurang, panjang ombak berkurang, dan tinggi bertambah drastis. Namun, ombak pertama biasanya bukan ombak terbesar, beberapa ombak yang lebih besar dan ganas seringkali mengikuti ombak pertama. Walau kecepatan ombak tsunami biasanya berkurang saat mendekati pesisir, gelombang tetap berjalan lebih cepat daripada kemampuan seorang pelari jarak jauh olimpiade – lebih dari 24 km/jam.

Konfigurasi pesisir, bentuk dasar laut, serta karakteristik dari gelombang yang mendekat, menentukan keganasan gelombang. Sebuah gelombang bisa jadi kecil di satu titik pada pesisir dan sangat besar di titik lain. Teluk, inlet, sungai, kali, perbukitan lepas pantai, pulau-pulau dan kanal-kanal pengendalian banjir dapat mempengaruhi, terkadang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar dari yang diperkirakan.



“Lingkaran Api” Pasifik merupakan tempat paling sering terjadi aktivitas yang berkaitan dengan gempa di muka bumi. Ombak Tsunami akibat gempa dapat bergerak menyeberangi Samudera Pasifik secepat 800 km/jam, mengenai daerah pesisir jauh dalam waktu berjam-jam. Angka menunjukkan perkiraan waktu perjalanan tsunami menyeberangi Pasifik dari Alaska dan Chile.

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

Telah diperkirakan, sebagai contoh, bahwa suatu tsunami yang memasuki California lewat kanal-kanal pengendalian banjir dapat memasuki daratan sejauh 1,6 kilometer atau lebih, terutama jika terjadi pada saat pasang. Perbukitan lepas pantai dapat memfokuskan energi tsunami dan pulau-pulau dapat menyaring energi tersebut. Bentuk pesisir menentukan apakah gelombang tersebut akan memukul pesisir secara langsung atau apakah gelombang akan terbagi oleh bagian pesisir yang lain.

Tidak seperti gempa bumi yang dapat merusak wilayah luas – biasanya ribuan hektar – tsunami merusak sepanjang pesisir linear (garis lurus) dan biasanya mencapai daratan hingga jarak yang tak terlalu jauh. Ketika mendarat di pesisir, gelombang akan terpantul kembali ke laut dan dapat kembali menyerang pesisir dalam bentuk gelombang beruntun.

Indikasi kasat mata pertama dari datangnya tsunami adalah surutnya air (*drawdown*) yang disebabkan oleh lembah gelombang yang mendahului bukit gelombang besar yang sedang menuju daratan. Drawdown yang cepat dapat menyebabkan arus kuat di ceruk-ceruk pelabuhan dan kanal yang dapat mengakibatkan kerusakan besar pada bangunan-bangunan di pesisir. Efek kerusakan arus tersebut diperkuat oleh adanya erosi di sekitar dermaga dan tiang-tiang dermaga. Seiring dengan menurunnya tingkat air, dermaga dapat juga dirusak oleh kapal-kapal yang menarik dan kadang memutuskan tali

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1

tambat. Kapal-kapal tersebut kadang terbalik atau karam karena arus kuat, tabrakan dengan benda lain, atau tabrakan dengan sisi bawah dermaga.

P.2

Sebaliknya, naiknya permukaan laut juga bisa menjadi salah satu pertanda awal datangnya tsunami. Tsunami yang datang bisa saja terlihat seperti arus kuat yang menaikkan permukaan laut seperti pada waktu pasang, tapi arus tsunami naik lebih cepat dan tidak berhenti di garis pesisir. Meskipun gelombang tak terlihat terlalu tinggi, misalnya 90 hingga 180 cm, kekuatan arus yang mengikuti gelombang tersebut bisa mematikan. Ombak setinggi pinggang dapat menimbulkan arus yang mengapungkan mobil, bangunan kecil, ataupun puing-puing. Kapal-kapal dan puing-puing seringkali terbawa ke daratan oleh arus dan dibiarkan terlantar ketika arus surut.

P.3

P.4

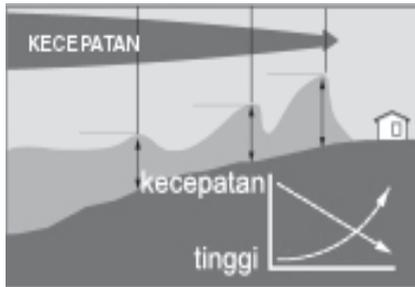
P.5

P.6

P.7

Arus balik yang mengikuti terpaan juga mengakibatkan arus kencang yang menghancurkan bangunan dan menghajarnya dengan puing-puing, serta menyebabkan erosi pada pantai dan bangunan pesisir. Tsunami yang mendekat memiliki beberapa bentuk seperti ombak yang tingginya meningkat dengan cepat, gelombang yang menukik, atau ombak yang berbentuk mata bor. Fenomena mata bor bersifat seperti tangga dalam perubahan level air yang meningkat dengan cepat (dari 16 km per jam hingga 96 km per jam). Ombak mata bor normal yang terjadi di Teluk Fundy, Kanada, atau di Sungai Kuning, China merupakan contoh-contohnya.

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan



kecepatannya berkurang dan tinggi bertambah drastis.

Kekuatan dan kehancuran yang disebabkan oleh tsunami tidak boleh diremehkan. Pada beberapa lokasi, gelombang terdepan yang mendekat adalah bagian yang paling menghancurkan. Dalam keadaan lain, kerusakan terbesar dapat disebabkan oleh arus balik yang kembali ke laut di antara terpaan ombak, menyapu semua yang menghalanginya serta merusak jalanan, gedung, kapal-kapal, serta bangunan lainnya. Arus balik ini dapat membawa serta puing-puing yang berukuran sangat besar dan mengakibatkan kerusakan lebih lanjut. Kapal besar dan kecil, jika tak dipindahkan dari pesisir, bisa terbanting ombak dan mengenai pelabuhan, dermaga, serta kapal-kapal lain dan dapat terdampar di darat setelah perginya air laut.

Daya Rusak Tsunami

Walau jarang terjadi, tsunami adalah salah satu kejadian paling mengesankan yang dapat dialami umat manusia. Dalam sejarah dunia, ratusan ribu orang telah meninggal akibat tsunami. Beberapa ahli percaya bahwa sebuah tsunami yang berasal dari letupan gunung berapi Thera telah menghancurkan kebudayaan Minoa di Mediterania pada tahun 1628 SM. Sejak 1946, enam tsunami telah memakan korban lebih dari 500 nyawa dan mengakibatkan kerugian material senilai ratusan juta dollar di Alaska, Hawaii dan sepanjang Pantai Barat Amerika. Daya rusak tsunami sangat terlihat pada gempa tahun 1960

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

di Chile dan gempa tahun 1964 di Alaska, dua dari gempa terbesar yang pernah diukur. Gempa di pesisir Chile tahun 1960 menghancurkan sebagian dari Chile dan menaikkan bongkahan tanah seukuran California dari bawah laut setinggi 9 meter. Gempa tersebut diiringi oleh rentetan tsunami yang mengakibatkan kerugian lebih lanjut di berbagai pulau-pulau di Pasifik termasuk Hilo, Hawaii dan Jepang.

Lebih dari 2000 nyawa melayang, termasuk 61 orang di Hawaii dan 122 di Jepang. Tsunami yang disebabkan oleh gempa ini terdaftar pada alat-alat pengukur pasang surut air laut di Pasifik selama berminggu-minggu setelah kejadian.

Tsunami akibat gempa tahun 1964 di Alaska juga menyebabkan kerusakan hingga tepian Pasifik. Di Alaska saja, gelombang serta efek dari gempa dan tanah longsor bawah laut menghancurkan beberapa pemukiman pesisir. Whittier kehilangan dermaga-dermaganya, fasilitas penambangan minyak, dan fasilitas rel kereta mereka dengan kenaikan gelombang setinggi 32 m. Kodiak menurun ketinggiannya karena gempa yang diikuti oleh tsunami yang menenggelamkan beberapa daerah kota dan merusak hampir semua fasilitas dermaga dan menyapu kapal-kapal serta puing-puing ke daratan. Valdez mengalami tanah longsor bawah laut yang memicu terjadinya gelombang setinggi 7 m, menghancurkan sebagian besar dari kota tersebut. Seward mengalami tsunami setinggi 9 - 12 m dan tanah

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

Negara Bagian	Jumlah Kota rentan terkena tsunami	Jumlah Penduduk terancam gelombang setinggi 15 m
Alaska	52	47,000
California	152	589,500
Hawaii	123	131,000
Oregon	60	31,500
Washington	102	96,000
Total	489	895,000

Sumber: Tsuinfo Alert, v. 2, No. 2, March-April, 2000. Terry Wallace, University of Arizona, Department of Geosciences.

longsor di bawah air, yang mengakibatkan kerusakan pada dermaga-dermaga dan kebakaran di fasilitas penyimpanan minyak bumi.

Menghadapi Tsunami

Daerah pesisir pantai selalu merupakan lokasi favorit pemukiman manusia. Mengingat daya tarik daerah pesisir dan selang waktu yang panjang antar terjadinya tsunami, komunitas pesisir terus berkembang seiring perkembangan perumahan, fasilitas maritim, dan pembangunan tempat peristirahatan. Akibatnya, makin banyak manusia dan fasilitas yang rusak tsunami. Menurut salah satu perkiraan terkini, 489 kota di negara bagian Alaska, California, Hawaii, Oregon, dan Washington rentan diterpa tsunami, dengan perkiraan bahwa sekitar 900.000 orang tinggal atau bekerja dalam wilayah yang dapat diterpa oleh tsunami setinggi 15 meter.

Pahami Risiko bagi Komunitas Anda

Memahami bahaya tsunami merupakan langkah pertama untuk mengurangi potensi kerugian. Panduan berikut berulang kali menekankan pentingnya mengumpulkan dan menerapkan informasi yang berkaitan dengan bahaya tsunami lokal.

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1

Risiko tsunami merupakan fungsi dari tiga faktor: 1) sifat alami dan tingkat bahaya tsunami; 2) tingkat kerentanan/ketahanan masyarakat dan fasilitas terhadap kerusakan; 3) jumlah hasil pembangunan/ jumlah penduduk yang akan menghadapi bahaya.

P.2

Tidak ada apapun yang dapat menggantikan peran dan pentingnya evaluasi lokal mengenai bahaya, tingkat kerentanan, dan pengalaman yang mungkin dihadapi oleh komunitas. Informasi yang diperoleh akan membantu masing-masing komunitas dalam memahami sebab dan akibat dari tsunami guna merencanakan program dan besaran pencegahan kerugian yang terinci.

P.3

P.4

Proses Mendapatkan Informasi Bahaya Tsunami Lokal

P.5

1. Siapkan Studi-Studi mengenai Terpaan Tsunami

P.6

Langkah pertama untuk memahami risiko komunitas Anda adalah dengan memperkirakan tingkat dan pola potensi komunitas Anda terhadap terpaan tsunami, frekuensi tsunami (interval kekerapan), dan tingkat ketepatan perkiraan. Di semua negara bagian di wilayah Pasifik, lembaga-lembaga pemerintah terus melaksanakan program pemetaan tsunami. Metodologi yang digunakan dan upaya mencakup wilayah geografis berbeda dari satu ke negara bagian lainnya. Secara umum, program pemetaan merupakan kombinasi dari rekaan

P.7



Kerusakan di Crescent City, negara bagian California, akibat tsunami tahun 1964. Sekitar 900,000 penduduk yang tinggal di lima negara bagian di wilayah Pasifik tinggal di zona terpaan tsunami setinggi 15 meter.

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

komputer, riset sejarah, dan konfirmasi lapangan. Pemetaan wilayah terpaan tsunami utamanya dirancang untuk menyokong perencanaan evakuasi, namun sekaligus merupakan awal yang baik untuk perencanaan penggunaan lahan.

Menimbang sering adanya penyederhanaan asumsi dalam beberapa studi di tingkat negara bagian, seyogianyalah para manajer yang bertanggung jawab terhadap tata guna lahan melakukan studi sendiri pada skala lebih mikro yang menilai potensi terpaan tsunami. Setiap tingkatan dalam perencanaan penggunaan lahan, perencanaan tempat, dan hierarki perencanaan gedung masing-masing akan menuntut tingkat ketelitian dan informasi yang berbeda mengenai potensi terpaan dan dampak kerusakan. Dalam banyak kasus, hanya informasi seputar tsunami lokal yang akan diperoleh karena tsunami jauh lebih sulit diperkirakan.

Studi mengenai tsunami harus mencakup:

- Kajian ulang rekaman sejarah berikut deskripsi sumber potensi tsunami lokal dan tsunami jauh
- Evaluasi potensi kegagalan di lapangan berikut dampak-dampak geologis lainnya
- Perkiraan jumlah, tinggi, waktu terjadinya, dan kedalaman terpaan gelombang

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

- Perhitungan kecepatan air dan beban puing-puing yang tersapu
- Perkiraan kemungkinan terjadinya tsunami dan tingkat kepastiannya

Biasanya, mempersiapkan studi-studi tersebut membutuhkan bantuan konsultan spesialis. Pemerintah lokal kadang bersedia membentuk dewan penasihat yang beranggotakan perwakilan dari lembaga pendidikan dan perguruan tinggi setempat, lembaga-lembaga pemerintah, lembaga konsultan, serta organisasi sipil maupun profesional.

2. Siapkan Studi-studi Skenario Kerugian Akibat Tsunami

Dengan berbekal pengetahuan mengenai tingkat dan pola terpaan, komunitas dapat memperkirakan potensi kerusakan akibat terpaan terhadap infrastruktur dan hasil pembangunan yang ada. Studi skenario yang didasarkan pada asumsi dan kondisi tertentu dapat memberikan ilustrasi yang mendekati kenyataan mengenai apa yang dapat menimpa suatu komunitas selama dan sesudah terjadinya tsunami. Ada baiknya studi-studi tersebut juga mengkaji bahaya lain seperti gempa bumi lokal yang juga dapat menyebabkan kerusakan serupa pada saat yang bersamaan. Tsunami lokal menyebabkan masalah yang unik bagi perencana keadaan darurat karena ada kemungkinan fasilitas dan infrastruktur yang dibutuhkan untuk



Gelombang yang ditimbulkan oleh tsunami tahun 1946 di wilayah Keaukaha di Hilo, Hawaii. Sumber: Pacific Tsunami Museum

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

evakuasi justru rusak akibat gempa bumi yang memicu tsunami.

Skenario tersebut biasanya juga memperhitungkan potensi kerugian dari struktur gedung-gedung penting, sistem transportasi, dan sistem sarana lain seperti listrik, air bersih dan komunikasi. Skenario kerugian akibat tsunami akan memberikan perkiraan untuk mengurangi potensi kerugian. Harus selalu diingat bahwa hasil studi tersebut adalah perkiraan terbaik yang dilakukan dalam keterbatasan pendanaan, waktu, dan pengetahuan. Mengingat keterbatasan yang terkait dengan studi kerugian, akan menjadi sangat penting bahwa semua yang terlibat untuk mencapai kata sepakat mengenai hasil studi. Kesepakatan yang bulat akan menjamin adanya penerimaan politis dan penerimaan komunitas – kunci utama untuk memulai perkiraan penanggulangan kerugian yang efektif. Meskipun demikian, ada kemungkinan sulit mencapai konsensus dalam studi-studi seperti ini, karena itu pemahaman atau kesimpulan perlu diidentifikasi dan didiskusikan.

Studi kasus pada Halaman 24 menjabarkan skenario gempa bumi dan tsunami di pesisir Utara California, termasuk perkiraan kemungkinan kerusakan dan perkiraan kerugian maupun kerusakan fasilitas, infrastruktur, dan pelayanan. *Federal Emergency Management Agency (FEMA)* telah mengembangkan sistem informasi geografis (GIS – *Geographic Information System*) yang didasarkan pada metodologi perkiraan kerugian akibat alam, yang disebut HAZUS, yang dapat

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1

diadaptasikan untuk menghadapi bahaya tsunami dalam skenario studi.

Penyebaran informasi tentang studi skenario kerugian selayaknya dibarengi dengan penjabaran oleh pemuka kelompok atau komunitas, media massa, pejabat yang ditunjuk maupun yang dipilih, serta pejabat lain yang penting perannya dalam mengadopsi dan menerapkan ukuran penanggulangan kerugian.

P.2

Beberapa Strategi Penggunaan Informasi Tanda Bahaya untuk Mengurangi Kerugian pada Masa Mendatang

Strategi 1: Sertakan Informasi Tanda Bahaya dalam Proses Perencanaan Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Salah satu cara terbaik untuk mencegah kerugian akibat bencana alam pada masa mendatang adalah memastikan bahwa persoalan ini diperhitungkan bersamaan dengan isu-isu lain dalam program komprehensif perencanaan jangka pendek dan jangka panjang serta evaluasi-evaluasi proyek. Beberapa wilayah hukum mengharuskan agar pertimbangan keselamatan publik dan bahaya-bahaya tertentu turut diperhitungkan. Informasi yang diperoleh lalu menjadi bagian

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

dari proses evaluasi dan pengambilan keputusan. Kelengkapan informasi mengenai tanda bahaya ini bergantung kepada besar atau kecilnya proyek tersebut, seperti misalnya perbaikan perencanaan manajemen pertumbuhan kota, evaluasi ulang usulan pembangunan, atau modifikasi hukum pengaturan zona kota.

Informasi ini harus digunakan untuk mengevaluasi proposal-proposal pembangunan skala besar agar penanggulangan risiko turut diperhitungkan dalam pengambilan keputusan, penyetujuan dan perizinan.

Terlebih lagi, dengan mengetahui adanya kebutuhan informasi mengenai bahaya, para pemilik dan pengembang perlu diwajibkan untuk mencantumkan data-data rinci mengenai bahaya dan tindakan penanggulangan sebagai bagian dari proposal mereka. Suatu komunitas harus memiliki prosedur administratif dan evaluasi untuk memastikan proses ini berjalan efektif.

Strategi 2: Gunakan Informasi Tanda Bahaya untuk Membangun Dukungan Publik dan Politik terhadap Metode-Metode Penanggulangan Bahaya

Informasi mengenai bahaya, perkiraan kerugian, dan skenario perencanaan adalah alat-alat yang sangat kuat untuk mencapai pemahaman dan komitmen terhadap aksi penanggulangan. Informasi

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan

P.1

harus digunakan untuk menyadarkan masyarakat akan risiko dan kelemahan mereka, membuat mereka mampu untuk mengambil tindakan-tindakan pencegahan, membangun konsensus politik mengenai aturan-aturan dan program pengurangan risiko yang bisa diterima, dan memperkuat persiapan darurat dan program-program peringatan.

P.2

Terlebih lagi, informasi mengenai bahaya, atau prosedur konsultasi informasi, harus diikutsertakan dalam program-program dan proses-proses lainnya yang mempengaruhi pembangunan, baik yang sedang berjalan maupun yang akan datang. Dapat dipastikan bahwa manajemen risiko menjadi bagian rutin dari proses pengambilan keputusan yang akan menghasilkan komunitas yang berkelanjutan dan lebih siap menghadapi bencana.

P.3

P.4

Strategi 3: Perkiraan Pengurangan Kerugian yang Akan Datang dengan Mengukur Efektifitas Tindakan Pencegahan Kerugian

P.5

Salah satu tantangan terbesar dalam mencegah kerugian akibat bencana alam, terutama untuk kejadian langka seperti tsunami, adalah menunjukkan bahwa tindakan-tindakan penanggulangan berjalan efektif. Pada tingkat komunitas, nilai suatu langkah penanggulangan dapat diperkirakan dengan menggunakan skenario-skenario dan peta untuk mengevaluasi aksi-aksi yang dilakukan untuk mengurangi

P.6

P.7

Prinsip 1: Kenali Risiko Tsunami di Daerah Anda: Bahaya, Kerentanan dan Kerusakan



Kerusakan akibat tsunami tahun 1960 di daerah Waiakea di Hilo, Hawaii. Meteran parkir menjadi bengkok karena kekuatan gelombang yang penuh berisi reruntuhan bangunan.
Sumber: US Navy

kerentanan suatu komunitas terhadap bahaya tsunami. Pertimbangan-pertimbangan yang akurat dapat dilakukan dengan cara menghitung kerugian yang mungkin terjadi bila langkah-langkah pencegahan tidak diambil.

Strategi 4: Evaluasi Ulang Tingkat Kelemahan dan Kerentanan Suatu Komunitas Terhadap Bencana secara Periodik

Bahaya tsunami tidak akan berubah dari waktu ke waktu, tetapi komunitas-komunitas selalu berubah. Proses dinamis ini akan mengubah tingkat kerentanan dan mudahnya suatu komunitas terkena bencana. Untuk memastikan bahwa tindakan-tindakan penanggulangan tsunami berjalan efektif dalam jangka panjang, studi-studi mengenai kerugian harus selalu dievaluasi dan direvisi dari waktu ke waktu - setidaknya setiap 5 tahun - untuk menimbang ulang perubahan pada pola-pola pembangunan dan demografi. Evaluasi dan revisi rutin akan memastikan bahwa informasi yang terbaru akan digunakan dan hal ini akan sangat mendukung efektifnya pencegahan kerugian.

Jelas bahwa kelemahan komunitas harus dievaluasi kembali setelah terjadinya suatu bencana atau malapetaka lainnya dengan mempertimbangkan juga kejadian-kejadian yang sebanding di tempat-tempat lain di Bumi.

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

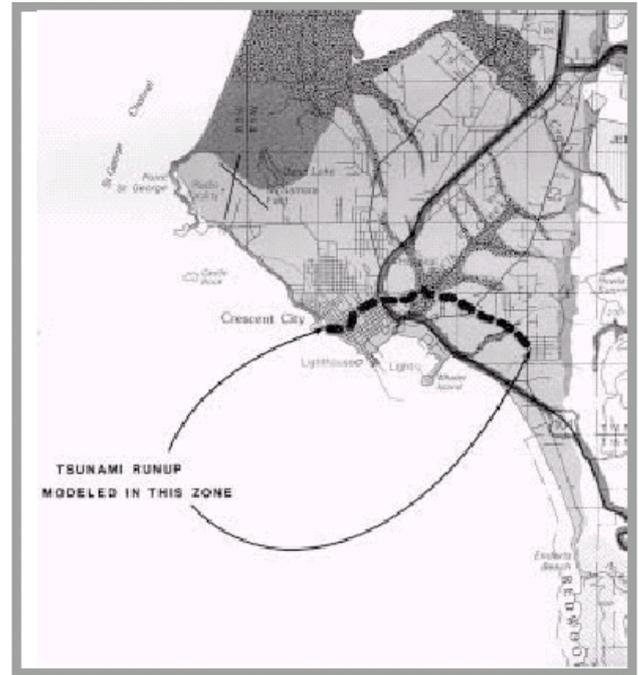
Prinsip 1: Studi Kasus

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Studi Kasus: Skenario Perencanaan untuk *County* Humboldt dan Del Norte

Pada tahun 1995, *California Division of Mines and Geology* menerbitkan *Special Publication 115*, dengan judul *Planning Scenario in Humboldt and Del Norte Counties, California for a Great Earthquake on the Cascadia Subduction Zone*. Laporan mengandung deskripsi, lengkap dengan peta-peta pembantu, mengenai dampak-dampak potensial tsunami pada kota Eureka (di daerah Humboldt County) dan Crescent City (di daerah Del Norte County). Laporan ini adalah contoh informasi bahaya dan risiko di tingkat lokal yang bisa digunakan untuk usaha-usaha penanggulangan.

Gempa dalam skenario ini diasumsikan akan menyebabkan tsunami lokal yang sampai di daratan beberapa menit setelah terjadi gempa. Peta-peta tersebut menggambarkan potensi kerusakan sarana dan prasarana serta menunjukkan lokasi-lokasi yang mungkin akan digenangi banjir karena tsunami akibat gempa bumi berpotensi besar (8.4 skala



Bagian dari Peta Skenario untuk Humboldt dan Del Norte Counties

Prinsip 1: Studi Kasus

Richter) yang terjadi di lepas pantai segmen Gorda dari *Cascadia Subduction Zone*.

Skenario perencanaan ini juga mengikutsertakan perhitungan kemungkinan kerusakan dan penilaian untuk berbagai sarana, prasarana, dan layanan termasuk: sekolah dan universitas, jalan tol, bandar udara, fasilitas kelautan, rel kereta dan sarana tenaga listrik, gas alam, produk-produk migas, persediaan air, dan pembuangan air limbah. Penilaian ini dimaksudkan untuk membantu komunitas-komunitas lokal dalam merencanakan usaha-usaha menanggapi keadaan darurat dan modernisasi sarana pra-bencana serta usaha-usaha penanggulangan risiko lainnya.

P.1

P.2

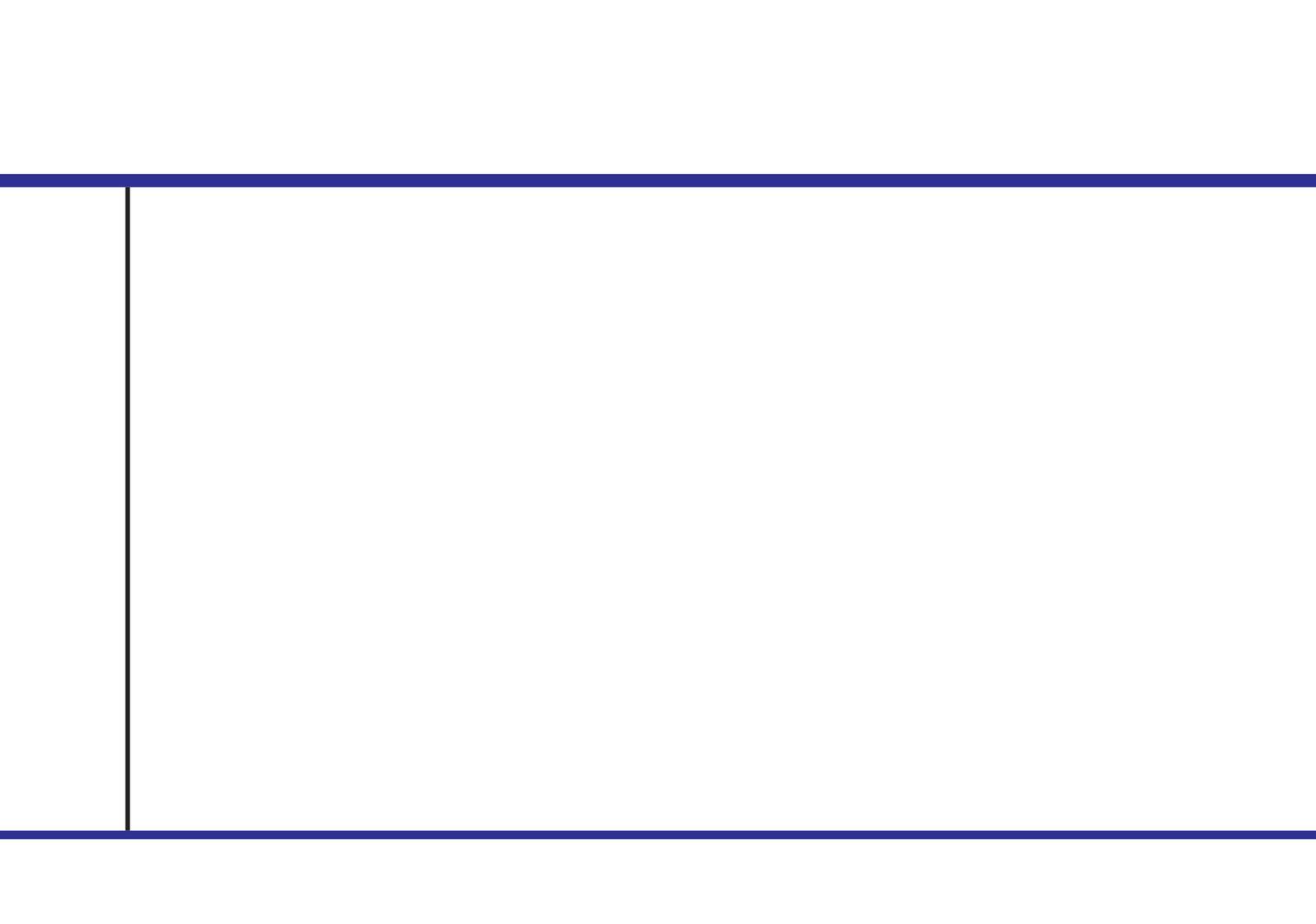
P.3

P.4

P.5

P.6

P.7



Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang



Pemandangan daerah kerusakan tsunami dan gempa di Valdez, Alaska. Tampak daerah yang digenangi di sepanjang pantai ketika gempa Great Alaska tahun 1964. Pembangunan yang dipusatkan di daerah pantai bisa bertentangan dengan tujuan-tujuan keamanan. Sumber: US Department of Interior

Bahaya tsunami secara efektif bisa ditanggulangi dengan melindungi penduduk melalui rencana tata ruang. Sedapat mungkin pembangunan tidak dilakukan di daerah berisiko terkena tsunami. Bila pembangunan di daerah berisiko ini tidak dapat dihindari, intensitas pemanfaatan lahan, jumlah bangunan dan penggunaannya diusahakan sesedikit mungkin. Bila hal ini juga tidak mungkin, para perencana dan perancang harus mengusahakan penanggulangan bahaya melalui teknik perencanaan lokasi yang dibahas dalam Prinsip 3 atau teknik konstruksi bangunan yang dibahas dalam Prinsip 4.

Peran Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Mengurangi Risiko Tsunami

Perencanaan tata guna lahan membantu masyarakat dalam menentukan lokasi, tipe, dan intensitas pembangunan, dan oleh sebab itu bisa memperkecil kemungkinan persentuhan komunitas setempat dengan bahaya tsunami. Prinsip 2 mengupas masalah-masalah perencanaan pemakaian tanah skala besar yang berkenaan dengan rencana-rencana yang komprehensif, hukum/ordonansi pembagian kawasan, dan aturan-aturan yang terkait. Hal ini mencakup tipe, bentuk, dan kepadatan penggunaan tanah yang diperbolehkan dalam area yang berpotensi dilanda gelombang tsunami yang didasari

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

pertimbangan atas risikonya. Penting untuk diingat bahwa semakin kecil luas lahan pada daerah berisiko yang dibangun (Prinsip 2), semakin sedikit dibutuhkan rekayasa desain dan konstruksi (Prinsip 3 dan 4).

Proses Penerapan Strategi Perencanaan Tata Guna Lahan

Berikut ini adalah garis besar langkah-langkah yang bisa diambil sewaktu merumuskan strategi tata guna lahan oleh komunitas untuk penanggulangan bahaya tsunami.

1. Pahami Konteks Lokasi

Usaha untuk mengurangi bahaya tsunami berbeda-beda tergantung pada kondisi lokal, sehingga tidak ada satu aturan seragam yang bisa diterapkan untuk semua. Ada atau tidak adanya pembangunan di area bahaya tsunami akan menentukan tipe pendekatan perencanaan yang bisa diterapkan. Misalnya, perubahan fungsi tanah kosong seperti perluasan dari komunitas yang sudah ada atau penciptaan suatu komunitas baru akan membutuhkan strategi penanggulangan yang berbeda dari bentuk-bentuk pembangunan lainnya seperti

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang



Erosi di sepanjang pesisir Oregon. Penanggulangan kondisi-kondisi berbahaya lainnya seperti erosi, banjir, angin topan, bahaya gempa bisa membantu penanggulangan risiko tsunami. Sumber: Oregon Department of Land Conservation and Development

pemindahan, pembangunan kembali, pemakaian lahan kembali, atau perubahan-perubahan penghunian (lihat Prinsip 5).

2. Pahami Keuntungan dan Kerugiannya

Usaha penanggulangan risiko berarti mempertimbangkan keuntungan dan kerugian antara tujuan-tujuan yang ingin dicapai terkait dengan isu-isu perencanaan penggunaan tanah dan bahaya tsunami. Sebagai contoh, penekanan terhadap akses publik dalam program-program Manajemen Daerah Pantai (CZM) menghendaki penyediaan lokasi untuk pelayanan pengunjung di sepanjang pantai padahal akses ini berbenturan dengan tujuan keamanan publik yakni mengurangi pembangunan baru di daerah terpaan tsunami.

Prasarana di daerah pantai seperti pelabuhan-pelabuhan kecil maupun besar yang memang harus berlokasi di pantai, bisa juga berbenturan dengan tujuan-tujuan keamanan. Tujuan-tujuan perencanaan lainnya seperti pusat kota yang padat juga bisa meningkatkan risiko. Keuntungan dan kerugian ini harus dikenali pada saat proses perencanaan. Proses perubahan untuk rencana yang menyeluruh adalah waktu yang tepat untuk mempertimbangkan pilihan-pilihan dan menyeimbangkan tujuan-tujuan yang saling berbenturan.

P.1 | P.2 | P.3 | P.4 | P.5 | P.6 | P.7

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

3. Tinjau Kembali dan Perbaharui Alat Pengaman yang Sudah Ada

Perencanaan yang menyeluruh tentang alat pengaman bencana alam yang ada harus ditinjau ulang untuk menentukan apakah masih bisa mendeteksi bahaya tsunami dengan baik dan bagaimana bahaya dikendalikan ketika keputusan-keputusan dibuat.

Informasi berikut harus tercatat dan diperbaharui sesuai kebutuhan (lihat Prinsip 1)

- informasi teknis; seperti daerah terpaan
- informasi skenario kerugian
- tujuan-tujuan dan kebijakan-kebijakan

Sebagai tambahan, harus dikenali bahwa bahaya tsunami sering datang bersamaan dengan bahaya-bahaya lainnya dan bahwa usaha penanggulangan risiko dari kondisi-kondisi yang berbahaya lainnya bisa membantu pengurangan risiko tsunami. Bahaya-bahaya seperti itu termasuk banjir, angin topan, tanah longsor, erosi pantai, dan gempa bumi.

4. Tinjau Ulang dan Perbaharui Unsur Tata Guna Lahan dan Perencanaan-perencanaan Lainnya

Unsur tata guna lahan yang ada, unsur perencanaan yang menyeluruh

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

dan perencanaan-perencanaan khusus harus ditinjau kembali untuk memutuskan perubahan-perubahan apa yang perlu mendapat perhatian untuk mengatasi bahaya tsunami, dan diperbaharui sesuai kebutuhan.

Kebijakan tata guna lahan dan program-program lainnya harus mempertimbangkan bahaya tsunami sebagai bagian dari program penanggulangan bahaya tsunami yang menyeluruh. Pembaruan seperti itu harus memperhatikan lokasi dan tingkat daya tahan terhadap kerusakan dari tata guna lahan terencana yang ada di komunitas, termasuk:

- tempat tinggal
- pelayanan komersial dan pelayanan pengunjung
- industri (umum)
- industri (benda-benda berbahaya)
- fasilitas umum (transportasi dan sistem pengadaan/pembuangan air)
- sistem dan fasilitas penting (komunikasi, pelayanan darurat, tenaga listrik, penyediaan air, dan sistem gas alam).

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

5. Tinjau Kembali dan Perbaharui Pembagian Kawasan, Saling Keterkaitan, dan Aturan-aturan Lainnya yang Ada

Pembagian kawasan, sistem keterkaitan, dan aturan-aturan lainnya yang ada harus ditinjau ulang dan diperbarui dengan memberikan perhatian khusus kepada penanggulangan kerugian dari tsunami dimasa depan. Kebutuhan akan konsistensi antara perencanaan yang menyeluruh dan pembagian daerah dan aturan-aturan yang terkait berbeda di tiap negara bagian. Di California, sebagai contoh, sistem zona dianggap bagian dari program pesisir lokal (*Local Coastal Program/LCP*) untuk masyarakat pesisir dan harus sejalan dengan perencanaan umum.

6. Perencanaan untuk Pembangunan Kembali Pasca Tsunami

Bencana memunculkan kesempatan untuk mengurangi pemakaian-pemakaian yang tidak perlu atau mengikat dan memperbaiki pola-pola pembangunan yang ada untuk mengurangi kerugian pada masa mendatang. Di lain pihak, bencana juga menimbulkan tekanan luar biasa untuk membangun kembali komunitas dalam waktu singkat seperti sebelum bencana. Isu-isu pembangunan kembali ini harus dibicarakan pada saat proses perencanaan tata guna lahan sebelum bencana terjadi sehingga masyarakat dipersiapkan untuk berhadapan dengan isu-isu pembangunan kembali pada saat terjadinya bencana.

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang



Taman di daerah pantai Hilo, Hawaii. Penggunaan ruang terbuka seperti taman-taman dapat membatasi pembangunan di daerah berbahaya seminimal mungkin. Sumber: County of Hawaii

Strategi Spesifik Perencanaan Tata Guna Lahan untuk Mengurangi Risiko Tsunami

Berikut ini adalah rekomendasi strategi-strategi spesifik perencanaan tata guna lahan tertentu yang bisa digunakan oleh suatu komunitas untuk mengurangi bahaya tsunami.

Strategi 1: Peruntukkan Daerah Bahaya Tsunami untuk Fungsi Ruang Terbuka

Peruntukkan dan pengalokasian daerah tsunami atau daerah bencana alam yang berbahaya untuk tujuan pertanian, taman dan tempat rekreasi dianjurkan sebagai strategi perencanaan tata guna lahan utama untuk dipertimbangkan. Strategi ini dirancang agar pembangunan di daerah berbahaya bisa seminimal mungkin. Hal ini sangat efektif di daerah-daerah yang tidak mengalami tekanan pembangunan. Jelas akan lebih sulit di daerah-daerah yang sebagian sudah dibangun atau mengalami tekanan-tekanan pembangunan.

Strategi 2: Ambil Alih Daerah Bahaya Tsunami untuk Fungsi Ruang Terbuka

Strategi kedua adalah mengambil alih daerah bahaya tsunami untuk penggunaan ruang terbuka. Pengambilalihan ruang terbuka memiliki

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

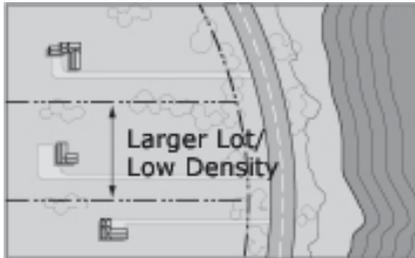
P.7

beberapa kelebihan dibanding pendekatan aturan yang ketat seperti peruntukan. Pengambilalihan ruang terbuka menjamin bahwa tanah akan dikontrol oleh publik atau badan-badan nirlaba, dan hal ini akan menghindari kemungkinan peraturan pengambilan yang dipaksakan. Kelemahan yang utama dari pengambilalihan ruang terbuka ini adalah biaya.

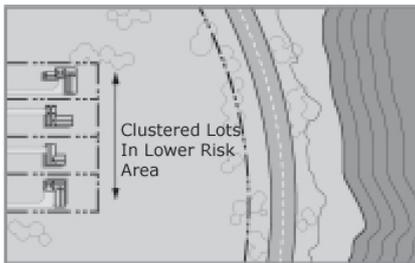
Ada banyak pendekatan untuk mengambil alih ruang terbuka. Oleh karena pemilik tanah memiliki berbagai hak termasuk hak untuk menjual, menyewakan, dan membangun tanah miliknya, sebagian dari hak-hak ini, seperti hak untuk membangun, bisa dijual terpisah dari properti lainnya.

Sebagai contoh, program pembelian hak-hak membangun (PDR) didasarkan kepada hak pembelian untuk membangun tanah sebagai salah satu dari beberapa hak atas tanah. Program pembelian hak-hak membangun (PDR) termasuk pembelian hak pembangunan dari properti pada umumnya, dengan syarat menyanggupi pengadaan tempat konservasi, ruang terbuka, atau keringanan atas penyediaan pemandangan alam yang membatasi pemanfaatan sebuah properti. Program pembelian hak-hak membangun (PDR) bisa dikonstruksi untuk membeli hak waris atas suatu properti dan menjualnya kembali dengan keringanan pembangunan masa depan yang terkontrol. Hasil yang sama bisa diperoleh melalui pembelian hak waris, lalu

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang



Peruntukan bidang tanah yang luas bisa menjamin bahwa hanya pemakaian untuk tempat tinggal berkepadatan rendah yang diperbolehkan di daerah-daerah yang berbahaya.



Pembangunan bisa dikelompokkan di tempat-tempat yang berisiko paling rendah.

menyewakan properti tersebut dengan pemakaian terbatas. Program pembelian hak-hak membangun (PDR) di mana tekanan terhadap pembangunan belum menaikkan harga tanah lebih efektif untuk menyelamatkan tanah dari pembangunan.

Strategi 3: Batasi Pembangunan Melalui Peraturan Tata Guna Lahan

Di daerah-daerah di mana tidak mungkin membatasi tata guna lahan hanya untuk ruang terbuka, peraturan-peraturan perencanaan tata guna lahan lainnya bisa dipakai. Termasuk pengaturan ketat terhadap jenis pembangunan dan tata guna lahan yang diizinkan di daerah bahaya, dan menghindari pemanfaatan nilai lahan yang tinggi dan tingkat hunian yang tinggi.

Sebagai contoh, peruntukan perencanaan dan pengalokasian wilayah dapat memakai aturan kepadatan penduduk atau pengalokasian lahan yang sangat luas (seperti minimal 4 hektar) sehingga hanya fungsi hunian dengan kepadatan rendah saja yang boleh di daerah yang berbahaya. Satu cara lagi adalah dengan menghendaki pengelompokan pembangunan di lokasi-lokasi yang berisiko rendah.

P.1 | P.2 | P.3 | P.4 | P.5 | P.6 | P.7

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Strategi 4: Mendukung Perencanaan Tata Guna Lahan melalui Perencanaan Peningkatan Modal dan Anggaran

Proses perencanaan peningkatan modal dan anggaran bisa dipakai untuk menerapkan kebijakan perencanaan tata guna lahan. Salah satu faktor penting dalam menentukan pola pembangunan masa depan adalah di mana daerah kekuasaan setempat menentukan sistem saluran air, jalan-jalan, dan fasilitas publik. Keputusan-keputusan ini bisa menghalangi atau mendorong pembangunan di daerah tsunami atau di daerah berbahaya lainnya.

Pengurangan risiko bencana alam harus diintegrasikan dengan kebijakan prasarana. Kebijakan prasarana saja tidak akan menghalangi pembangunan di daerah-daerah tertentu melainkan bisa mendesak perencanaan tata guna lahan dan bisa membentuk kekuatan pasar untuk mendorong pembangunan di daerah-daerah yang kurang berbahaya dengan cara tidak mensubsidi prasarana yang melayani daerah dengan tingkat bahaya yang lebih tinggi.

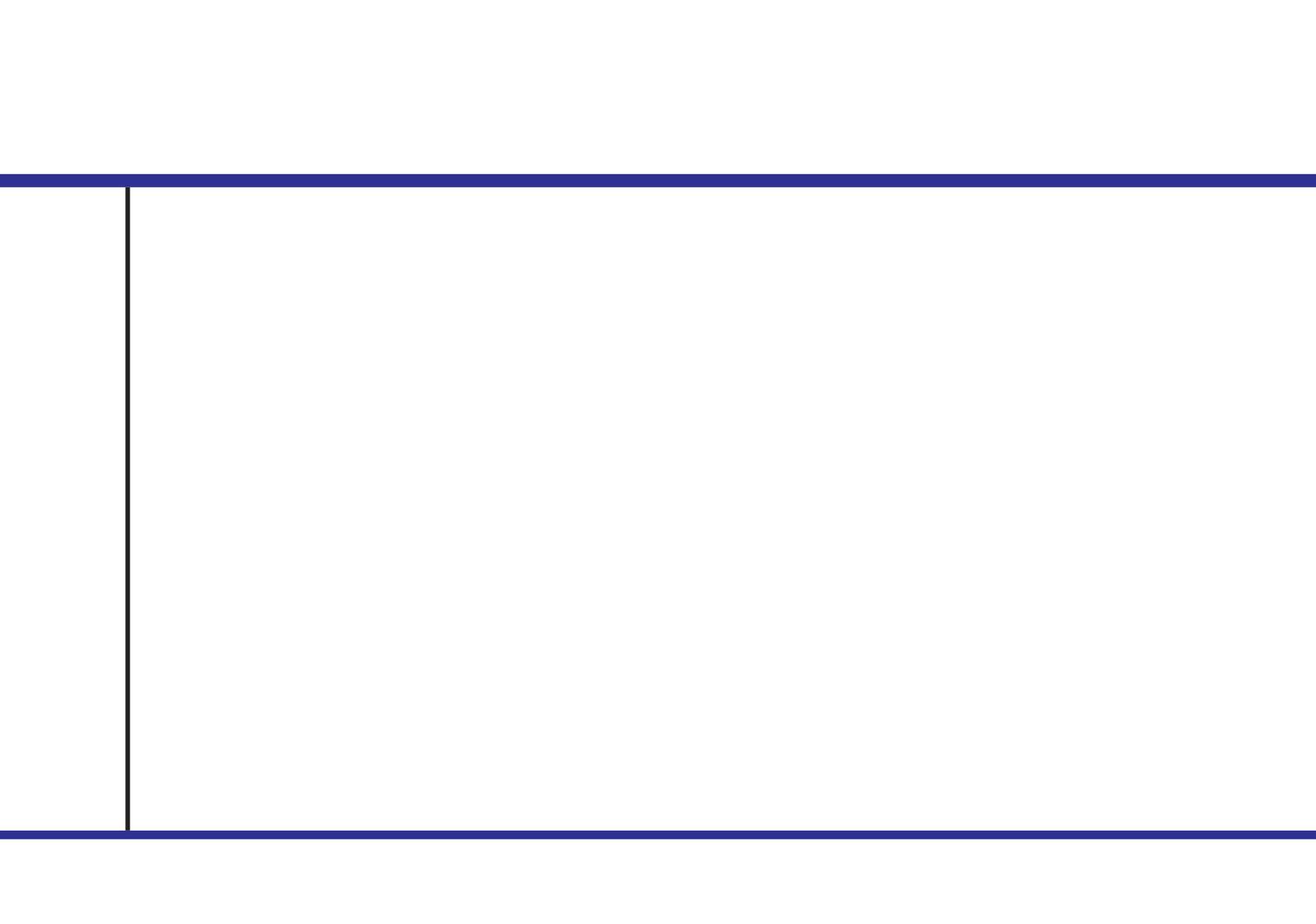
Strategi 5: Sesuaikan Program-program Lain dan Persyaratannya

Faktor keamanan dari perencanaan yang menyeluruh dan pembagian kawasan, keterkaitan, dan program-program lainnya yang dirancang untuk menerapkan perencanaan yang menyeluruh bisa terdiri dari peraturan-peraturan yang bisa diterapkan untuk penanggulangan

Prinsip 2: Hindari Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Mengurangi Korban pada Masa Mendatang

bahaya tsunami walaupun bahaya tsunami tidak secara jelas disebutkan. Banyak program-program dan peraturan-peraturan ini bisa disesuaikan dengan cukup mudah untuk tujuan bahaya tsunami. Misalnya, pengawasan daerah banjir, pengawasan tanah longsor dan daerah perbukitan, dan persyaratan perlindungan lingkungan, pemandangan alam, rekreasi dan perlindungan binatang liar bisa juga mencakup bahaya tsunami dan harus dimodifikasi untuk tujuan tersebut.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7



Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang



Area batas air di Crescent City, California yang terendam air akibat tsunami tahun 1960.

Sumber: USGS

Ketika pembangunan dilakukan di daerah bahaya tsunami, penataan fisik struktur dan penggunaannya dapat mengurangi kemungkinan korban nyawa dan kerusakan material. Hal ini mencakup struktur lokasi-lokasi strategis dan daerah-daerah terbuka, kaitan antara lahan yang diisi dan lahan yang dikosongkan, perencanaan lansekap (tata letak), dan mendirikan pembatas.

Peran Perencanaan Tapak dalam Mengurangi Risiko Tsunami

Dalam kerangka kerja lebih besar dari rencana menyeluruh, perencanaan wilayah menentukan lokasi, urutan penataan, kepadatan pembangunan di wilayah tertentu adalah alat untuk mengurangi risiko tsunami.

Pada tingkat perencanaan wilayah dalam hirarki perencanaan/peraturan, yang menjadi fokus biasanya suatu kelompok dengan ukuran tanah 0.8 sampai 90 hektar, di bawah kontrol pemilik tunggal. Skala perencanaan tidak mampu menolak 100% bahaya tsunami, tapi dapat memberi kesempatan luas untuk merancang proyek yang meminimalisasi kerusakan oleh tsunami.

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Proses Penerapan Strategi Perencanaan Tapak

Kerangka di bawah ini adalah langkah-langkah yang dapat diambil ketika merumuskan strategi perencanaan wilayah untuk menanggulangi bahaya tsunami.

1. Buat Proses Peninjauan Proyek yang Kooperatif, Komprehensif dan Terpadu

Perencanaan penataan wilayah paling efektif di daerah pesisir termasuk proses peninjauan proyek yang dapat menunjukkan kelemahan dan persentuhan dengan bahaya tsunami, dilakukan dengan menimbang konteks kebijakan yang lebih luas dan peraturan, serta bagian dari strategi penanggulangan yang lebih besar. Perencanaan wilayah dan proses peninjauan yang interaktif dan diinformasikan dengan baik, dapat menghemat waktu sponsor proyek dan memberikan solusi-solusi penanggulangan yang lebih baik.

Komunitas-komunitas berinteraksi dengan pendukung proyek di berbagai tingkatan dalam persiapan dan peninjauan perencanaan wilayah. Tingkat peninjauan berkaitan dengan skala dan konteks proyek. Beberapa proyek menuntut peninjauan wilayah dan konsep, sedangkan yang lain menuntut peninjauan atas keseluruhan perencanaan yang dibuat. Peninjauan proyek tingkat komunitas dapat dilaksanakan bersamaan dengan proses perencanaan secara interaktif.

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

Atau, peninjauan wilayah proyek dapat lebih bersifat menanggapi berdasarkan kriteria perencanaan yang telah ditentukan sebelumnya.

Beberapa komunitas mengadopsi kebijakan pembangunan menyeluruh daerah tepian air untuk memastikan bahwa perencanaan wilayah adalah bagian dari proses peninjauan yang menerapkan rencana penanggulangan yang lebih besar, tujuan-tujuan ekonomis dan konsep perancangan komunitas. Tanpa kerangka kerja yang lebih luas ini, tujuan-tujuan penanggulangan di tingkat komunitas bisa saja terlewatkan dalam proses peninjauan perencanaan wilayah yang melibatkan berbagai disiplin dan banyak departemen serta badan-badan pengambil keputusan.

2. Pahami Kondisi Wilayah Setempat

Petugas perencanaan lokal dan sponsor proyek harus membangun strategi penanggulangan yang mencerminkan karakter wilayah dan konteks darurat. Hal ini termasuk pemahaman bagaimana dampak tsunami di wilayah geografis yang berbeda, pemanfaatan lahan dan jenis bangunan, juga pola pembangunan. Kedalaman banjir tsunami, kecepatan arus, ada atau tidaknya pecahan gelombang atau kondisi mata bor, jumlah puing-puing yang dibawa gelombang tsunami dan waktu peringatan bisa sangat berbeda di setiap tempat.

Tahap analisa wilayah dapat digunakan untuk membangun parameter

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

rencana wilayah untuk penanggulangan tsunami. Banyak komunitas telah memetakan wilayah bahaya. Di wilayah ini, komunitas dapat juga memiliki rencana yang lebih rinci yang mencakup analisis wilayah. Analisis biasanya termasuk kondisi geografis, prasarana penting (lihat prinsip 6), jalan masuk dan keluar wilayah (lihat prinsip 7), dan pola pembangunan yang sudah ada serta yang akan dilakukan. Analisis bisa juga mencakup kemungkinan ekonomi dan tujuan perencanaan komunitas.

Peta bahaya regional (kawasan) dapat mengidentifikasi banyak hal di daerah berisiko, tapi biasanya tidak mencerminkan bencana lain penyerta tsunami yang jauh lebih hebat dampaknya. Selain terpaan tsunami, kedekatan dengan titik pusat gempa dapat mengakibatkan kehancuran dan kemungkinan menurunkan ketinggian seluruh wilayah dan menyebabkan banjir. Kebakaran, infrastruktur yang rusak, genangan air, arus lumpur, erosi dan kondisi-kondisi berbahaya lainnya dapat menciptakan keadaan yang membuat komunitas menjadi semakin rawan terhadap dampak gelombang tsunami. Karena itu setiap penilaian wilayah harus mengidentifikasi kondisi berbahaya lain disamping konfigurasi peninggian dan garis pantai.

3. Pilih Suatu Strategi Penanggulangan Wilayah

Banyak komunitas bekerja dengan sponsor proyek untuk memilih pendekatan penanggulangan selama proses perencanaan wilayah.

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

Pada umumnya hal ini mencakup solusi penempatan yang dapat menghindari, menurunkan, mengarahkan atau menghadang gelombang terpaan. Hal ini dapat digabung dengan rancangan gedung yang dapat menjadi cara kuat dan pasif dalam menangani kekuatan tsunami (lihat prinsip 4)..

Strategi Spesifik Perencanaan Tapak untuk Mengurangi Risiko Tsunami

Ada 4 teknik dasar perencanaan wilayah yang dapat dipakai dalam proyek mengurangi risiko tsunami:

1. Menghindari daerah terpaan
2. Memperlambat arus air
3. Membelokkan kekuatan air
4. Menghambat terpaan air

Strategi dasar ini dapat dipakai secara terpisah atau dikombinasikan dalam strategi yang lebih luas. Metodenya dapat dipakai secara pasif untuk membuat tsunami melewati wilayah tanpa menyebabkan kerusakan besar, atau dapat dipakai untuk memperkuat struktur dan diletakkan untuk menghadapi kekuatan tsunami. Efektifitas masing-masing teknik tergantung pada intensitas dari kejadian tsunami. Jika

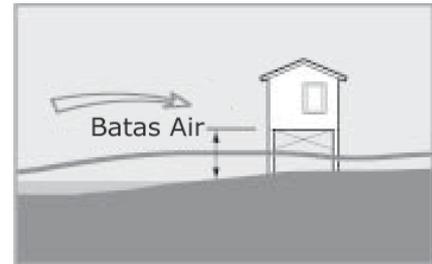
Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

bahaya tsunami yang lalu tidak diperhatikan dan tertangani, pembangunan di wilayah ini masih terbilang rentan terhadap kejadian bencana yang lebih besar.

Strategi 1: Menghindari

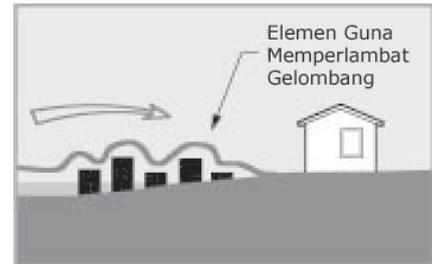
Menghindari daerah bahaya tsunami, tentu saja, adalah metode penanggulangan yang paling efektif. Pada perencanaan wilayah, hal ini mencakup penempatan bangunan dan infrastruktur di bagian tapak yang tinggi atau menaikkan struktur di atas ketinggian terpaan tsunami atau memperkuat podium (tempat berpijaknya bangunan).



Menghindari

Strategi 2: Memperlambat

Teknik memperlambat termasuk membuat penahan akan mengurangi daya hancur gelombang. Hutan buatan yang dirancang khusus, saluran air, kontur tanah, jalur hijau dapat memperlambat dan menahan arus dan puing yang dibawa ombak. Agar teknik ini efektif maka harus ada perkiraan yang tepat dari terpaan yang dapat terjadi.

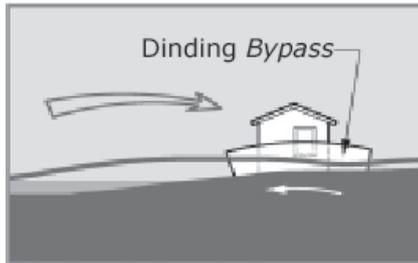


Memperlambat

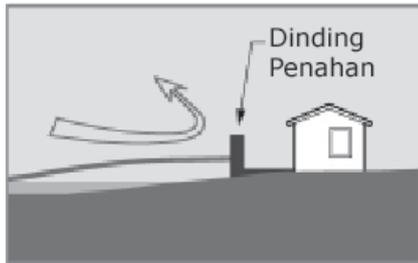
Strategi 3: Membelokkan

Teknik pembelokan kekuatan tsunami, menjauh dari penduduk maupun dari struktur yang lemah, dengan cara strategis, yaitu menata struktur, melalui penggunaan tembok-tembok bersudut dan saluran

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang



Membelokkan



Menahan

air, dan menggunakan permukaan dengan lapisan yang memudahkan jalannya aliran air.

Strategi 4: Menahan

Struktur kokoh seperti tembok, terasering (penataan gundukan/tanah curam berbentuk anak tangga) atau jalur hijau, struktur parkir dan konstruksi lain yang kokoh dapat menahan kekuatan gelombang. Menahan, bagaimanapun juga, dapat mengakibatkan peningkatan tinggi gelombang balik atau mengarahkan tenaga gelombang ke daerah lain.

Strategi Penanggulangan berdasarkan Tipe Pembangunan

Berikut ini ada beberapa jenis model pembangunan baru yang kemungkinan tidak dapat terhindar dari kerusakan bila terjadi tsunami dan identifikasi strategi mitigasi bagi berbagai tipe pembangunan yang berbeda tersebut.

1. *Infill Housing*

Pada komunitas kecil, rumah-rumah tunggal dan *infill housing* merupakan bentuk-bentuk pembangunan yang umum dilakukan.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Sering terjadi tekanan politis kuat yang tidak mengizinkan pembangunan keluar dari daerah yang terancam bahaya tsunami, sehingga membiarkan pembangunan sejumlah kecil wilayah tersebut.

Masyarakat dapat meminta proyek-proyek ini dibangun di atas batas ketinggian genangan air dan memasukkan teknik ini dalam rancangannya. Bagaimanapun, perumahan tersebut masih rapuh, mudah hancur karena terbentur hantaman reruntuhan struktur lain. Pada banyak kasus, bangunan infill baru dapat didirikan pada area tertinggi suatu wilayah untuk menghindari hantaman reruntuhan struktur lain.

2. Lingkungan Binaan Baru dan Subdivisi

Untuk menghindari kerusakan tsunami, berikut ini adalah rancangan subdivisi baru pada area garis pantai:

- Menyediakan jarak ruang yang maksimum antar bangunan.
- Meninggikan bangunan di atas batas ketinggian terpaan banjir.
- Menempatkan rumah-rumah di belakang hutan pengontrol tsunami atau bangunan-bangunan yang besar dan kuat.
- Menempatkan jalan-jalan akses utama di luar area banjir, dan jalan-jalan akses penunjang tegak lurus dengan tepi laut.

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang



Peninggian restoran di Hilo, Hawaii. Bagian bawah dirancang terbuka untuk gelombang yang lewat. Sumber: Mintier & Associates.

3. Bangunan Hotel Bertingkat Tinggi

Hotel-hotel baru di pesisir merupakan jenis khas struktur rangka beton bertingkat tinggi. Bagian yang rendah pada bangunan-bangunan ini dapat dirancang untuk area publik seperti lobi dan fungsi-fungsi penunjang bagi ruangan-ruangan di atasnya, seperti perparkiran. Di Hawaii, misalnya, bagian rendah bangunan didesain untuk membiarkan ombak lewat, misalnya pada lantai parkir bawah, lobi serta ruang servis, agar bagian atas bangunan dan ruang-ruang pertemuan tidak hancur. Bangunan-bangunan ini didesain untuk menahan gangguan tsunami dan gempa.

4. Bangunan Resort

Tempat-tempat peristirahatan atau resort memiliki fasilitas dan pelayanan yang luas, seperti rumah-rumah, penginapan berukuran kecil, bangunan hotel yang relatif besar, lapangan tenis, kolam renang, golf dan rekreasi pantai. Perencanaan sebuah resort dapat berdasarkan berbagai macam metode penanggulangan, termasuk ruang terbuka dan hutan tsunami, meninggikan atau menempatkan struktur di atas batas banjir dan melindungi bangunan-bangunan kecil dengan hotel-hotel besar dan bangunan-bangunan batas air lain.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

5. Komunitas Komersial

Daerah pusat kota di komunitas pesisir berada berdekatan dengan wilayah pantai dan dermaga. Akses-akses jalan utama secara tipikal mengikuti jalur pesisir dan sejajar dengan perusahaan komersial. Kedua pola pembangunan ini rentan hancur oleh tsunami. Memperkuat dan memperluas struktur pelabuhan dapat membantu melindungi wilayah komersial yang berdekatan. Tergantung pada besarnya tsunami, pecahan gelombang pada saat pasang naik dapat mengakibatkan banjir dan struktur tersebut menjadi tidak efektif. Bangunan-bangunan baru dapat ditinggikan di atas ambang batas banjir atau diperkuat dan dirancang untuk menahan kekuatan tsunami.

6. Industri

Dermaga, kilang minyak, bangunan pembangkit energi dan fasilitas industri tepi laut lainnya harus mendapatkan perhatian khusus. Kerusakan jika terjadi banjir pada daerah fasilitas industri dapat menambah dampak dimensi lingkungan lainnya pada bencana tsunami dengan adanya minyak yang terbakar, bahan-bahan kimia beracun dan materi-materi berbahaya lainnya. Hempasan bangunan-bangunan terapung, puing-puing dan kapal-kapal dapat merusak pipa dan tangki. Melindungi fasilitas industri dengan tembok dan penjangkaran yang kuat dapat membantu. Meskipun demikian,

Prinsip 3: Atur Pembangunan Baru di Daerah Terpaan Tsunami untuk Memperkecil Kerugian pada Masa Mendatang



Kerusakan pada fasilitas pelabuhan di Seward, Alaska, akibat tsunami tahun 1964. Menempatkan fasilitas industri di luar wilayah terpaan adalah teknik penanggulangan yang paling efektif. Sumber: U.S Army Corps of Engineers.

menempatkan penggunaan strategi jenis-jenis ini di luar wilayah terpaan adalah teknik penanggulangan yang paling efektif.

7. Fasilitas Penting dan Vital

Kantor pemadam kebakaran, sub-sub stasiun tenaga listrik, rumah-sakit, fasilitas pembuangan kotoran dan infrastruktur penting lainnya secara umum seharusnya tidak ditempatkan di daerah terpaan.

Relokasi jenis-jenis fasilitas ini keluar dari daerah banjir harus menjadi bagian integral dari rencana penanggulangan tsunami. Jika sebagian dari pelayanan yang penting seperti kantor pemadam kebakaran atau kantor penjaga pantai permanen harus ditempatkan di wilayah bahaya tsunami, semestinya dirancang atau disesuaikan untuk menahan daya rusak tsunami. Topik ini dibicarakan lebih detil pada Prinsip 6.

Prinsip 3: Studi Kasus

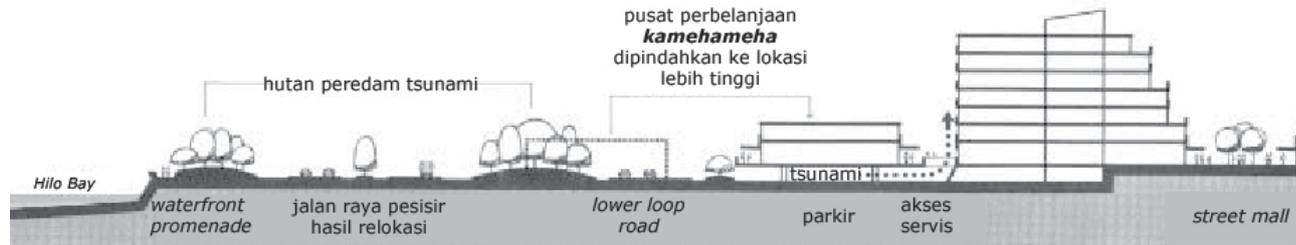
P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Studi Kasus: Rencana Pembangunan Pusat Kota Hilo

Rencana Pembangunan Pusat Kota Hilo diadopsi pada tahun 1974 untuk memandu usaha-usaha pemulihan bagian-bagian penting pusat kota Hilo, Hawaii. Dengan rencana inilah dibangun wilayah yang disebut *Safety District* (Wilayah Aman) berdasarkan jalur terpaan tsunami tahun 1946 dan 1960. Seluruh pembangunan ulang di daerah *Safety District* diarahkan pada standar desain kota dan bangunan. Semua struktur di bawah ketinggian 20 kaki pada garis permukaan laut dirancang untuk

menahan kekuatan besar tsunami. Dalam rencana ini, dirancang juga area parkir untuk kebutuhan bisnis kota. Struktur parkir ini akan berguna bagi struktur yang lebih jauh dari pantai sebagai penghalang terpaan tsunami. Konstruksi fasilitas parkir ini telah disesuaikan dengan fungsi perlindungan tersebut.

Pada tahun 1985, Rencana Pembangunan Pusat Kota Hilo dilimpahkan sepenuhnya pada *the Downtown Hilo Redevelopment Plan* sesuai Pasal 27, *Flood Control* (Pengendalian Banjir) dalam *The Hawaii County Code* (Undang-Undang *County Hawaii*).



Gambar potongan tapak, bagian dari rencana pembangunan pusat kota Hilo



Kerusakan pada gedung di Hilo, Hawaii, akibat tsunami tahun 1960. Meskipun ada teknik pembangunan dan bahan-bahan yang bisa digunakan untuk menahan kekuatan tsunami dan terpannya, pada kasus tsunami yang besar, teknik tersebut bisa memperkecil kerugian tapi tidak bisa mencegah kerusakan yang parah.

Pada lokasi rawan tsunami, rancangan dan konstruksi bangunan yang akan dibangun harus mempertimbangkan bahan-bahan bangunan, konfigurasi bangunan, dan rancangan khusus yang dapat mengurangi korban jiwa dan kerusakan harta benda.

Peran Rancangan Konstruksi dalam Mengurangi Risiko Tsunami

Seperti dibahas pada prinsip 2 dan 3, dalam bagian tentang tsunami dan kerusakan yang diakibatkannya, penanggulangan yang paling efektif adalah dengan menempatkan bangunan-bangunan baru jauh dari wilayah yang potensial tersapu air. Bila tak mungkin menghindari pembangunan di wilayah terpaan, aspek rancangan dan konstruksi akan memainkan peran penting dalam kinerja struktur saat terjadi tsunami.

Untuk mendapatkan bangunan dengan kinerja ideal yang diharapkan perlu diperhatikan beberapa faktor :

- lokasi bangunan tersebut,
- konfigurasinya (bentuk, ukuran, ketinggian, dan orientasinya)
- intensitas dan frekuensi ancaman tsunami di daerah tersebut
- standar-standar rancangan struktural dan non-struktural

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

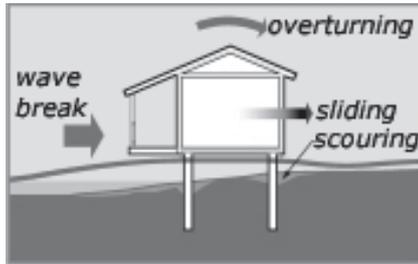
P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

- pilihan bahan bangunan inti dan pendukung
- bisa diandalkan atau tidaknya peralatan yang digunakan
- kemampuan profesional dari arsitek atau perancang bangunan tersebut
- kualitas konstruksinya
- tingkat kepercayaan terhadap faktor-faktor tersebut

Rumah sakit, kantor pemadam kebakaran, dan sekolah harus dibangun dengan standar lebih tinggi ketimbang akomodasi pariwisata.

Potensi kerusakan akibat tsunami terhadap bangunan-bangunan bisa dikurangi sejak tahap awal perancangan, saat diputuskan akan sekokoh apakah nantinya bangunan itu dibangun, standar apa yang akan digunakan, dan bagaimana bentuknya. Keputusan-keputusan itu akan menentukan rancangan akhir bangunan dan proses konstruksinya. Walaupun teknik-teknik rekayasa dan material khusus bisa digunakan untuk menahan kekuatan tsunami dan banjir bandang, bila kenyataan yang dihadapi adalah tsunami yang dahsyat, semua itu akan mengurangi kerugian namun tetap tidak dapat mencegah kerusakan luar biasa yang mungkin muncul.

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan



Dampak tsunami pada struktur bangunan

Peraturan Bangunan

Konstruksi bangunan di Amerika Serikat diatur di tingkat lokal oleh peraturan-peraturan bangunan yang berlaku. Peraturan-peraturan bangunan tersebut menetapkan syarat-syarat minimal yang dibutuhkan untuk melindungi kehidupan, mencegah kerusakan harta benda, dan memelihara kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan publik dalam lingkungan pembangunan. Peraturan bangunan berlaku bagi bangunan yang sedang dibangun, sedang dalam perbaikan, maupun yang sudah berdiri, ataupun bangunan yang berubah fungsinya sehingga menambah risiko atau melampaui kapasitas kekuatan struktur bangunan.

Proses Penerapan Strategi Rancangan Konstruksi

1. Terapkan Standar-standar Rancangan dan Peraturan Bangunan yang Memadai

Sebagian besar peraturan bangunan daerah yang digunakan di negara-negara bagian Pasifik didasarkan pada *Uniform Building Code* (UBC) yang disusun oleh *International Conference of Building Officials* (ICBO). Di California, Oregon, dan Washington, pemerintah setempat mewajibkan pemberlakuan kode-kode itu di tingkat daerah. Alaska hanya mewajibkan penggunaan peraturan kebakaran, dan Hawaii

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

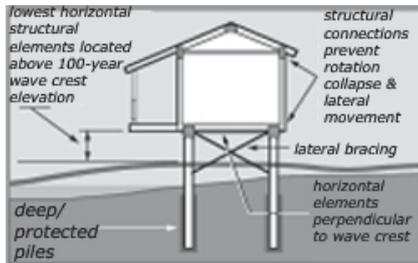
P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

tidak mengamanatkan penggunaan kode yang dipercontohkan dan mempersilahkan pemerintah daerah untuk menentukan sendiri sesuai dengan kondisi masing-masing. Semua daerah di Hawaii dan kota-kota besar di Alaska telah menerapkan versi terbaru UBC.

Diwajibkannya penerapan UBC oleh negara memungkinkan pemerintah daerah menerapkan aturan yang lebih ketat daripada apa yang dimandatkan.

UBC memuat syarat-syarat rancangan dan standar-standar kebakaran, angin, banjir, dan gempa bumi, namun tidak memuat standar-standar bangunan yang tahan tsunami. Meskipun sudah diterapkan pada sejumlah komunitas, sebagian besar komunitas di pantai masih belum memberlakukan standar bangunan tahan tsunami. Kota dan wilayah Honolulu telah memberlakukan syarat khusus bagi banjir dan tsunami sebagai bagian dari pembaruan undang-undangnya. Penyesuaian dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi setempat dapat dijadikan sebagai model umum bagi negara-negara bagian dan wilayah lain. Panduan bagi para arsitek dan insinyur dalam bangunan tahan tsunami sudah termasuk dalam Panduan Konstruksi Pesisir dari FEMA, atau juga dikenal sebagai FEMA 55. Panduan itu berisikan berbagai hal yang serupa dengan yang ada pada ordinansi Honolulu soal tsunami dengan lebih banyak memberikan informasi terbaru.

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan



Solusi desain atas dampak tsunami

2. Pastikan Aturan-aturan dan Standar-standar Tersebut Telah Memperhatikan Seluruh Potensi Ancaman

Meskipun panduan ini lebih menekankan pada pencegahan kerugian akibat tsunami, namun ancaman bencana lainnya seperti gempa bumi, tentu saja juga harus diperhatikan dalam merancang bangunan-bangunan baru. Tanah longsor dan berbagai gangguan pada permukaan bumi adalah potensi-potensi masalah di banyak wilayah pesisir, seperti juga banjir musiman di daerah muara ketika arus besar dari sungai memasuki laut. Upaya-upaya pencegahan kerugian telah banyak diterapkan pada sebagian besar ancaman-ancaman itu, dan penting untuk mengenal hal tersebut dalam upaya mengurangi kerugian langsung akibat tsunami.

3. Terapkan Informasi Setempat tentang Ancaman Tsunami

Bila telah ada suatu studi ancaman tsunami di daerah tertentu, informasi tersebut bisa digunakan untuk memutuskan apakah izin konstruksi bisa diberikan pada lokasi tersebut. Jika suatu konstruksi akan diizinkan, rancangan bangunan harus memperhatikan kekuatan-kekuatan yang terkait tsunami, termasuk tekanan air, daya apung, arus dan gelombang, dampak reruntuhan, benturan dan api. Analisis-
analisis itu akan berbeda-beda tergantung pada lokasi, ukuran bangunan, dan tipe konstruksinya, seperti beton, kayu, logam ringan dan lain-lain.

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

4. Tentukan Intensitas Tsunami sebagai Rujukan Merancang Bangunan

Penting dalam studi potensi ancaman bencana di suatu daerah untuk memperkirakan intensitas tsunami untuk berbagai interval gelombang yang akan terjadi. Tsunami kecil menimbulkan kerugian lebih ringan, namun itu terjadi lebih sering dibanding tsunami-tsunami besar. Tsunami kecil mungkin bisa dijadikan rujukan bagi merancang sebagian besar bangunan. Namun kejadian yang lebih besar dengan batas banjir yang lebih tinggi dan terpaan yang lebih kuat harus menjadi dasar rancangan sarana-sarana penting, misalnya rumah sakit, kantor pemadam kebakaran dan pabrik-pabrik.

5. Rumuskan Tingkat Kinerja Bangunan yang Diinginkan

Tingkat kinerja bangunan menggambarkan harapan-harapan para pemilik, penghuni dan pemerintah atas jumlah bangunan yang bisa bertahan dari tsunami dan kemampuan bangunan-bangunan tersebut untuk tetap bisa digunakan sesuai tujuannya bila diterpa tsunami. Merancang sebuah bangunan untuk mencapai tingkat kinerja tertentu melibatkan sederet keputusan yang dimulai dengan menerapkan nilai penting dan memahami konsekuensi-konsekuensi dari kerusakan bangunan.

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

Ada 4 level kinerja yang bisa dipertimbangkan bagi bangunan-bangunan: tinggi minimum, keselamatan, keterhunian kembali, dan operasional.

Bangunan ditempatkan, dirancang dan dikonstruksi pada ketinggian minimum dan harus cukup kokoh bila diterjang air deras tanpa terangkat dari pondasinya dan hanyut, walaupun masih mungkin rusak, runtuh, terbanjiri, rusak lantai/permukaannya atau dampak-dampak lain.

Bangunan yang dikonstruksi pada level keselamatan harus mampu menahan terjangan air, dampak reruntuhan puing dan hempasan ombak, guncangan gempa bumi, kerusakan lantai, dan api tanpa kerusakan struktural yang signifikan. Penghuni yang ada di bangunan-bangunan tinggi harus bisa mengevakuasi/menyelamatkan dirinya ke atas, lebih tinggi dari level gelombang tsunami yang menghantam bangunan tersebut.

Bangunan yang dikonstruksi untuk level layak dihuni kembali harus memenuhi semua persyaratan keselamatan, dan ada sejumlah peringatan tambahan yang harus diperhatikan agar bisa segera dihuni kembali dalam hitungan hari atau minggu setelah dibersihkan, sedikit perbaikan, dan pemulihan berbagai fasilitas vital lainnya. Bangunan dengan kriteria ini membutuhkan pemilihan lokasi yang lebih hati-hati dan menggunakan bahan baku yang tahan banjir.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Akhirnya, bangunan dengan kriteria level operasional lebih banyak menuntut persyaratan pada perancangan bangunannya. Bangunan-bangunan tersebut mampu menahan semua kekuatan dan risiko ancaman yang mungkin dihadapi. Bangunan-bangunan itu juga harus memiliki sistem dan fasilitas darurat cadangan yang bisa segera digunakan setelah bencana terjadi.

Strategi Spesifik Rancangan dan Konstruksi untuk Mengurangi Risiko Tsunami

Strategi 1: Pilih Solusi Rancangan yang Sesuai Berdasarkan Dampak yang Diperkirakan.

Rancangan dan konstruksi bangunan-bangunan baru harus memperhatikan kekuatan-kekuatan yang berhubungan dengan tekanan air, daya apung, arus dan gelombang, dampak reruntuhan, pergeseran dan api.

Pada dasarnya bangunan-bangunan dari beton, batu, dan kerangka baja berat cukup kokoh menghadang tsunami, kecuali bila didahului dengan gempa bumi. Bangunan berangka kayu, atau struktur rangka besi ringan di daerah yang rendah dekat garis pantai pasti akan hancur diterjang tsunami. Tidak semua wilayah terpengaruh oleh



Kerusakan pada gedung di Hilo, Hawaii, akibat tsunami tahun 1946. Sumber: Pacific Tsunami Museum

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

gelombang tsunami dan arus yang membawa kerusakan yang dihancurkannya. Bangunan-bangunan yang berada di area yang lebih tidak berisiko terendam air seharusnya dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang bisa diperbaiki bila dirancang dan dibangun dengan baik. Kekuatan arus dan pecahan gelombang, puing dan reruntuhan yang bergerak sangat cepat disapu air, serta arus yang mengikis bisa melampaui daya tahan sebagian besar bangunan kecuali bangunan-bangunan tersebut dibangun dengan elemen-elemen rancangan dan material khusus.

Tabel pada Halaman 62 merinci dampak tsunami pada struktur bangunan (seperti genangan air, tekanan air, daya apung, dampak puing dan reruntuhan, dan pengikisan pondasi) dan usulan solusi rancangan bagi setiap potensi dampak (seperti meninggikan dan menjangkarkan bangunan-bangunan, perancangan dengan memperhatikan kekuatan air, tekanan dan dampak muatan yang dibawanya, serta penggunaan pilar-pilar atau dermaga-dermaga). Seperti tertulis di atas, adalah penting bahwa setiap upaya perancangan bangunan harus didasarkan pada studi sejarah bahaya yang pernah dihadapi lingkungan setempat sehingga solusi rancangan yang akan dipilih disesuaikan dengan kekuatan alam yang diperkirakan akan dihadapi.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Strategi 2: Hadirkan Arsitek dan Insinyur Berkualitas untuk Merancang Bangunan-bangunan Besar

Rancangan bangunan diatur oleh prinsip-prinsip dan praktik-praktik rancang-bangun dan oleh peraturan bangunan yang menetapkan standar-standar minimal yang berhubungan dengan kesehatan umum dan keselamatan. Bagaimanapun, hukum bukanlah pengganti bagi komponen-komponen rancang-bangun, rancangan, konstruksi dan jaminan kualitas.

Kepakaran khusus seringkali dibutuhkan saat merancang dan membangun bangunan-bangunan yang berukuran besar, kompleks, atau memiliki bentuk yang tidak biasa. Masyarakat harus mengidentifikasi proyek-proyek yang diusulkan yang secara khusus membutuhkan profesional berkualifikasi dan berizin, memastikan bahwa pemilik atau organisasai pengembang mengamankan asistensi itu sejadi awal, saat fase perencanaan proyek, dan membantu menyediakan bantuan tenaga ahli yang dibutuhkan. Asosiasi profesi bisa membantu para pejabat lokal menemukan ahli-ahli yang dibutuhkan seperti arsitek dan teknisi geoteknis, pesisir dan insinyur struktur yang akrab dengan masalah-masalah rancangan dan konstruksi bangunan di daerah pesisir.

Di sejumlah wilayah hukum tertentu, para profesional dilibatkan dalam perancangan bangunan dan disebutkan pada rencana dan

Prinsip 4: Rancang dan Bangun Bangunan Baru untuk Mengurangi Kerusakan

spesifikasi rancang bangunnya. Pemanfaatan para ahli itu khususnya penting bila tidak ada atau kurang memadainya aturan dan standar atau bangunan yang diusulkan melampaui standar keselamatan minimal yang termuat pada aturan-aturan dan standar-standar umumnya.

Strategi 3: Awasi Pekerjaan Konstruksi untuk Memastikan Semua Persyaratan Dipenuhi

Inspeksi konstruksi penting untuk memastikan bangunan tersebut dibangun sesuai dengan standar-standar yang memadai. Pengawas independen bisa diperoleh dengan sejumlah cara:

1) menggunakan agen perizinan yang bermutu, 2) menggunakan ahli teknis independen yang dipilih oleh pemerintah, atau 3) mengharuskan pemilik bangunan memanfaatkan ahli-ahli tersebut yang laporannya bisa disediakan bagi pemerintah untuk ditinjau dan keperluan proses perizinan. Di sejumlah wilayah, pengawas-pengawas konstruksi dan konsultan-konsultan rancang bangun yang berizin menyediakan layanan-layanan tersebut.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Fenomena	Dampak	Solusi Rancangan
Terpaan	Genangan pada ruang bawah tanah	Pilih lahan pada lokasi yang lebih tinggi
	Genangan pada lantai bawah Genangan pada sistem dan peralatan mekanikal, elektrikal, dan komunikasi. Kerusakan material bangunan dan isinya (barang-barang inventaris, properti pribadi) Kontaminasi polutan berperantara air pada area terpaan	Tempatkan bangunan lebih tinggi dari ketinggian genangan air Jangan meletakkan atau memasang peralatan mekanikal dan elektrikal yang penting pada lantai yang lebih rendah dari batas ketinggian terpaan tsunami Lindungi fasilitas penyimpanan bahan berbahaya yang harus terletak pada area bahaya tsunami Tempatkan sistem-sistem dan peralatan mekanikal pada lokasi yang lebih tinggi dalam bangunan Gunakan beton atau baja untuk bagian bangunan yang terkena terpaan Evaluasi daya tahan tanah pada kondisi jenuh
	Gaya-gaya hidrostatis (tekanan pada permukaan akibat terpaan pada kedalaman air di sisi yang berlawanan)	Tinggikan bangunan di atas ketinggian genangan Perkuat bangunan pada pondasinya Sediakan bukaan yang cukup agar air dapat mencapai ketinggian yang sama di luar dan di dalam bangunan Desain bangunan dengan kemampuan untuk menghadapi tekanan statis air
	Daya apung (pengapungan akibat adanya gaya ke atas)	Tinggikan bangunan Perkuat bangunan pada pondasinya
	Kejuhan tanah mengakibatkan ketidakstabilan dan hilangnya daya tahan tanah	Evaluasi daya tahan dan kekuatan tanah yang mendukung pondasi bangunan dan kemiringan tanggul pada kondisi jenuh Hindari atau buat jarak dari lereng yang dapat menjadi tidak stabil saat terjadi terpaan
Arus	Gaya-gaya hidrodinamis (gaya tekan disebabkan oleh ombak pertama yang mengenai bangunan dan gaya tarik disebabkan aliran yang mengitari bangunan serta putaran yang terjadi)	Tinggikan bangunan Rancangan harus disesuaikan dengan gaya hidrodinamis pada dinding dan elemen bangunan Perkuat bangunan pada pondasinya
	Dampak Puing	Tinggikan bangunan Rancangan harus disesuaikan dengan beban tumbukan
	Pengikisan	Gunakan pilar-pilar atau dermaga yang dalam Siapkan perlindungan terhadap pengikisan di sekitar pondasi
Hempasan ombak dan gelombang mata bor	Gaya-gaya Hidrodinamis	Rancangan harus disesuaikan dengan kekuatan hempasan ombak
	Dampak Puing	Tinggikan bangunan Rancangan harus disesuaikan dengan beban tumbukan
	Pengikisan	Rancangan harus disesuaikan dengan pengikisan dan erosi tanah di sekitar pondasi dan pilar-pilar
Surutnya Air	Ketidakstabilan Tanggul	Rancangan dinding batas air dan dinding sekat harus dapat menahan tanah yang jenuh tanpa air di depannya Sediakan drainase yang memadai
	Pengikisan	Rancangan disesuaikan dengan pengikisan dan erosi tanah di sekitar pondasi dan pilar-pilar
Api	Material mudah terbakar yang berperantara air dan sumber nyala api pada bangunan	Gunakan material tahan api Tempatkan penyimpanan material yang mudah terbakar di luar daerah sangat berbahaya

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan



Astoria, Oregon, di mulut Sungai Columbia. Banyak dari teknik penanggulangan risiko yang digunakan untuk pembangunan baru, dapat diterapkan terhadap pembangunan yang sudah berdiri. Namun penerapan ini akan terbatas oleh kendala lokasi dan kondisi bangunan. Sumber: Army Corps of Engineers

Tantangan dalam melindungi pembangunan yang sudah ada dari ancaman tsunami, banyak dan rumit. Bagi komunitas kawasan pantai yang terbangun tahap demi tahap, melindungi pembangunan yang telah berdiri tampaknya satu-satunya pilihan yang mengurangi dampak bencana. Betapapun, pemanfaatan lahan, bangunan dan prasarana yang berubah seiring waktu, menciptakan kemungkinan-kemungkinan untuk meminimalkan tingkat kerugian-kehilangan akibat tsunami (dan bencana lain) untuk membantu komunitas mengurangi kerawanan hidupnya di masa depan.

Peran Pembaruan dalam Mengurangi Risiko Tsunami

Upaya memperbaiki masyarakat bisa beragam bentuknya, termasuk menentukan kembali pemakaian lahan, mengubah standar alokasi kawasan, mengubah pemakaian dan penghunian bangunan, memperbaiki dan merehabilitasi bangunan, dan membangun kembali wilayah guna mendongkrak daya ekonominya. Boleh jadi juga ada pertimbangan khusus bagi kawasan rawan tsunami, misalnya untuk melindungi jejak dan struktur bersejarah, menciptakan hamparan panorama indah, perbaikan akses demi kenyamanan kawasan pantai, perbaikan pelayanan, dan mengakomodasi kebutuhan perumahan serta aktivitas komersial.

Walaupun ada banyak teknik penanggulangan akibat tsunami yang

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

berupa pembangunan baru bisa diterapkan terhadap pembangunan yang sudah berdiri, penerapan ini pada gilirannya akan terbatas oleh kendala lokasi dan kondisi bangunan.

Proses rekonstruksi yang menyusul setelah bencana, menyediakan sebuah kesempatan untuk menciptakan atau memodifikasi pemanfaatan lahan, pelaksanaan rencana-rencana pembangunan ulang, rehabilitasi bangunan, dan mengosongkan kawasan berbahaya-tinggi yang terancam tergerus habis dengan tujuan memperkecil kerugian pada masa mendatang.

Proses Mengurangi Kerawanan Melalui Upaya Pembaruan

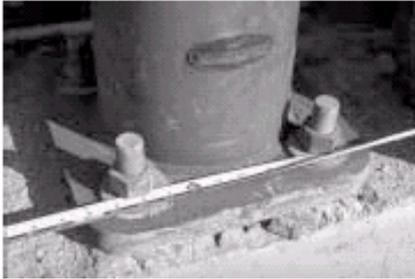
1. Lakukan Pendataan Wilayah dan Aset Berisiko

Jika belum tersedia, sebuah daftar sebaiknya dibuat meliputi bangunan, fasilitas-fasilitas penting dan elemen infrastruktur di wilayah terpaan tsunami (lihat Prinsip 1 untuk lebih rincinya). Daftar ini sebaiknya memperhitungkan jenis struktur, usianya, ukuran dan konfigurasi, material konstruksi dan kegunaannya.

Untuk maksud meringankan risiko, penting untuk menaksir kondisi bangunan dan karakteristik konstruksinya. Penyusutan yang serius

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan



Baut jangkar. Standar-standar untuk bertahan dari guncangan gempa bumi, seperti menjangkarkan dan mengokohkan bangunan, juga dapat membantu mengurangi kerusakan akibat tsunami. Sumber: Northridge Collection, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

bisa jadi menuntut dibongkar habis, namun untuk kasus-kasus lain mungkin lebih sesuai diperbaiki dan direhabilitasi.

Beberapa bangunan tampil rumit setelah dirombak atau diperluas beberapa kali. Gambar persis dan asli dari bangunan-bangunan tua ini jarang tersedia. Ini biasanya berarti membutuhkan studi rekayasa teknik guna menentukan karakteristik aktual dari bangunan itu, sebelum proyek spesifik merehabilitasi dan memperbaiki bisa dilaksanakan.

2. Evaluasi dan Revisi Perencanaan serta Pengaturan menuju Pembangunan-ulang, Perbaikan dan Masalah Pemakaian Ulang

Secara periodik masyarakat melakukan pemeriksaan yang mendalam dan merevisi penggunaan lahan mereka, merencanakan manajemen pertumbuhan dengan komprehensif. Perbaikan perencanaan periodik memberikan sebuah konteks yang luas bagi pengembangan pembangunan-ulang dan pembaruan kebijakan-kebijakan dan rencana-rencana.

Aturan-aturan bangunan utama dibuat untuk konstruksi baru; pada umumnya hal itu tidak ditujukan untuk renovasi dan perbaikan komprehensif maupun terinci. Aturan-aturan bangunan lokal sebaiknya berubah untuk sepenuhnya ke arah peringanan risiko dalam konteks renovasi bangunan. Sebagai titik mulai, ada beberapa

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

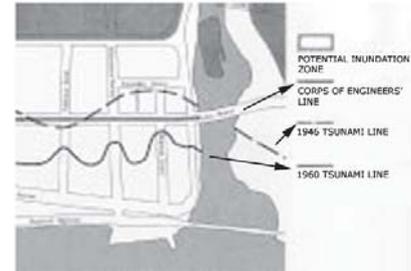
contoh perubahan sekumpulan aturan bangunan yang berkaitan dengan perbaikan bangunan-bangunan dalam menghadapi bencana gempa bumi yang bisa diadaptasi untuk menghadapi tsunami. *Federal Emergency Management Agency (FEMA)* atau kantor untuk manajemen situasi darurat tingkat negara bagian, telah mensponsori beberapa jilid petunjuk mengenai rehabilitasi bangunan dalam menghadapi gempa bumi. Beberapa negara bagian dan komunitas juga telah mengadopsi hukum dan aturan yang mengawal perbaikan dan rehabilitasi bangunan-bangunan yang telah berdiri guna mengurangi kerugian yang akan terjadi akibat gempa bumi.

Strategi Spesifik Pembaruan untuk Mengurangi Risiko Tsunami

Strategi 1: Adopsi Program dan Peraturan Pembangunan Khusus

Ada beragam program dan regulasi pembangunan spesifik yang bisa diterapkan oleh komunitas-komunitas lokal guna meminimalkan risiko tsunami :

- merancang ulang dan mengalokasikan ulang lahan di wilayah bahaya tsunami sehingga pemanfaatannya yang berdasarkan perhitungan risiko lebih berdaya guna



Petikan dari peta terpaan tsunami di Hilo Downtown Development Plan (Rencana Pembangunan Pusat Kota Hilo). Sumber: County of Hawaii

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

- membatasi penambahan bangunan di wilayah bahaya tsunami
- membeli aset spesifik di wilayah bahaya tsunami dan memindahkan atau merelokasi bangunan

Strategi 2: Gunakan Strategi Pembangunan Ulang untuk Mengurangi Risiko Tsunami

Membangun ulang dan mengerahkan kekuatan pendanaan bisa diterapkan pada daerah berskala luas untuk menata kembali manfaat dan prasarananya, memperbaiki bangunan-bangunan spesifik, atau sekaligus memindahkan bangunan di wilayah bahaya tsunami.

Strategi 3: Lakukan Pemberian Insentif dan Nilai Finansial Lainnya sebagai Dukungan Mengurangi Kerugian

Satu kunci ukuran keberhasilan pembangunan ulang dan pembaharuan lainnya adalah dengan membantu pemilik bangunan dalam menanggung biaya perubahan-perubahan yang diajukan. Ada banyak insentif yang lazim digunakan yang mendorong pembaharuan, seperti pengurangan pajak pemilikan, menghapus biaya izin dan pemeriksaan, dan pinjaman berbunga rendah. Pejabat lokal harus menjamin bahwa apa pun insentif yang diberikan untuk peringanan risiko adalah demi tujuan-tujuan yang memenuhi persyaratan.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

Strategi 4: Adopsi dan Kuatkan Aturan Khusus untuk Perbaikan Bangunan

Perbaikan bangunan yang telah berdiri harus diutamakan jika upaya tersebut akan memperbesar daya menghadapi tsunami sampai pada tingkatan memadai untuk mencapai tujuan-tujuan yang dikenali, atau untuk meminimalkan hantaman puing-puing yang bisa merusak bangunan-bangunan di sekitarnya. Perbaikan bisa jadi diperlukan untuk seluruh bangunan dalam zona bahaya, atau mungkin hanya dimandatkan jika modifikasi substansial sudah dilakukan pada struktur-struktur yang ada atau jika ada perubahan-perubahan dalam penghunian bangunan.

Kerumitan berkaitan dengan penguatan struktur-struktur yang ada tampaknya membutuhkan pembangunan, pengadopsian, dan penerapan aturan-aturan khusus, standar-standar dan prosedur. Lebih jauh, boleh jadi perlu ada langkah-langkah tertentu untuk tujuan khusus, seperti aturan-aturan yang menuntun rehabilitasi bangunan bersejarah yang mungkin (dan mungkin juga tidak) mengandung persyaratan perlindungan terhadap bencana. Agaknya, dibutuhkan kelenturan untuk menjamin teknik-teknik peringanan bisa diterapkan kepada aset-aset tertentu tanpa secara serius mencederai ciri aslinya.

Standar-standar untuk *upgrading* (peningkatan mutu) bangunan melibatkan faktor-faktor yang sama sebagaimana mengkonstruksi

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

bangunan-bangunan baru; namun *upgrading* yang hendak mencapai tujuan terpilih akan lebih mahal penerapannya jika konstruksi sebelumnya yang dituju sudah selesai dibangun. Berurusan dengan kerawanan bangunan-bangunan yang telah berdiri memang sulit. Pasalnya, ada keterbatasan alternatif dan biaya perbaikan yang akan bertentangan dengan hidrodinamika (pergerakan air) dan dampak muatan/bobot.

Standar-standar perbaikan menghadapi bencana-bencana lain yang lebih sering terjadi, sangatlah mungkin juga diterapkan untuk menghadapi tsunami. Ini melingkupi pendirian bangunan di atas titik ketinggian dasar arus air, perbaikan fondasi untuk bertahan dari penggerusan dan erosi, menjangkarkan dan mengokohkan bangunan untuk bertahan dari guncangan gempa bumi. Meskipun standar-standar ini bisa mengurangi kehancuran akibat tsunami; khususnya tsunami-tsunami kecil yang lebih sering dan pernah tercatat; itu tidak menjamin bahwa bangunan tersebut mampu menghadapi gempuran hebat dari tsunami yang lebih besar.

Strategi 5: Hadirkan Insinyur dan Arsitek Teruji untuk Merancang Langkah-langkah Efektif untuk Melindungi Pembangunan yang Ada

Sebagaimana dibahas dalam prinsip 4, pakar harus diupayakan jasanya untuk membantu merancang standar-standar guna menghindarkan kerugian yang bakal menimpa. Keahlian khusus ini

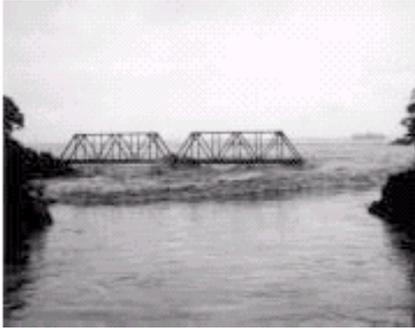
P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 5: Lindungi Pembangunan yang Ada dari Kerugian melalui Pembangunan Kembali, Perencanaan dan Proyek Pemanfaatan Kembali Lahan

penting perannya - manakala mempertimbangkan standar-standar untuk memperkuat pembangunan yang telah berdiri - karena kerumitan yang berhubungan dengan proyek tertentu dan juga kian besarnya kepercayaan kepada pengalaman dan penilaian. Para profesional di bidang perancangan dan insinyur yang mengkhususkan diri pada praktik rehabilitasi dan perbaikan bisa dicari melalui asosiasi-asosiasi profesi dan kontak-kontak melalui para praktisi lokal.

P.7 | P.6 | **P.5** | P.4 | P.3 | P.2 | P.1

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan



Gelombang mata bor yang bergerak melibas jembatan rel kereta di Sungai Wailuku, Hilo, Hawaii, pada tsunami tahun 1946. Sumber: Pacific Tsunami Museum

Dalam proses perencanaan dan perancangan, beberapa sarana umum masyarakat sepatutnya mendapatkan perhatian khusus untuk memperkecil kerusakan. Prasarana seperti sistem transportasi baik untuk manusia maupun barang, dan sistem seperti komunikasi, gas alam, persediaan air, pembangkit listrik, dan sistem pengiriman/penyaluran sangat penting untuk kelangsungan suatu masyarakat setempat dan dibutuhkan untuk tetap berfungsi--atau setidaknya dengan mudah dan cepat dapat diperbaiki--seusai terjadinya suatu bencana.

Sarana umum lain dapat dikategorikan penting karena penghuni dan atau fungsi di dalamnya. Sarana tersebut meliputi:

- 1) Sarana pelayanan penting seperti pemadam kebakaran;
- 2) Sarana rawan bahaya seperti pabrik kimia atau tangki penyimpanan bahan bakar; dan
- 3) Bangunan yang dihuni pekerjaan khusus seperti fungsi pemerintahan untuk mempertahankan kelangsungan masyarakat, bangunan-bangunan padat penghuni atau bangunan-bangunan yang penghuninya tidak mampu mengevakuasi dirinya dengan segera (seperti panti jompo dan fasilitas pengasuhan anak).

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

P.1

Peran Lokasi dan Rancangan Sarana-prasarana Penting yang Spesifik dalam Mengurangi Risiko Tsunami

Prasarana dan sarana penting seringkali terletak pada tepian pantai dalam wilayah rawan tsunami. Dalam beberapa kasus, seperti pusat pemadam kebakaran, tidak ada pilihan lokasi lain untuknya selain wilayah rawan tsunami. Dalam kasus lain sarana ini bisa begitu saja ditempatkan di luar wilayah tersebut

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

Proses untuk Menerapkan Strategi Penempatan dan Rancangan Sarana-prasarana Penting

1. Pahami Tanggung Jawab Penanggulangan Bencana Tsunami

Mengelola risiko tsunami adalah tanggung jawab yang sama-sama dipikul oleh pemerintah dan sektor swasta. Tergantung pada komunitasnya, sistem prasarana dan sarana penting bisa saja dimiliki dan dikelola oleh kewenangan lokal atau negara, daerah khusus, perusahaan swasta, organisasi-organisasi nirlaba, departemen federal dan lembaga-lembaga, kewenangan gabungan, atau lainnya. Program penanggulangan bencana membutuhkan keterlibatan semua pihak

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

dalam proses perencanaannya.

2. Pahami serta Jabarkan Sifat dan Jangkauan Bahaya Tsunami bagi Prasarana dan Sarana Penting

Prinsip 1 menyediakan informasi latar kajian risiko tsunami setempat dan skenario-skenario bahaya. Dalam kajian semacam ini, sangat penting untuk memasukkan informasi mengenai prasarana dan sarana kritis dan untuk mengidentifikasi penanggung jawab atas lokasi, rancangan, konstruksi, pengelolaan dan pemeliharannya. Tugas ini mencakup sebagai berikut :

- Mendefinisikan bahaya tsunami (lihat Prinsip 1) dan menguraikan intensitasnya (dampak-dampak yang diperkirakan) dan kemungkinan-kemungkinan terjadinya.
- Mendaftar dan mengumpulkan data mengenai unsur prasarana dan sarana penting pada daerah yang berpotensi terkena kerusakan dan jabarkan mengapa fungsi-fungsinya menjadikan ketahanan terhadap tsunami hal yang penting untuk masyarakat dan hal-hal yang membuat setiap sarana rentan terhadap kerusakan akibat tsunami.
- Identifikasi organisasi-organisasi yang terkait dan mengikut sertakan perwakilan mereka dalam proses penanggulangan bencana

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

3. Terapkan Kebijakan Pengelolaan Risiko yang Komprehensif

Masyarakat harus menerapkan kebijakan-kebijakan untuk mengelola risiko tsunami dan mengintegrasikannya ke dalam program-program pengelolaan pesisir, perencanaan guna lahan, pemetaan daerah banjir, rencana-rencana penanaman modal, program-program penataan bangunan, dan prosedur-prosedur untuk mengatur penggunaan dan keamanan sarana-sarana dekat garis pantai.

Sarana penting masyarakat harus dapat berfungsi selepas peristiwa bencana. Konsep ini termuat dalam Data Standarisasi Bangunan (DSB) dan bisa disesuaikan untuk bahaya tsunami. DSB mensyaratkan perhitungan terhadap gempa dan kekuatan angin untuk perancangan yang lebih kokoh, dan pemeriksaan struktural yang lebih selama pembangunan sarana penting masyarakat. Dengan "faktor kepentingan" DSB menaikkan tingkat kekuatan 15 sampai 50 persen diatas perhitungan standar untuk kategori bangunan hunian umumnya untuk memastikan struktur yang lebih kuat dan kokoh.

4. Terapkan Rencana Sarana-prasarana Penting yang Komprehensif

Komunitas harus meninjau kembali atau mengambil langkah-langkah yang berkaitan dengan prasarana baru maupun yang sudah ada, sarana penting, dan kegunaan yang bergantung pada lokasi tepi perairan sehubungan dengan bahaya-bahaya tsunami. Rencana-



Sebuah kapal tersapu 120 meter dari dermaga ke daratan pada tsunami tahun 1946 di Hilo, Hawaii. Sumber: Museum Tsunami Pasifik

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

Contoh Prasarana dan Sarana Penting

PRASARANA

Sistem transportasi

- Jalan, jalan bebas hambatan, jembatan, lahan dan gedung parkir, dan sistem pengendalian lalu lintas
- Rel, jembatan dan area langsir kereta api untuk penumpang dan angkutan barang.
- Sistem transit (rel, trolley, trem dan gerbong), gudang dan fasilitas perawatan, pusat tenaga listrik dan gardu-gardunya, sistem kendali, jembatan, terowongan dan lorong.
- Bandara udara dan menara kontrol.
- Pelabuhan dan sistem kontrol lalu lintas laut, terminal, fasilitas bongkar muat, fasilitas gudang, dok, tambatan kapal, dermaga, dinding laut dan dinding sekat.

(bersambung)

rencana prasarana dan sarana penting yang komprehensif harus menentukan sasaran kinerja untuk beragam sarana komunitas yang akan dibangun maupun yang sudah ada. Menyiasatinya harus termasuk pemindahan atau, jika mungkin memperkuat prasarana dan sarana penting yang sudah ada terhadap kekuatan tsunami. Harus juga mencakup penyediaan sarana-sarana yang dibuat lebih dari satu untuk dicadangkan dan langkah-langkah tindakan darurat untuk mengurangi risiko kehilangan prasarana dan sarana penting.

Pengajuan rencana untuk pembangunan sarana penting dan prasarana baru yang terletak di wilayah rawan tsunami, harus dipertimbangkan dengan seksama untuk memastikan bahwa standar kinerja bangunan yang diharapkan terpenuhi ketika langkah-langkah perancangan diterapkan. Pengajuan rencana untuk pembangunan sarana penting dan prasarana baru harus dievaluasi dari segi bertambahnya risiko karena adanya pertumbuhan. Sebagai contoh, pembangunan gedung dan sarana-sarana baru dapat disertai pengadaan air bersih atau pembuangan limbah baru di daerah bencana.

Prasarana dan sarana penting yang sudah ada seringkali problematis. Cukup sulit dan mahal untuk memperbaiki daya tahan prasarana dan sarana penting yang sudah terlanjur ada terhadap tsunami, sementara pemindahan lokasi pada umumnya tidak praktis, terutama dalam jangka waktu dekat. Namun, memahami risiko yang dimiliki

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

P.7
P.6
P.5
P.4
P.3
P.2
P.1

prasarana dan sarana penting yang sudah ada ini serta mengantisipasi konsekuensi peristiwa tsunami bisa menunjang strategi-strategi penanggulangan risiko dalam jangka panjang (lihat Prinsip 5 untuk pembahasan yang lebih rinci mengenai permasalahan bangunan-bangunan yang sudah ada).

Karena keberagaman sifat dan perbedaan kepentingan dari sistem-sistem prasarana dan sarana penting, harus diupayakan penyusunan urutan kepentingan-kepentingan relatifnya terhadap komunitas untuk menetapkan sasaran kinerja yang dapat mempermudah panduan tindakan-tindakan penanggulangan bencana.

Tugas ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

- Menentukan tingkat kinerja yang memadai sebagai standar (misalnya, kondisi kerusakan yang wajar pada tingkat intensitas kemungkinan tsunami tertentu). Lihat Prinsip 4 untuk pembahasan mengenai tingkat kinerja ketahanan.
- Mengetahui sejauh apa setiap sistem dan sarana yang ada mengantisipasi penanggulangan tsunami dan gempa bumi termasuk bahaya-bahaya alam penting lain, seperti potensi tanah longsor atau keretakan tanah.
- Menetapkan skala kepentingan relatif untuk memfokuskan upaya-upaya penanggulangan bencana (misalnya mencegah rusaknya

Contoh Prasarana dan Sarana Penting (sambungan)

Sistem utilitas

- Sistem generator, transmisi, pencabangan dan distribusi listrik.
- Sistem produksi, proses, penyimpanan, transmisi, pompa dan distribusi gas alam.
- Sistem komunikasi darat: stasiun penyaluran hubungan komunikasi, jalur utama dan jalur data
- Sistem selular, stasiun penyaluran hubungan komunikasi, antena dan menara.
- Sistem kabel untuk televisi, radio dan data.
- Sistem satelit untuk televisi dan data.
- Sistem air minum: sumur, sumber air, gudang, pompa, sistem pengolahan air dan distribusi.
- Saluran air kotor, pompa, fasilitas pengolahan air kotor dan pembuangan.

(bersambung)

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

Contoh Prasarana dan Sarana Penting (sambungan)

- Jalur pipa untuk oli, bahan bakar dan produk-produk minyak mentah lainnya.
- Fasilitas pembuangan air arus deras, parit dan jalur pipa.

SARANA

Jasa pelayanan utama

- Kantor polisi.
- Pemadam kebakaran.
- Rumah sakit dengan fasilitas bedah dan gawat darurat.
- Fasilitas dan peralatan operasional dan komunikasi darurat.
- Garasi dan penampungan untuk kendaraan dan pesawat darurat.
- Alat pembangkit listrik darurat bagi jasa-jasa pelayanan utama.

(bersambung)

sistem air bersih mungkin lebih penting daripada mencegah rusaknya sistem pelimbahan air)

- Menetapkan interval masa kelumpuhan yang masih bisa ditoleransi dari setiap unsur sarana/prasarana (misalnya, rumah sakit umum harus paling tidak bisa berfungsi dalam jangka waktu satu jam selepas peristiwa bencana, sementara jalan utama bisa dibiarkan tak berfungsi sementara selama 2 minggu)
- Untuk prasarana dan sarana penting baru, pastikan tingkatan kinerja ketahanan yang memadai dan apakah kegunaannya bergantung pada lokasi tepi air.

Untuk prasarana dan sarana penting yang ada, pastikan pilihan penanggulangan bencana atau kombinasi dari beberapa pilihan yang dapat mengurangi risiko dan apakah risiko kerusakan yang ada dapat ditolerir.

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Strategi Spesifik Lokasi dan Rancangan Sarana-prasarana Penting untuk Mengurangi Risiko Tsunami

Strategi 1: Tentukan Lokasi atau Rancangan Sarana Prasarana Penting yang Baru di Luar Area Bahaya Tsunami untuk Menangkal Terpaan Tsunami

- Pelajari rencana prasarana dan sarana penting untuk melihat apakah ada lokasi-lokasi, formasi dan rute-rute alternatif dengan tingkat efisiensi yang setara. Kebanyakan sarana penting tidak harus berlokasi di daerah bahaya tsunami untuk dapat berfungsi sesuai dengan tujuannya. Beberapa sarana utama mungkin perlu ditempatkan di daerah bahaya tsunami karena lokasi alternatif tidak dapat melayani kebutuhan harian komunitas.
- Lindungi lokasi-lokasi penampungan untuk prasarana dan sarana penting, baik di dalam maupun di luar daerah bahaya tsunami, di mana risiko dapat dikurangi dengan langkah-langkah yang mudah dan terukur.
- Cegah pembangunan sarana penting yang baru di daerah bahaya tsunami, kecuali 1) Sarana tersebut sangat bergantung pada daerah pesisir dan risiko tingkat kerusakannya dapat dikurangi melalui rancangan dan spesifikasi teknis bangunan, sehingga dapat

Contoh Prasarana dan Sarana Penting (sambungan)

- Tangki air atau peralatan pemadam api lainnya untuk melindungi fasilitas-fasilitas utama atau khusus.
- Kantor permanen petugas keselamatan.

Fasilitas-fasilitas khusus

- Sekolah.
- Kampus dan universitas.
- Rumah-rumah perawatan dan pusat pemulihan.
- Komunitas jompo.
- Struktur hunian massal.
- Stasiun pembangkit listrik dan fasilitas penunjang operasional lainnya.

(bersambung)

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

Contoh Prasarana dan Sarana Penting (sambungan)

Fasilitas Berbahaya

- Dok penyimpanan bahan bakar.
- Gudang penyimpanan limbah nuklir.
- Fasilitas penyimpanan bahan kimia.
- Kendaraan dan truk tangki bahan kimia.
- Gudang bahan peledak, dok bongkar muat dan pelabuhan.

berfungsi sesuai kebutuhan, 2) Risiko dapat dikurangi melalui langkah-langkah penanggulangan dan rencana darurat, atau 3) Kebutuhan akan sarana tersebut lebih tinggi dibanding konsekuensi dari hilangnya sarana tersebut akibat tsunami (misalnya, sebuah rumah sakit kecil yang terpencil, di daerah rawan tsunami, menjadi beralasan karena sangat dibutuhkan untuk berada dekat dengan warga pada keadaan darurat).

- Cegah pengembangan prasarana yang dapat mendorong pembangunan sarana lain yang rentan terhadap bahaya tsunami.
- Pertimbangkan akibat dari prasarana baru terhadap intensitas dan distribusi bahaya. Sebagai contoh, apakah sarana baru ini akan mengakibatkan perubahan pola pembuangan air, meningkatkan kemungkinan terpaan, atau arus saluran yang dapat mengakibatkan bertambahnya bahaya?
- Sediakan sarana dan prasarana lebih banyak atau berkapasitas lebih di luar daerah bahaya tsunami dengan kemampuan melayani daerah-daerah berisiko tinggi.
- Pekerjakan tenaga ahli di bidang pesisir, konstruksi dan geoteknis dalam proyek-proyek prasarana dan sarana penting di daerah berisiko tinggi. Masyarakat harus memantau proposal proyek yang menuntut terlibatnya tenaga profesional yang memenuhi syarat, melihat apakah organisasi pelaksana melibatkan tenaga ahli sejak

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

P.1

P.2

P.3

P.4

P.5

P.6

P.7

awal proyek, dan menempatkan sumber-sumber tenaga ahli yang dapat dihubungi bilamana diperlukan.

- Bilamana penempatan prasarana dan sarana penting di luar daerah bahaya tsunami tidak praktis, pastikan bahwa mekanisme yang memadai tersedia agar dapat mengisolasi area yang rusak, seperti katup penutup, jalan putar dan lainnya.

Strategi 2: Lindungi atau Pindahkan Prasarana dan Sarana Penting yang Sudah Ada

- Cegah terjadinya pengembangan atau renovasi sarana yang sudah ada di daerah bahaya tsunami tanpa mengambil langkah-langkah untuk mengurangi risiko.
- Bangun struktur penghalang (dinding dan kolom beton bertulang) untuk memberi perlindungan terhadap terpaan dan pengikisan.
- Naikkan posisi sarana yang ada di atas batas ketinggian terpaan air.
- Pindahkan sebagian dari sarana-sarana yang berisiko.
- Manfaatkan kondisi ketidaklayakan sarana yang sudah ada sebagai kesempatan untuk mengganti, memindahkan atau menentukan standar rancangan baru yang mampu menghadapi tsunami.

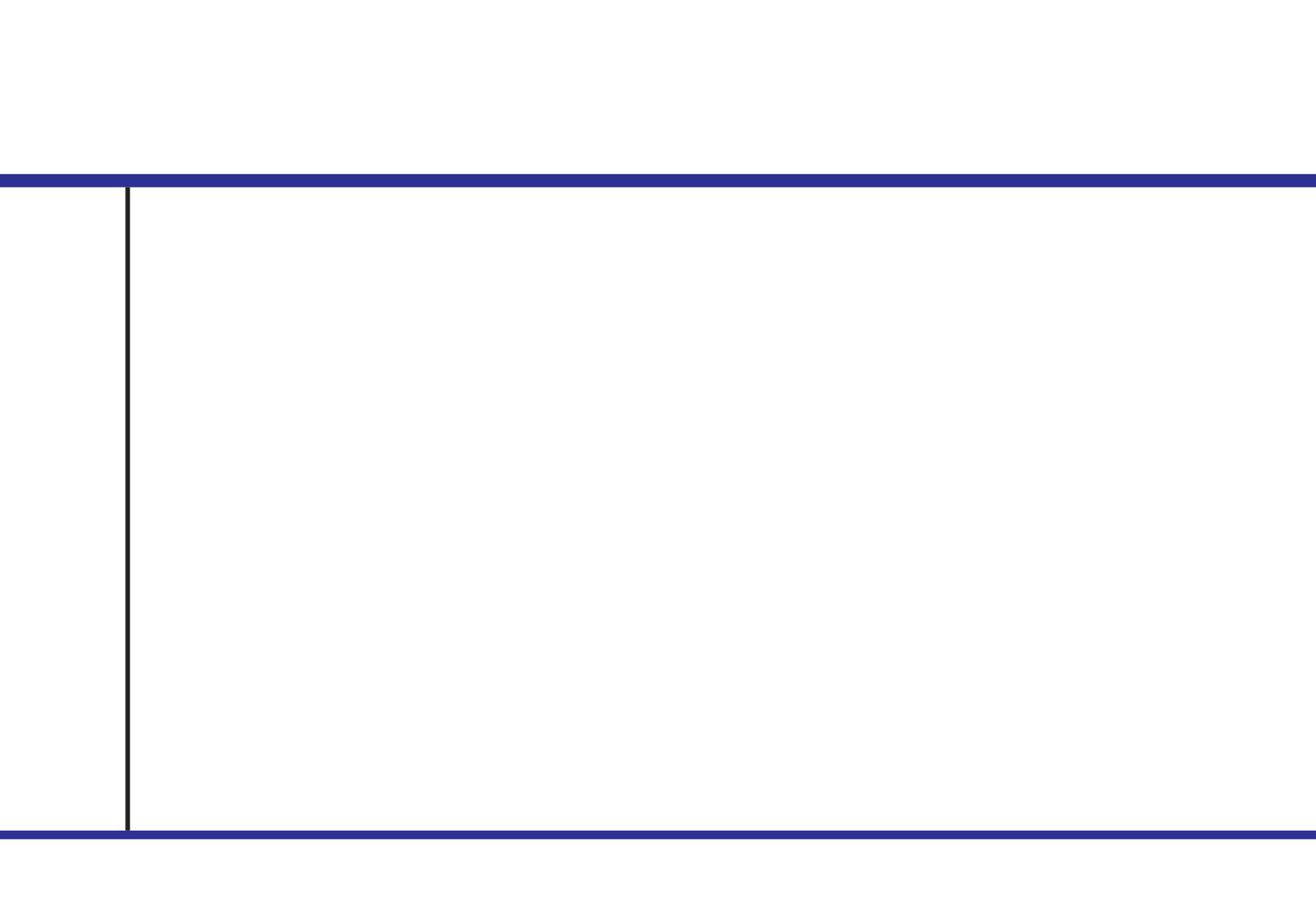
Prinsip 6: Lakukan Pencegahan Khusus dalam Menempatkan serta Merancang Infrastruktur dan Fasilitas Penting untuk Mengurangi Kerusakan

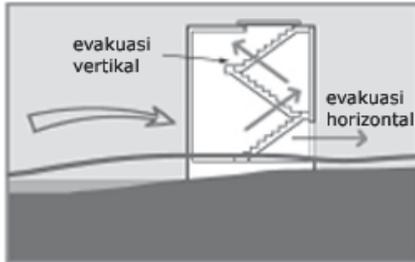


Tangki minyak terbakar akibat tsunami pada tahun 1964 di Highway 101 dekat Crescent City, California. Sumber: Del Norte Historical Society

Strategi 3: Rencana untuk Keadaan Darurat dan Pemulihan

- Persiapkan rencana darurat untuk menghadapi situasi darurat dan mempercepat pemulihan.
- Bilamana prasarana dan sarana penting yang bergantung pada daerah pantai tidak dapat diperbarui agar dapat menghadapi tsunami, maka sarana tersebut harus diabaikan dan perlu direncanakan langkah-langkah evakuasi, tindakan darurat, pemulihan dan sarana pengganti. Harus diingat bahwa akibat tsunami sarana yang sudah kuno dapat mudah hancur dan menghantam orang dan struktur-struktur bangunan lainnya.





Evakuasi vertikal dan horisontal

Strategi utama untuk segera menyelamatkan jiwa sebelum gelombang tsunami datang adalah mengevakuasi penduduk dari wilayah bahaya. Dua metode yang umumnya diterapkan:

- evakuasi horisontal, yaitu memindahkan penduduk ke lokasi-lokasi yang lebih jauh atau ke dataran yang lebih tinggi
- evakuasi vertikal, yaitu memindahkan penduduk ke lantai-lantai lebih tinggi di dalam bangunan-bangunan

Evakuasi horisontal dan tindakan darurat lainnya berada di luar lingkup panduan ini dan telah disinggung di dalam publikasi-publikasi lain (lihat Sumber Acuan dan Bibliografi di akhir panduan). Tetapi, evakuasi vertikal disinggung di dalam panduan ini sebab berkaitan dengan perihal pemanfaatan lahan, penempatan, dan rancangan serta konstruksi bangunan.

Peran Evakuasi Vertikal dalam Mengurangi Kerugian Tsunami

Mengevakuasi penduduk dapat menyelamatkan banyak jiwa dan mengurangi cedera, tetapi efektivitasnya rendah dalam mengurangi kerugian ekonomis dan properti. Pada wilayah-wilayah pesisir dengan kepadatan bangunan dan penghuni tinggi; jalan, jembatan dan metode evakuasi horisontal lain terbatas; atau waktu peringatan tak

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

P.7
P.6
P.5
P.4
P.3
P.2
P.1

mencukupi, maka dibutuhkan evakuasi vertikal sebagai alternatif atau tambahan bagi evakuasi horisontal. Perencanaan pemanfaatan lahan, perencanaan wilayah, dan rancangan bangunan yang telah dibahas dalam prinsip-prinsip sebelum ini, berperan penting dalam kemampuan sebuah komunitas penduduk untuk setidaknya mengandalkan evakuasi vertikal untuk melindungi penduduk.

Proses Pelaksanaan Suatu Strategi Evakuasi Vertikal

1. Daftar Bangunan-bangunan yang Ada

Persediaan bangunan untuk evakuasi vertikal sangat bervariasi di antara berbagai komunitas. Maka, sebuah daftar dari penduduk dan taksiran bangunan-bangunan yang dapat difungsikan sebagai tempat penampungan evakuasi vertikal, menjadi penting. Hal ini sukar dilaksanakan jika informasi penting tentang bangunan-bangunan, misalnya gambar dan kalkulasi, bisa saja tak tersedia. Pembangun profesional berperan penting dalam mengevaluasi kapasitas dari struktur bangunan untuk bertahan dari bencana yang diantisipasi, dan laporan-laporan mereka kerap membawa pada kerja rehabilitasi dan pemantapan-ulang yang dirancang untuk memperkuat bangunan-bangunan. Topik ini dibahas lebih rinci dalam Prinsip 5.

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

2. Pastikan Penerapan Standar yang Cukup pada Bangunan-bangunan Baru

Bangunan-bangunan baru yang akan dipersiapkan sebagai tempat penampungan evakuasi vertikal harus memiliki kekokohan struktural yang cukup untuk menahan gelombang tsunami dan gempa bumi pra-tsunami lokal. Peraturan bangunan dan standar-standar terapan lain harus dapat memastikan kekuatan bangunan-bangunan baru tersebut terhadap tsunami dan gempa bumi. Standar-standar ini harus melampaui kebutuhan minimum syarat keamanan dari peraturan bangunan yang sering dipakai secara lokal. Masyarakat dan pemilik-pemilik bangunan juga harus mendapatkan bantuan para profesional yang memenuhi syarat dalam bidang-bidang geoteknik, pesisir dan teknik struktural. Informasi lebih lanjut tentang penempatan bangunan dan rancangan dapat dilihat dalam Prinsip 3, 4, 5 dan 6.

3. Siapkan Personil Pelayanan pada Keadaan Darurat untuk Memimpin Program

Evakuasi vertikal, meski keberhasilannya tergantung pada struktur bangunan, utamanya adalah sebuah kesiapan dalam keadaan darurat dan tindakan respon. Maka, penting bagi pejabat-pejabat komunitas yang bertugas menangani perencanaan dan pengelolaan program-program darurat dan operasi-operasinya, mengambil tanggung jawab pimpinan bagi perencanaan evakuasi vertikal. Sebagai pelengkap,

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

P.7
P.6
P.5
P.4
P.3
P.2
P.1

sangatlah penting untuk melibatkan para pemilik dan penyewa bangunan dalam proses pengembangan program evakuasi vertikal.

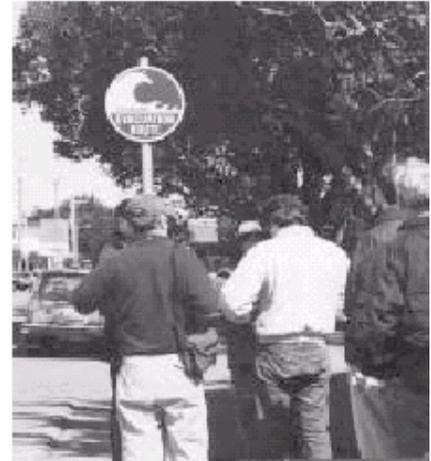
4. Selesaikan Berbagai Perihal Terkait

Ada berbagai perihal lain yang penting dalam evakuasi vertikal. Hal-hal ini beragam di antara komunitas penduduk atau negara bagian, tetapi termasuk di dalamnya adalah kebutuhan-kebutuhan kesiapan dalam keadaan darurat, standar-standar penanggulangan bagi masyarakat yang melakukan evakuasi, akses kepada tempat-tempat perlindungan yang disiapkan, dan agen-agen publik dan pemilik-pemilik bangunan yang dapat bertanggung jawab.

Strategi Spesifik Rencana Evakuasi Vertikal untuk Mengurangi Dampak Tsunami bagi Warga

Strategi 1: Identifikasi Bangunan-bangunan Spesifik sebagai Tempat Perlindungan Vertikal

Beberapa bangunan yang telah ada dapat digunakan sebagai tempat perlindungan vertikal dan bangunan-bangunan baru dapat ditempatkan, dirancang, dan dikonstruksi dengan pertimbangan penggunaan tersebut. Para petugas bangunan lokal dan konsultan



Rambu rute evakuasi tsunami di Crescent, City, California. Sumber: FEMA

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

pembangun dapat membantu menyusun daftar bangunan-bangunan potensial yang dimiliki masyarakat, mengevaluasi kemampuan ketahanan bangunan-bangunan tersebut dari tsunami/ gempa bumi, serta mengembangkan kriteria dan standar untuk rehabilitasi atau konstruksi baru yang dapat menahan berbagai bahaya agar bangunan tersebut dapat dipergunakan sebagai tempat perlindungan.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan kelayakan sebuah bangunan yaitu antara lain ukuran, jumlah lantai, akses, isi bangunan, dan pelayanan yang tersedia di dalamnya. Hanya bangunan-bangunan yang diperkirakan mampu menahan bencana potensial tsunami dan gempa bumi, serta memenuhi syarat hunian, yang sebaiknya disiapkan sebagai tempat perlindungan. Contohnya, jika taksiran ketinggian gelombang tsunami tak melebihi satu lantai (sekitar 3 meter), maka rancangan lantai-terbuka dapat diterapkan agar gelombang dapat melintas dengan kerusakan minimal pada bangunan. Informasi lebih jauh tentang evaluasi ketahanan tsunami bangunan-bangunan yang telah ada dibahas di dalam Prinsip 5.

Strategi 2: Buat Persetujuan dan Prosedur dengan Pemilik Bangunan

Pada umumnya, tempat perlindungan untuk evakuasi vertikal disiapkan di dalam bangunan-bangunan yang kepemilikannya pribadi. Agar suatu program dapat berjalan efektif, maka persetujuan

P.1
P.2
P.3
P.4
P.5
P.6
P.7

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

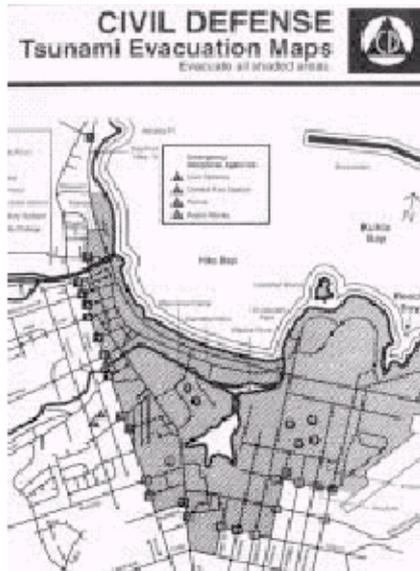
P.7
P.6
P.5
P.4
P.3
P.2
P.1

yang tepat harus dinegosiasikan dengan para pemilik bangunan, dan mereka baik pemilik maupun perwakilannya harus dilibatkan dalam perumusan dan pemeliharaan program. Meski berbeda-beda dalam berbagai komunitas penduduk dan negara bagian, umumnya perihal yang penting bagi para pemilik adalah yang menyangkut pemberitahuan, standar perawatan, kompensasi, lama penghunian, keamanan dan pertanggungjawaban.

Strategi 3: Pastikan Adanya Prosedur untuk Menerima dan Menyebarkan Peringatan Bahaya

Bagi komunitas yang rentan terhadap tsunami, sangatlah penting untuk memiliki prosedur dan sistem yang memadai dalam pemberitahuan resmi, agar langkah-langkah tepat dapat diambil, terkadang beberapa jam sebelum datangnya tsunami dari jauh. Tsunami lokal punya masalah khusus, sebab keterbatasan waktu tak memungkinkan diberikannya peringatan resmi. Beberapa komunitas memberikan penerangan dan pelatihan bagi warga dan pendatang untuk segera melakukan evakuasi kapan saja gempa bumi terasa. Jika tak ada peringatan tsunami yang dikeluarkan, maka orang-orang bisa kembali setelah beberapa saat.

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi



Peta evakuasi tsunami diambil dari buku telepon bagian pertahanan sipil kota Hilo, Hawaii.

Strategi 4: Terapkan Informasi yang Efektif dan Program-program Pendidikan

Masyarakat dapat menggunakan brosur, instruksi satu-lembar, uji coba sistem peringatan secara berkala, informasi media elektronik dan cetak, sinyal-sinyal, dan latihan-latihan respon keadaan darurat untuk terus menjaga pemahaman dan menanamkan perilaku respon yang efektif. Beberapa informasi ini ditujukan bagi institusi-institusi seperti sekolah, rumah sakit, fasilitas perawatan-pemulihan, dan anggota komunitas yang tidak bisa berbahasa Indonesia (misalnya berbahasa daerah atau bahasa etnis). Disebabkan adanya pariwisata musiman di banyak komunitas daerah-daerah pesisir, maka beberapa informasi perlu dirancang khusus untuk para wisatawan/pendatang. Tergantung pada kebutuhan sebuah komunitas, upaya-upaya informasi dan pendidikan ini penting diadakan secara rutin, komprehensif, dan dibuat tersendiri untuk fasilitas dan populasi khusus.

Strategi 5: Pelihara Program dalam Jangka Panjang

Tsunami merupakan peristiwa langka, tetapi dampaknya pada penduduk di daerah pesisir bisa sangat merusak. Merupakan sebuah tantangan untuk dapat menjaga program-program kesiapan dalam keadaan darurat berikut prosedurnya ketika ancaman tersebut diperkirakan masih lama. Ukuran-ukuran evakuasi vertikal menjadi

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

P.7
P.6
P.5
P.4
P.3
P.2
P.1

penting untuk diintegrasikan ke dalam rencana-rencana respon penduduk dan ditinjau ulang serta direvisi secara teratur. Karena kerjasama sangat dibutuhkan dalam hal ini, peninjauan ulang harus mengikutsertakan para pemilik bangunan dan pihak-pihak lain yang terkait dalam program. Simulasi berkala adalah latihan dan pelajaran yang berharga, juga material berkandungan informasi dan instruksi harus disediakan bagi para penduduk yang menghuni wilayah-wilayah potensial kerusakan tsunami.

Prinsip 7: Studi Kasus



Logo zona bahaya tsunami

Studi Kasus: Program-program Peringatan Bahaya Tsunami

Berikut adalah sebuah deskripsi program peringatan bahaya tsunami. Topik ini tidak terkait langsung dengan evakuasi vertikal, tetapi memberikan informasi dasar yang berguna.

Sebagai bagian dari upaya kerjasama internasional untuk menyelamatkan jiwa dan melindungi properti, Administrasi Samudera dan Atmosfer Nasional bersama Pelayanan Cuaca Nasional (*National Oceanic and Atmospheric Administrations* (NOAA) dan *National Weather Service*) mengoperasikan dua pusat peringatan bahaya tsunami. Pusat Peringatan Tsunami Pesisir Barat dan Alaska (WCATWC) di Palmer, Alaska, berfungsi sebagai pusat peringatan bahaya tsunami regional untuk kawasan Alaska, British Columbia, Washington, Oregon, dan California.

Pusat Peringatan Bahaya Tsunami (PTWC) di Pantai Ewa, Hawaii, berfungsi sebagai pusat peringatan bahaya tsunami untuk Hawaii, juga pada skala nasional/internasional yang bisa membahayakan kawasan Pasifik. Upaya peringatan bahaya internasional ini adalah sebuah kesepakatan resmi dari tahun 1965 ketika PTWC menerima tanggung jawab bagi peringatan bahaya internasional dari Sistem Peringatan Bahaya Tsunami Pasifik (PTWS). PTWS terdiri dari 26 negara anggota yang dihimpun sebagai Grup Koordinasi Internasional

Prinsip 7: Studi Kasus

P.7
P.6
P.5
P.4
P.3
P.2
P.1

untuk Sistem Peringatan Bahaya Tsunami di Pasifik.

Kedua pusat peringatan bahaya tsunami mengkoordinasikan informasi yang disebarluaskan. Tujuan pusat-pusat ini adalah untuk mendeteksi, menetapkan lokasi, dan memastikan besaran gempa-gempa bumi yang potensial mengakibatkan tsunami (*potentially tsunamigenic earthquakes*). Informasi gempa bumi diberikan oleh stasiun-stasiun pengamat gempa. Jika lokasi dan besaran sebuah gempa bumi memenuhi kriteria untuk menghasilkan tsunami, sebuah peringatan bahaya dikeluarkan untuk memperingatkan tentang bahaya tsunami yang akan segera datang. Termasuk di dalam peringatan ini ialah waktu tiba tsunami yang diramalkan tersebut di komunitas pesisir tertentu dalam wilayah geografis, yang ditentukan oleh jarak maksimal yang ditempuh tsunami dalam beberapa jam. Pemantauan tsunami dengan tambahan waktu kedatangan yang diramalkan, dikeluarkan untuk kawasan geografis yang ditentukan oleh jarak tempuh tsunami dalam periode waktu kemudian.

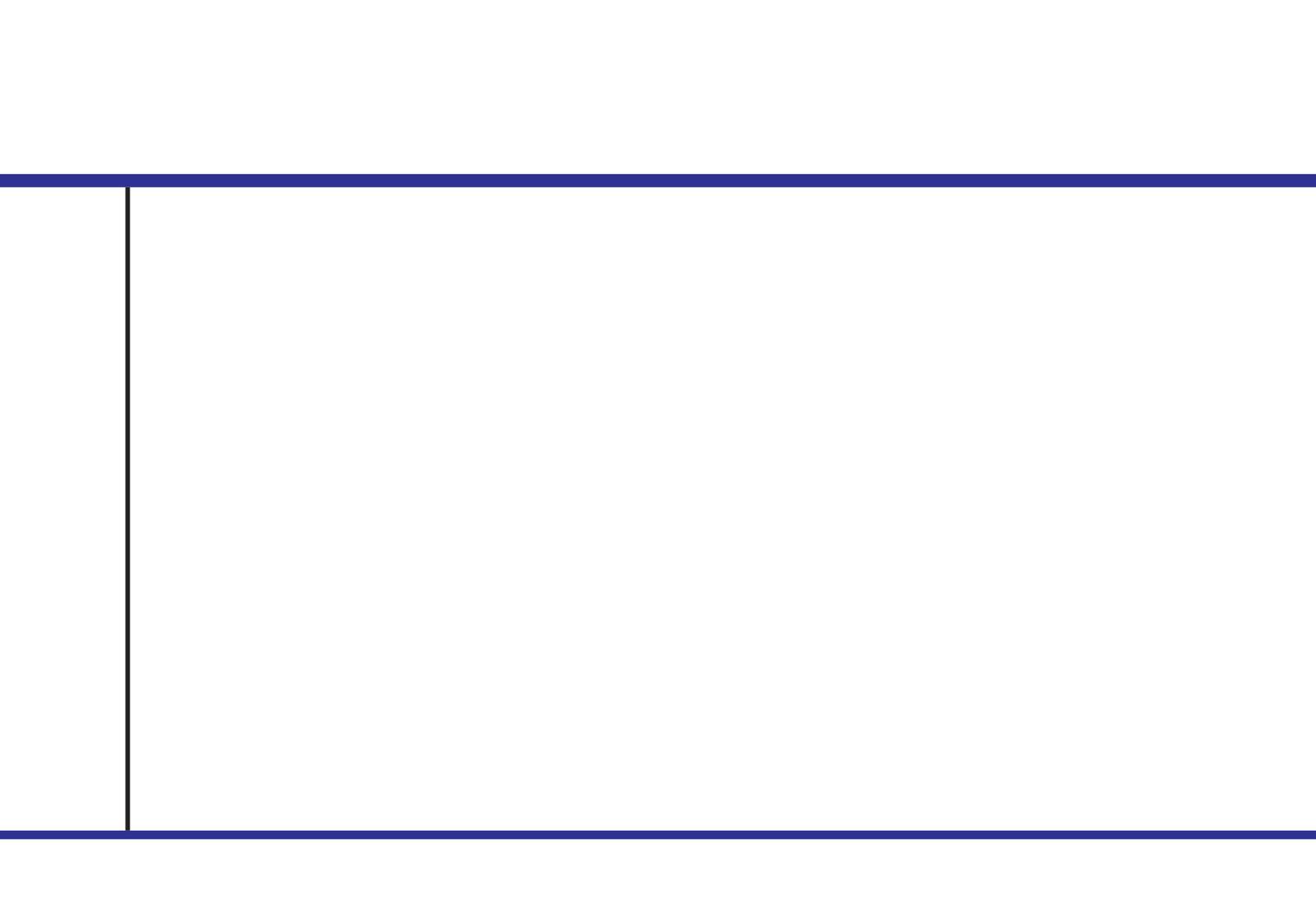
Jika sebuah tsunami yang signifikan dapat terdeteksi oleh perangkat monitor permukaan-laut, peringatan bahaya tsunami diperluas ke seluruh Samudera Pasifik. Informasi permukaan-laut (atau pasang surut) disediakan oleh *National Ocean Service*, NOAA, PTWC, WCATWC, jaringan pemantauan universitas, dan negara-negara peserta PTWS. Pemantauan tsunami, peringatan bahaya, dan buletin informasi disebarluaskan kepada para petugas keadaan darurat yang

Prinsip 7: Rencanakan Evakuasi

terkait dan masyarakat umum, melalui berbagai metode komunikasi:

- Pemantauan tsunami, peringatan bahaya, dan buletin informasi yang dikeluarkan oleh PTWC dan WCATWC; disebarluaskan kepada pengguna di tingkat lokal, negara bagian, nasional dan internasional, serta media massa. Para pengguna ini, pada gilirannya, menyebarkan informasi tsunami kepada masyarakat, umumnya lewat radio dan saluran-saluran televisi.
- Sistem Radio Cuaca NOAA, yang berbasis pada lokasi-lokasi pemancar VHF yang berjumlah banyak, memancarkan siaran langsung tentang informasi tsunami kepada masyarakat.
- The *U.S. Coast Guard* juga menyiarkan peringatan mendesak yang berhubungan dengan kelautan dan informasi tsunami yang terkait lainnya kepada pengguna di pesisir yang dilengkapi dengan radio frekuensi menengah (FM) dan frekuensi sangat tinggi (VHF).

Pemerintah lokal dan pihak-pihak pengelola keadaan darurat bertanggung jawab dalam merumuskan dan melaksanakan rencana evakuasi pada wilayah-wilayah yang diberi peringatan bahaya tsunami. Masyarakat umum harus terus memantau siaran media lokal untuk perintah evakuasi, jika ada peringatan bahaya yang dikeluarkan. Masyarakat tidak boleh kembali ke wilayah-wilayah dataran rendah hingga ancaman tsunami telah lewat dan pemerintah lokal mengumumkan keadaan “sudah aman.”



DAFTAR ISTILAH

Amplitudo (*Amplitude*):

Naik atau turunnya tsunami di atas atau di bawah ketinggian air di sekitarnya yang terbaca pada ukuran ombak.

Mata Bor (*Bore*):

Gelombang yang berjalan dengan sisi depan vertikal atau dinding air. Dalam kondisi tertentu, sisi luar terdepan suatu gelombang tsunami bisa membentuk mata bor ketika mendekati dan berjalan di daratan. Mata bor bisa saja terbentuk ketika tsunami memasuki kanal sungai dan mungkin berjalan melawan arus menembus jarak yang jauh ke dalam daratan dibanding terpaan banjir biasa.

Resonansi Pelabuhan (*Harbor Resonance*):

Pantulan lanjutan dan interferensi (paduan dari dua gelombang yang menghasilkan resultan dan mengakibatkan penguatan atau penghilangan) gelombang dari sisi luar sebuah pelabuhan atau teluk sempit. Interferensi ini bisa menyebabkan amplifikasi ketinggian gelombang dan memperpanjang masa aktifitas gelombang sebuah

tsunami.

Jarak Terpaan Horizontal (*Horizontal Inundation Distance*):

Jarak suatu gelombang tsunami menembus ke dalam daratan. Diukur secara horizontal dari angka tengah posisi tinggi permukaan laut dari sisi ujung luar air, biasanya sebagai jarak maksimum suatu segmen tertentu sebuah pantai.

Terpaan (*Inundation*):

Kedalaman air, relatif terhadap suatu tingkat patokan yang dinyatakan, yang membanjiri suatu lokasi.

Wilayah Terpaan (*Inundation Area*):

Wilayah yang dibanjiri air.

Garis Terpaan (batas) (*Inundation Line (limit)*):

Batas dalam daratan yang dibasahi, diukur secara horizontal dari sisi luar pantai, didefinisikan oleh angka tengah tinggi permukaan laut.

DAFTAR ISTILAH

Tsunami Lokal/Regional (*Local/Regional Tsunami*):

Sumber tsunami berada dalam 1.000 km dalam wilayah yang dimaksud. Tsunami lokal atau dekat (nearfield) mempunyai waktu perjalanan sangat pendek (30 menit atau kurang), tsunami menengah atau regional berjalan sekitar 30 menit sampai 2 jam.

Catatan: tsunami "lokal" kadang-kadang digunakan untuk menyebut tsunami yang disebabkan oleh tanah longsor.

Periode (*Period*):

Lama waktu antara dua puncak atau lembah gelombang yang susul menyusul. Bisa bervariasi tergantung interferensi gelombang yang rumit. Periode tsunami biasanya berlangsung antara 5 sampai 60 menit.

Kenaikan air (*Run-up*):

Ketinggian air maksimum di daratan yang diamati di atas suatu patokan tinggi permukaan laut. Biasanya diukur di batas terpaan horizontal.

***Seiche* (fluktuasi permukaan air):**

Gelombang yang bergerak bolak balik baik sebagian maupun sepenuhnya terdiri dari kumpulan air. Mungkin disebabkan oleh gelombang seismik dalam periode yang panjang, gelombang angin dan air, atau tsunami.

Gelombang pasang (*Tidal Wave*):

Istilah umum untuk tsunami yang digunakan dalam literatur lama, deskripsi historis dan pembicaraan awam. Ombak yang disebabkan oleh tarikan gravitasional matahari dan bulan, bisa meningkatkan atau menurunkan dampak tsunami, tapi tidak berhubungan dengan kemunculan atau keluasan penyebarannya. Meski demikian, sebagian besar tsunami (awalnya) kelihatan seperti ombak yang naik atau terbentuk dengan sangat cepat saat mendekati pantai dan jarang sekali muncul hanya sebagai dinding air vertikal.

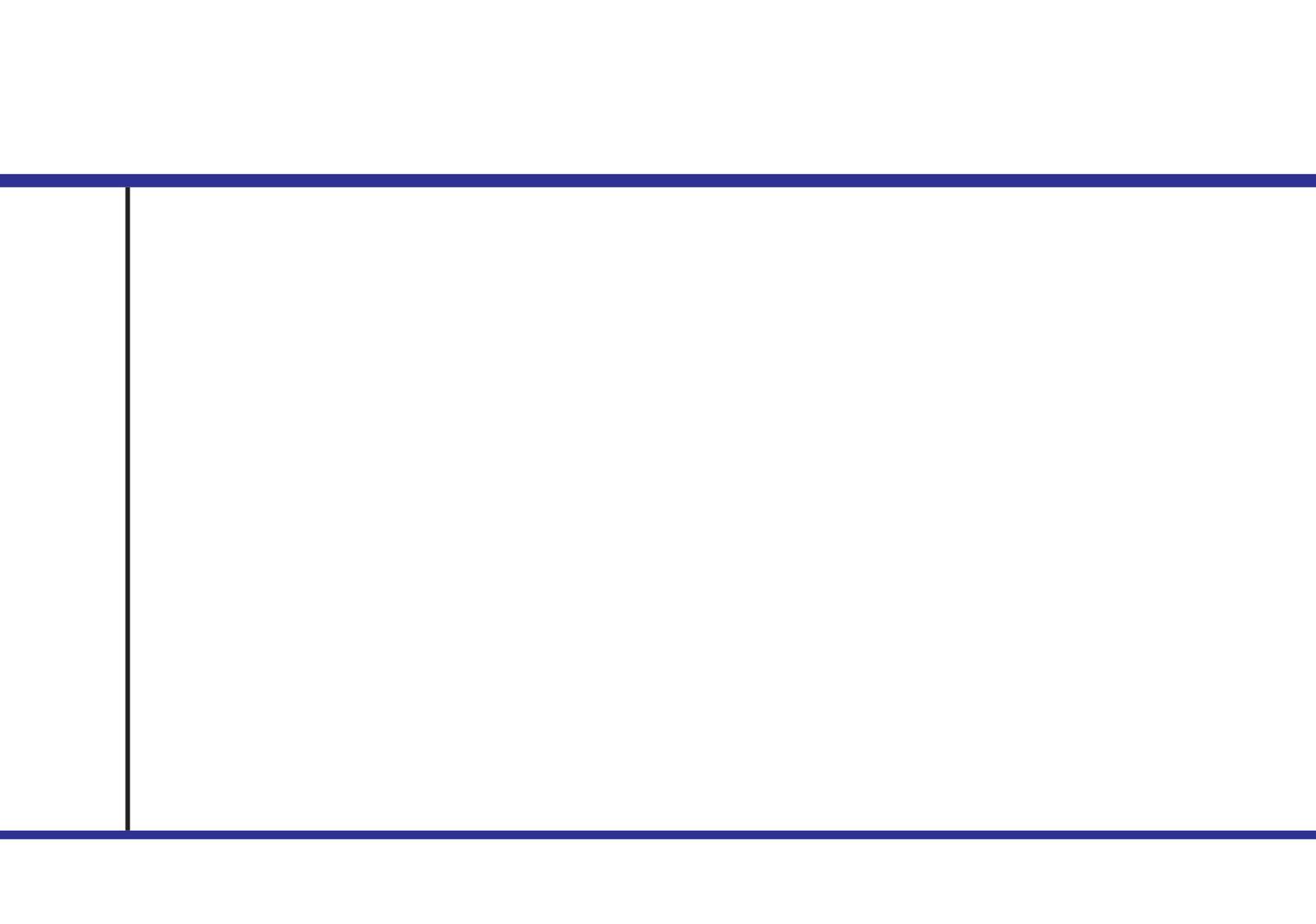
DAFTAR ISTILAH

Waktu Perjalanan (Travel Time):

Waktu (biasanya diukur dalam jam) yang dibutuhkan tsunami untuk berjalan dari sumbernya menuju lokasi tertentu.

Tsunami:

Istilah berbahasa Jepang yang diambil dari karakter "tsu" yang berarti pelabuhan dan "nami" yang berarti gelombang. Sekarang istilah ini diterima oleh masyarakat ilmiah internasional untuk menggambarkan serangkaian gelombang dalam air yang berjalan dan muncul akibat pergeseran dasar laut yang berhubungan dengan gempa bawah laut, letusan gunung berapi atau tanah longsor



SUMBER PUSTAKA UNTUK PEJABAT PEMERINTAH LOKAL DAN PUBLIK

Dikompilasi oleh Lee Walkling, Spesialis Informasi Perpustakaan, Departemen Sumber Daya Alam Washington, Divisi Geologi dan Sumber Daya Bumi

BUKU

American Institute of Professional Geologist, 1993. *The Citizens' Guide to Geologic Hazards – A Guide to Understanding Geologic Hazards, Including Asbestos, Radon, Swelling Soils, Earthquakes, Volcanoes, Landslides, Subsidence, Floods, and Coastal Hazards*. Arvada, CO: American Institute of Professional Geologists. (Ulasannya baik dan penjelasannya gampang dimengerti)

Myles, Douglas, 1985. *The Great Waves*. New York: McGraw-Hill Book Company. (Untuk khalayak umum)

Mileti, Dennis S., 1999, *Disasters by Design – A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Washington, D.C: John Henry Press. (Mengenai persiapan

dan mitigasi)

Atwater, Brian F.; Marco V. Cisternas; Joanne Bourgeois; Walter C. Dudley; James W. Hendley, II; Peter H. Stauffer, penyusun, 1999. *Surviving a Tsunami – Lessons from Chile, Hawaii, and Japan*. U.S. Geological Survey Circular 1187.

U.S. Federal Emergency Management Agency, 1998. *The Project Impact Hazard Mitigation Guidebook for Northwest Communities – Alaska, Idaho, Oregon, Washington*. Washington, D.C: U.S. Federal Emergency Management Agency. (Memuat daftar tambahan sumber-sumber pustaka yang baik berupa situs dan buku-buku di halaman appendix)

U.S. Federal Emergency Management Agency, 1993. *Are You Ready? Your Guide to Disaster Preparedness*. Washington, D.C: U.S. Federal Emergency Management Agency.

U.S. Federal Emergency Management Agency, 1998. *Property Acquisition Handbook for Local Communities*. 3 Vol. Poster (FEMA 317). Washington, D.C: U.S. Federal Emergency Management Agency. (Untuk informasi lebih lanjut, klik ke <http://www.fema.gov/>

SUMBER ACUAN

mit/handbook/)

U.S. Federal Emergency Management Agency, 2000. *Coastal Construction Manual – Principles and Practices of Planning, Siting, Designing, Constructing, and Maintaining Residential Buildings in Coastal Areas*. 3rd. ed., 3 vol. (FEMA 55) Washington, D.C: U.S. Federal Emergency Management Agency. (Untuk informasi lebih lanjut, klik ke <http://www.fema.gov/MIT/bpat/bpn0600e.htm>)

SITUS ONLINE

<http://www.geophys.washington.edu/tsunami/intro.html>

Program Geofisik Universitas Washington – memuat banyak link ke berbagai situs tsunami lain

<http://www.fema.gov/library/tsunamif.htm>

FEMA lembar fakta tsunami dan link.

<http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/>

NOAA/PMEL Website, dengan link ke terpaan, pemetaan, modeling, peristiwa, ramalan, dan situs

National Tsunami Hazards Mitigation Program

<http://www.pmel.noaa.gov/tsunami-hazard/links.html>

Link yang penting ke situs-situs tsunami

<http://www.redcross.org/disaster/safety/guide/tsunami.html>

Situs tsunami Palang Merah, dengan ulasan, diskusi tentang sistem tanda peringatan, dan informasi apa yang perlu disiapkan.

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/1029/>

The Tsunami Page of Dr. George P.C. (Pararas-Carayannis). Semua yang perlu diketahui tentang tsunami ada di situs ini!

<http://www.fema.gov/mit/handbook>

Property Acquisition Handbook for Local Communities (FEMA 317).

SUMBER ACUAN

TERBITAN BERKALA

Natural Hazards Observer (versi cetak dan online)
(<http://www.colorado.edu/IBS/hazards/o/o.html>)

Newsletter dua-bulanan dari *Natural Hazards Center*.
Newsletter ini meliputi isu-isu bencana terkini; pengelolaan bencana lokal, nasional dan internasional yang baru, mitigasi, dan program pendidikan; penelitian tentang bahaya; pembangunan kebijakan dan politik; sumber informasi baru, konferensi mendatang; dan publikasi-publikasi terbaru.

Tsuinfo Alert Newsletter

Newsletter dua-bulanan dari *National Tsunami Hazards Mitigation Program* yang didistribusikan ke kurang lebih 250 emergency manager dari lima negara pantai di Pasifik. Versi onlinenya dapat dilihat di:
<http://www.wa.gov/dnr/htdocs/ger/tsuinfo/index.html>

VIDEO

Forum: Earthquakes and Tsunami (2 jam)
CVTV-23, Vancouver, WA (24 Januari 2000)

Dua pelajaran penting: Brian Atwater menggambarkan kinerja detektif dan sumber informasi mengenai gempa dan tsunami pada bulan Januari 1700 di Cascadia. Walter C. Dudley berbicara tentang tsunami di Hawaii dan perkembangan sistem tanda peringatan.

Tsunami: Killer Wave, Born of Fire (10 menit)
NOAA/PMEL.

Gambaran kerusakan tsunami dan kebakaran di Kepulauan Okushiri, Jepang: grafis yang baik, penjelasan, dan informasi keselamatan. Dinarasikan oleh Dr. Eddie Bernard (dengan subtitle Bahasa Jepang).

SUMBER ACUAN

Waves of Destruction (60 menit)

WNET Video Distribution

Episode dari seri "Savage Earth". Tsunami di sepanjang Pacific Rim.

Disasters Are Preventable (22 menit)

USAID

Cara-cara untuk mengurangi kerusakan dari beragam bencana lewat persiapan dan pencegahan.

Tsunami: Surviving the Killer Waves (13 menit)

DOGAMI

Ada dua versi, salah satunya dengan jeda yang berisi diskusi.

Raging Planet; Tidal Wave (50 menit)

Diproduksi oleh Discovery Channel tahun 1997, video ini menunjukkan kota di Jepang yang membangun dinding terhadap tsunami, pembicaraan dengan ilmuwan tentang prediksi tsunami dan berisi kisah dari mereka yang selamat.

BIBLIOGRAFI

American Farmland Trust. *Saving the Farm: A Handbook for Conserving Agricultural Land*. San Francisco: American Farmland Trust, January 1990.

American Society of Civil Engineers, Task Committee on Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities of the Petrochemical Committee of the Energy Division of ASCE. *Guidelines for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities*. New York: ASCE, 1997.

Berke, Philip R. "Hurricane Vertical Shelter Policy: The Experience of Two States." *Coastal Management* 17, (3) (1989): 193-217.

Bernard, E.N., R.R. Behn, et al., "On Mitigating Rapid Onset Natural Disasters: Project THRUST," *EOS Transactions, American Geophysical Union* (June 14, 1998): 649-659.

Bernard, E.N., "Program Aims to Reduce Impact of Tsunamis on Pacific States," *EOS Transactions, American Geophysical Union* Vol. 79 (June 2, 1998): 258-263.

Boyce, Jon A. "Tsunami Hazard Mitigation: The Alaskan Experience Since 1964," Master of Arts thesis, Department of Geography, University of Washington, 1985.

Camfield, Frederick E. "Tsunami Engineering," United States Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, Special Report No. SR-6 (February 1980).

California Department of Real Estate. *A Real Estate Guide*. Sacramento, 1997. Center of Excellence for Sustainable Development (<http://www.sustainable.doe.gov>)

Community Planning Program, Municipal and Regional Assistance Division, Department of Community and Economic Development, State of Alaska (<http://www.dced.state.ak.us/mra/Mradplan.htm>)

Department of Community, Trade, and Economic Development, State of Washington (<http://www.cted.wa.gov>)

Dudley, Walt. *Tsunamis in Hawaii*. Hilo, HI: Pacific Tsunami Museum, 1999.

Dudley, Walter C. and Min Lee. *Tsunami!* Honolulu: University of Hawai'i Press, 1998.

Earthquake Engineering Research Institute, "Reconnaissance Report on the Papua New Guinea Tsunami of July 17, 1998," *EERI Special Earthquake Report* (January 1998).

BIBLIOGRAFI

Federal Emergency Management Agency (FEMA) (<http://www.fema.gov/>)

Federal Emergency Management Agency. *Coastal Construction Manual – Principles and Practices of Planning, Siting, Designing, Constructing, and Maintaining Residential Buildings in Coastal Areas*. 3rd ed., 3 vol. (FEMA 55) Washington, D.C.: FEMA, 2000.

Federal Emergency Management Agency. *Multi-Hazard Identification and Risk Assessment: A Cornerstone of the National Mitigation Strategy*. Washington, DC: FEMA, 1997.

Foster, Harold D. *Disaster Planning: The Preservation of Life and Property*. New York: Springer-Verlag New York, Inc., 1980.

Governor's Office of Planning and Research, State of California. *General Plan Guidelines*, 1998 ed. Sacramento, 1998.

Hawaii Coastal Zone Management Program, Office of Planning, Department of Business, Economic Development and Tourism, State of Hawaii (<http://www.state.hi.us/dbedt/czm/index.html>)

Honolulu, City and County of: Revised Ordinances of the City and County of Honolulu, Article 11. Regulations Within Flood Hazard Districts and Developments Adjacent to Drainage Facilities. (<http://www.co.honolulu.hi.us/refs/roh/16a11.htm>)

Institute for Business and Home Safety. *Summary of State Land Use Planning Laws*. Tampa, April 1998.

International Conference of Building Officials, 1998 *California Building Code (1997 Uniform Building Code)*. Whittier, 1997.

Kodiak Island Borough (<http://www.kib.co.kodiak.ak.us/>)

Lindell, Michael K. and Ronald W. Perry. *Behavioral Foundations of Community Emergency Planning*. Washington, DC: Hemisphere Publishing Corporation, 1992.

McCarthy, Richard J., E.N. Bernard, and M.R. Legg, "The Cape Mendocino Earthquake: A Local Tsunami Wakeup Call?" *Coastal Zone '93, Proceedings*, 8th Symposium on Coastal and Ocean Management, New Orleans, July 19-23, 1993.

BIBLIOGRAFI

Mileti, Dennis S. *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 1999. National Academy of Sciences. *Earthquake Engineering Research – 1982*. Washington, DC: National Academy Press, 1982.

National Coastal Zone Management Program, Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration (<http://wave.nos.noaa.gov/programs/ocrm.html>)

National Research Council. Ocean Studies Board, *Science for Decision-Making: Coastal and Marine Geology at the U.S. Geological Survey*. Washington, DC: National Academy Press, 1999.

1960 Chilean Tsunami (<http://www.geophys.washington.edu/tsunami/general/historic/chilean60.html>)

Oregon Department of Land Conservation and Development. *A Citizen's Guide to the Oregon Coastal Management Program*. Salem, March 1997. Department of Land Conservation and Development (DLCD), State of Oregon (<http://www.lcd.state.or.us>)

Pacific Marine Environmental Laboratory, Tsunami Hazard Mitigation: A Report to the Senate Appropriations Committee (<http://www.pmel.noaa.gov/~bernard/senatec.html>)

Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL) Tsunami Research Program (<http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/>)

People for Open Space. *Tools for the Greenbelt: A Citizen's Guide to Protecting Open Space*. People for Open Space, San Francisco, September 1985.

Petak, William J. and Arthur A. Atkisson. *Natural Hazard Risk Assessment and Public Policy: Anticipating the Unexpected*. New York: Springer-Verlag New York Inc., 1982.

Ruch, Carlton E., H. Crane Miller, Mark Haflich, Nelson M. Farber, Philip R. Berke, and Norris Stubbs. *The Feasibility of Vertical Evacuation*. Monograph No. 52. Boulder: University of Colorado, Natural Hazards Research and Applications Information Center, 1991.

San Francisco Bay Conservation and Development Commission (<http://ceres.ca.gov/bcdc/>)

BIBLIOGRAFI

Schwab, Jim et al., "Planning for Post-Disaster Recovery and Reconstruction," *Planning Advisory Service Report Number 483/484*. Chicago: American Planning Association for the Federal Emergency Management Agency, December 1998.

Spangle, William and Associates, Inc., et al., *Land Use Planning After Earthquakes*. Portola Valley, CA: William Spangle and Associates, Inc., 1980.

Spangler, Byron D. and Christopher P. Jones, "Evaluation of Existing and Potential Hurricane Shelters," *Report No. SGR-68*. Gainesville: University of Florida, Florida Sea Grant College Program, 1984.

Sprawl Watch Clearinghouse (<http://www.sprawlwatch.org>)

State of California, Department of Conservation, Division of Mines and Geology. *Planning Scenario in Humboldt and Del Norte Counties, California, for a Great Earthquake on the Cascadia Subduction Zone*. Special Publication 115. Sacramento, 1995.

State of California, Governor's Office of Emergency Services. *Findings and Recommendations for Mitigating the Risks of Tsunamis in California*. Sacramento, September 1997.

_____. *Local Planning Guidance on Tsunami Response*. Sacramento, May 2000.

State of Oregon, Oregon Emergency Management and Oregon Department of Geology and Mineral Industries. *Draft Tsunami Warning Systems and Procedures: Guidance for Local Officials*. Salem, undated.

Steinbrugge, Karl V. *Earthquakes, Volcanoes, and Tsunamis: An Anatomy of Hazards*. New York: Skandia America Group, 1982.

University of Tokyo, "A Quick Look Report on the Hokkaido-Nansei-Oki Earthquake, July 12, 1993," Special Issue July 1993 INCEDE newsletter, International Center for Disaster Mitigation Engineering, Institute of Industrial Science, Tokyo.

Urban Regional Research for the National Science Foundation, *Land Management in Tsunami Hazard Areas*. 1982.

BIBLIOGRAFI

Urban Regional Research for the National Science Foundation, *Planning for Risk: Comprehensive Planning for Tsunami Hazard Areas*. 1988.

United States Army Corps of Engineers, *Coastal Engineering Manual*, (in publication). (<http://chl.wes.army.mil/library/publications>)

United States Army Corps of Engineers: *Coastal Engineering Technical Notes* (<http://chl.wes.army.mil/library/publications/cetn>)

United States Army Corps of Engineers. *Shore Protection Manual*. 4th ed. 2 vols. Washington, DC: US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, US Government Printing Office, 1984.

Wallace, Terry C., "The Hazards from Tsunamis," *Tsunami Alert*, V. 2, No. 2. (March - April 2000).

Western States Seismic Policy Council, *Tsunami Hazard Mitigation Symposium Proceedings*, Ocean Point Resort, Victoria, BC, November 4, 1997. San Francisco, 1998.