

MODUL MANAJEMEN BENCANA

**PENGENALAN
ANCAMAN-ANCAMAN
UNTUK PENANGGULANGAN
BENCANA**

**Editor :
Eko Teguh Paripurno**

Isi :
A. Tanah Longsor
B. Tsunami (Gelombang Pasang)
C. Letusan Gunungapi
D. Banjir

PROLOG

Manajemen bencana alam, termasuk bencana geologi, yang berbasis komunitas merupakan sesuatu yang baru. Setidaknya sesuatu yang jarang diperhatikan. Ini terlihat dari pola pengembangan manajemen bencana yang cenderung eksternal.

Dipahami bahwa manajemen bencana suatu daerah merupakan tanggungjawab komunitas. Oleh karena itu, manajemen bencana berbasis komunitas merupakan pilihan terbaik. Untuk keberhasilan itu, diperlukan kapasitas masyarakat yang memadai dalam hal mengetahui bencana. Materi ini merupakan bagian dari “*Introduction of Hazard*” yang diterbitkan oleh UNDP / UNDRO, Disaster Management Program 1992. Dialih bahasakan oleh *Pustaka Pelajar* yang selanjutnya disunting untuk kebutuhan pelatihan manajemen bencana yang diselenggarakan KAPPALA Indonesia OXFAM GB Indonesia.

Semoga bermanfaat

Yogyakarta, 1998

Eko Teguh Paripurno, Editor

081578657815

1 TANAH LONGSOR

1.1 Pengantar

Tanah Longsor adalah salah satu bencana alam yang paling merusak pemukiman serta prasarana manusia di seluruh dunia setiap tahunnya. “Tanah Longsor” merupakan istilah umum, yang mencakup berbagai corak gerakan tanah, longsor batu, nendatan dan jatuhnya batu, yang meluncur ke bawah lantaran pengaruh gaya tarik bumi (gravitasi). Meski bisa saja tanah longsor terjadi berantai dengan gempa bumi, banjir dan letusan gunungapi, namun tanah longsor secara lokal dan terpisah banyak terjadi ketimbang bencana-bencana yang telah disebutkan diatas. Bahkan dalam jangka waktu tertentu menyebabkan lebih banyak kerugian dibanding bencana-bencana lain itu.

1.2 Fenomena Penyebab Tanah Longsor

Tanah longsor terjadi karena adanya perubahan-perubahan secara tiba-tiba ataupun perlahan-lahan / bertahap dalam komposisi, struktur, daur hidrologi atau kondisi vegetasi disuatu lereng. Perubahan-perubahan itu bisa terjadi karena :

- Getaran-getaran bumi karena gempa, peledakan (bom, dll.), mesin-mesin, lalu-lintas dan guntur / petir. Sebagian besar kelongsoran yang paling parah akibatnya dipicu oleh gempa bumi.
- Perubahan-perubahan kadar air dalam tanah akibat hujan lebat atau kenaikan ketinggian permukaan air.
- Hilangnya penopang tanah permukaan bumi yang bisa terjadi akibat erosi, proses pelongsoran terdahulu, pembangunan, penggalian, penggundulan atau lenyapnya tumbuh-tumbuhan yang semula akarnya mengikat tanah.
- Peningkatan beban pada tanah yang disebabkan oleh hujan deras, salju, penumpukan batu-batu lepas atau bahan-bahan yang dimuntahkan gunungapi, bangunan, sampah / limbah, tanaman.
- Pengairan atau tindakan fisik / kimiawi lainnya yang dapat merunkan kekuatan tanah dan bebatuan setelah jangka waktu tertentu.

Di kawasan perkotaan pun kadang terjadi longsor, namun lebih sering diakibatkan oleh perbuatan manusia sendiri, antara lain :

- Pemotongan / pembelokan arah aliran air alamiah dan rekayasa yang menyebabkan perubahan kandungan air.

- Pembangunan baru yang melibatkan metoda – metoda ‘tambal-sulam’, sehingga kestabilan lereng terganggu.

1.1 Ciri-ciri umum Tanah Longsor

Biasanya tanah longsor terjadi sebagai dampak sekunder dari hujan badai yang lebat, gempa bumi serta letusan gunungapi. Bahan-bahan yang membentuk tanah longsor terbagi menjadi dua jenis lapisan batu atau lapisan tanah (yang terdiri atas tanah dan berbagai sisa bahan organik).

Berdasarkan corak gerakannya, tanah longsor bisa digolong-golongkan menjadi :

Guguran / runtuhan

Suatu guguran atau runtuhan adalah jatuhnya sejumlah bebtuan atau bahan lain ke arah bawah dengan gerakan meluncur turun atau melenting di udara. Ini umum terjadi disepanjang jalan atau jalur kereta api ayang kanan-kirinya bertebing curam, atau tebing-tebing karang rendah di wilayah pantai. Tebing batu / tanah yang besar dan rapuh bisa menyebabkan kerusakan besar bila runtuh atau gugur.

Longsoran / luncuran sejumlah besar bahan

Bila guguran hanya meluncurkan sejumlah kecil bahan dari permukaan yang lebih tinggi (hanya rontokan saja), longsoran atau luncuran besar ini melibatkan sejumlah besar bahan yang tadinya membentuk permukaan lebih tinggi itu, yang tergelontor ke bawah. Ini terjadi akibat lapuk atau rapuhnya suatu bagian (atau beberapa bagian) dari permukaan yang lebih tinggi. Longsoran bisa jatuh ke bawah dalam keadaan utuh, bisa juga lebur berkeping-keping.

Robohan

Sesuatu roboh lantaran posisi semula yang membuatnya berdiri mantap mengalami perubahan sehingga kedudukannya goyah dan jatuh. Dalam kasus suatu tebing, keambrokan terjadi akibat gaya-gaya rotasi yang memindahkan posisi bebatuan. Lantaran perubahan ini, batuan mungkin terdorong ke posisi tidak stabil di pucuk tebing. Keseimbangan hanya bertumpu pada sudut tertentu yang masih terpijak. Bila terdapat pemicu yang menyebabkan titik tumpu itu berubah, maka tubuh batuan akan “ terdorong” ke depan dan berjatuhan

kedataran dibawahnya. Batu-batu yang jatuh dalam proses ini hanya sedikit, hanya yang terletak di posisi genting saja di pucuk tebing. Robohan ini tidak memerlukan banyak gerakan dan tak harus menyebabkan guguran atau longsoran batu.

Persebaran Lateral

Bongkah-bongkah tanah yang berukuran besar menybar melintang (horizontal) dengan retaknya pusatnya semula. Sebaran lateral biasanya terjadi di lereng-lereng landai, biasanya kurang dari 6 persen dan umumnya menyebar sampai 3-5 meter (biasanya mencapai 30-50 meter bila kondisinya memungkinkan). Mula-mula biasanya terjadi patahan / sesar dari dalam, membentuk banyak rekahan di permukaan. Ini bisa terjadi lantaran pelarutan tanah (misalnya akibat gempa). Pada saat Alaska diguncang gempa tahun 1964, lebih dari 200 jembatan rusak atau hancur akibat persebaran lateral delta-delta yang terbuat dari endapan banjir terdahulu.

Aliran rombakan

Aliran tanah dan bebatuan yang longsor ini menyerupai cairan kental, kadang bergerak sangat cepat, dan bisa menjangkau beberapa kolimeter. Biasanya terjadi setelah hujan lebat, meskipun air tidak selalu diperlukan untuk menyebabkan aliran ini. Aliran lumpur sedikitnya 50% di antaranya berupa pasir. Lempung dan endapan. Bila lumpur mengalir dari letusan gunungapi, namanya lahar, yakni bahan-bahan letusan yang tertimbun di lereng-lereng dan mendingin, tergelincir turun akibat hujan deras, pelelehan salju / es yang mendadak atau luapan air danau. Aliran limbah murni terdiri atas tanah, batuan dan sisa-sisa jasad organik, berpadu dengan udara dan air umumnya terjadi di selokan-selokan atau pematang-pematang curam. Aliran rayapan terjadi jika tanah atau bebatuan terkikis dan mengalir pelan-pelan, hampir tak nampak perubahannya. Meski begitu dalam jangka panjang rayapan ini bisa juga menyebabkan tiang-tiang listrik, telpon dan lain-lain ambruk meluncur ke bawah.

1.2 Meramalkan terjadinya longsoran

Kecepatan gerak tanah longsor bermacam-macam antara yang sangat perlahan (kurang dari 6 centimeter per tahun) hingga yang luar biasa cepatnya (lebih dari 3 meter per detik). Lantaran inilah barangkali kemampuan kita untuk melacak

gejala dan meramalkannya pun berbeda-beda. Bila yang dimaksud adalah ramalan akurat dan pasti sangat sulit dibuat. Kapan dan seberapa besar daya kelongsoran akan sulit diperkirakan sekalipun adanya situasi pemicu yang kuat ramalan akan terjadi hujan lebat, adanya kegiatan seismik dsb. Berpadu dengan pengamatan kelongsoran tanah – mungkin bisa menjadi panduan memperkirakan kemungkinan waktu (secara garis besar) dan dampak-dampak yang mungkin timbul.

Untuk memperkirakan terjadinya kelongsoran diperlukan data-data geologi (kejadian struktur, kandungan dan proses perkembangan bumi) geomorfologi (kajian tentang bentuk-bentuk permukaan tanah) hidrologi (kajian tentang daur peredaran air) dan flora di daerah tertentu.

Data Geologis

Ada dua aspek geologis yang penting artinya untuk menilai kestabilan tanah dan meramalkan terjadinya kelongsoran :

Litologi – kajian tentang ciri-ciri batuan – kandungannya, tampilan permukaan / teksturnya atau berbagai ciri lain – yang akan mempengaruhi pembawaan batu itu. Semua ciri akan menentukan kekuatan, daya bentuk, kepekaan terhadap bahan kimia dan pengolahan fisik, serta berbagai faktor penentu kestabilan lereng.

Struktur batuan dan tanah – tampilan – tampilan struktural yang mungkin mempengaruhi kestabilannya, termasuk urutan dan corak lapisan, perubahan-perubahan litologis, bentangan-bentangan titik-titik pertemuan / persendian antar bagian, patahan / sesar dan lipatan.

Geomorfologis

Data geomorfologis terpenting untuk membantu meramalkan tanah longsor adalah sejarah kelongsoran tanah di daerah yang teliti. Faktor-faktor penting lainnya mencakup kemiringan / kecuraman sehubungan dengan kekuatan bahan-bahan yang membentuknya serta aspek arah itu dan bentuk kemiringannya.

Hidrologis dan Klimatologis

Kajian tentang sumber, gerakan, jumlah dan tekanan air di daerah itu harus dilakukan. Demikian pula cuaca (khusus, jangka pendek) dan iklim (umum, jangka panjang) perlu dikaji. Pola-pola iklim bertemu corak-corak tanah bisa menimbulkan berbagai jenis kelongsoran yang berbeda-beda. Umpamanya musim hujan di daerah tropis seperti Indonesia dapat menyebabkan aliran batu, tanah dan limbah organik dalam jumlah besar.

Flora

Tanaman-tanaman yang menumbuhi lereng bisa menyumbangkan pengaruh positif atau justru sebaliknya negatif terhadap ketangguhan lereng itu. Akar-akar tumbuhan mungkin akan menahan air dan meningkatkan ketahanan tanah namun bisa juga malah memperlebar patahan / sesar-patahan / sesar batu dan mendorong masuknya air yang menyebabkan pencairan dan pelongsoran.

1.5 Faktor resiko

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kerawanan Menghadapi Risiko Kelongsoran

Pemukiman manusia akan dihadang risiko besar untuk menderita kerusakan cukup parah akibat tanah longsor bila di bangun di daerah-daerah berikut :

- Lereng curam
- Tanah rapuh
- Pucuk tebing
- Lembah dikaki lereng curam / tebing
- Delta lempung / pasir / endapan arus
- Mulut aliran air dari lembah pegunungan

Jalan dan jalur komunikasi melalui pegunungan juga dalam bahaya bila terjadi tanah longsor. Kebanyakan corak kelongsoran merusak bangunan, meskipun pondasi bangunan sudah diperkuat. Kerusakan yang parah mungkin akan menimpa unsur-unsur prasarana yang berada di bawah tanah misalnya jaringan kabel atau pipa.

1.6 Dampak-dampak Umum Terparah Akibat Kelongsoran

1.6.1 Kerusakan fisik

Apapun yang berada di puncak atau jalur longsor akan mengakibatkan kerusakan parah atau bahkan hancur total. Timbunan bebatuan mungkin akan

merusak jalur komunikasi dan menutup jalan raya. Saluran air juga bisa tersumbat sehingga ada risiko air meluap dan banjir. Barangkali kerusakan hanya di sekitar terjadinya bencana lain seperti gempa bumi dan letusan gunungapi. Selain itu banyak dampak merugikan yang bersifat tak langsung :

- Bila longsor mengubur daerah pertanian atau hutan, produktifitas pertanian / kehutanan lenyap atau terganggu.
- Nilai jasa lahan setempat anjlok dan penerimaan pajak negara akan berkurang akibat kemerosotan itu.
- Dampak-dampak parah terhadap mutu air di sumber yang mengalir serta prasarana pengairan.
- Dampak-dampak fisik sekunder misalnya banjir.

1.6.2 Korban manusia

Dalam bencana tanah longsor, korban tewas biasanya berasal dari pemukiman penduduk yang terletak di daerah rawan. Mereka meninggal akibat runtuhnya bangunan dan terkubur bahan-bahan yang dibawa tanah longsor itu. Di seluruh dunia sekitar 600 kematian per tahun terjadi akibat bencana ini terutama dilingkaran Pasifik. Di Amerika Serikat saja di perkirakan 25 jiwa melayang tiap tahun akibat kelongsoran lebih besar dibanding tingkat kematian akibat gempa. Longsoran besar dapat menyebabkan jumlah korban tewas lebih besar lagi, seperti tanah longsor di lereng-lereng Huascaran, Peru, akibat gempa bumi tahun 1970 yang memakan korban lebih dari 18.000 orang.

Apapun yang terletak di atas atau di jalur longsor akan mengalami kerusakan parah, bahkan kehancuran menyeluruh akibat bencana ini.

1.7 Langkah-langkah Peminimalan Resiko

Penyusunan peta daerah-daerah rawan longsor

Penerapan langkah-langkah peminimalan resiko akibat kelongsoran harus didahului dengan penelitian penentuan lokasi rawan longsor. Dengan bekal petaini para perencana pembangunan bisa menentukan tingkat resiko dan membuat keputusan-keputusan yang berkenaan dengan upaya menghindari, mencegah atau menanggulangi kelongsoran yang sudah maupun yang akan terjadi. Telah tersedia teknik-teknik akurat bagi para perencana untuk memetakan daerah-daerah rawan longsor ini. Teknik-teknik itu bersandar pada sejarah kelongsoran di masa lalu, peta-peta topografis (tinggi rendahnya

permukaan bumi) data litografis (lapisan batu) dan foto-foto dari udara. Berbagai corak tata pemetaan bisa digunakan. Peta ini dapat disisipi data tambahan misalnya tentang jarak lokasi dari zona-zona gempa, sungai bawah tanah atau saluran air mana yang rusak.

Di Prancis telah disusun rencana yang dinamakan Zona-zona Rawan Resiko Gerakan Tanah dan Batuan (Zones Exposed to risks of Movements of the Soil and Subsoil/ZERMOSI). Hasilnya adalah peta-peta daerah rawan dengan skala 1 : 25.000 atau lebih besar lagi yang dipakai sebagai alat perencanaan upaya penanggulangan bencana tanah longsor. Peta-peta itu memuat data tentang derajat resiko tiap jenis kelongsoran termasuk kegiatan,tingkat dan dampak potensialnya

Pengaturan penggunaan tanah

Cara paling efektif untuk meminimalkan dampak tanah longsor adalah dengan mengatur lokasi pembangunan di tanah yang stabil dan memanfaatkan daerah-daerah rawan longsor sebagai lahan-lahan kosong terbuka, atau sebagai tempat kegiatan dengan intensitas rendah (taman, padang penggembalaan,dsb). Kendali penggunaan tanah hendaknya dilakukan untuk mencegah pemakaian daerah-daerah rawan sebagai lokasi pemukiman ataupun tempat prasarana penting. Kontrol agraria inipun dapat melibatkan upaya pemindahan penduduk yang terlanjur menempati wilayah-wilayah rawan khususnya jika ada lokasi lain yang lebih aman. Kalaupun dikeluarkan izin pemakaian hak guna tanah atau pendirian bangunan di sana harus ada pembatasan tentang jenis dan jumlah bangunan yang boleh didirikan. Kegiatan-kegiatan yang bisa memicu kelongsoran harus dilarang. Jika kebutuhan akan tanah atau lahan sangat mendesak barangkali bisa dibenarkan dilakukannya usaha rekayasa penstabilan tanah meski biayanya sangat besar.

Cara paling efektif untuk meminimalkan resiko terkena dampak tanah longsor adalah membangun di tanah yang stabil dan memanfaatkan tanah di daerah-daerah rawan sebagai taman,lapangan terbuka, atau padang penggembalaan yang berarti kegiatan-kegiatan berintensitas rendah,jangan dipakai lokasi pemukiman atau pembangunan prasarana-prasarana vital.

Perundang-undangan

Pemerintah harus bertanggung jawab pula atas biaya perbaikan kerusakan akibat tanah longsor dan atas upaya-upaya pencegahan terjadinya bencana ini terlebih karena faktor manusia cukup berperan.

Di Jepang umpamannya, semula kegiatan-kegiatan pengendalian tanah longsor berkaitan dengan perundang-undangan yang mengatur masalah pelestarian sumberdaya alam, yakni perbaikan mutu sungai, pengendalian pengikisan dan pemeliharaan lahan-lahan pertanian dan kehutanan. Pada tahun 1969 Dewan Perwakilan Rakyat mengeluarkan undang-undang tentang program pengendalian yang menyeluruh, khusus tentang kelongsoran yang membebaskan pengeluaran untuk pemulihan daerah yang terkena bencana alam kepada pemerintah karena bencana alam tidak bisa dianggap sebagai tanggung jawab perorangan manapun.

Asuransi

Program-program asuransi pertanggung jawaban kerugian akibat tanah longsor bisa menurunkan beban kerugian itu bagi pemilik harta tak bergerak (bangunan) dengan membagi nilai pertanggungan (polis) dalam basis yang lebih besar dan memuaskan standar-standar pemilihan lokasi bangunan yang memenuhi syarat untuk dijamin dan syarat-syarat lain yang berkaitan dengan teknik pembangunan.

Cara seperti ini telah dilaksanakan di Selandia Baru, ketika suatu program asuransi nasional membantu perorangan yang rumahnya rusak akibat kelongsoran maupun bencana alam lain yang berbeda di luar jangkauan kendali mereka. Khususnya untuk program asuransi kebakaran dikumpulkan dana bencana khusus yang diambil dari warga masyarakat sendiri.

Perombakan / perubahan Struktural

Penguatan bangunan-bangunan dan prasarana yang sudah ada menurut banyak pakar bukan pilihan yang baik untuk penanggulangan bencana tanah longsor. Alasan mereka kerentanan struktur bangunan yang berada di jalur longsor hampir bisa dipastikan, peluang rusak atau hancur nyaris 100%. Karena itu harus diutamakan pilihan-pilihan penanggulangan lainnya., yang bergantung kepada :

- Nilai lahan atau struktur bangunan itu dibanding dengan biaya langkah-langkah perlindungannya.

- Kesempatan-kesempatan untuk menerapkan peraturan penggunaan tanah dan ketersediaan lokasi-lokasi alternatif.
- Jumlah orang yang terimabs langkah-langkah itu.
- Skala kerugian yang diperkitakan akan menimpa.

Langkah-langkah perbaikan dan perlindungan dapat ditambahkan pada lahan itu sendiri misalnya perbaikan sistem pengairan tanah (penambahan bahan-bahan yang cukup mampu mengikuti perubahan alur tanah) dan perombakan kemiringan tanah (pengurangan kemirngan yang curam, sebelum mulai dilakukan pembangunan di sana). Dinding-dinding beton yang kuat mungkin dapat menstabilkan lokasi-lokasi bangunan. Bisa juga dipertimabngkan rekayasa-rekayasa teknik berskala besar.

Kerentanan bangunan yang didirikan di atas jalur kelongsoran hampir 100%.

1.8 Kebutuhan – kebutuhan Pasca Bencana

Daerah yang langsung terkena dampak kelongsoran memerlukan perlengkapan dan regu-regu pencari dan penyelamat, mungkin pula akan dibutuhkan peraatan pembongkaran tanah demi mencari korban di bawah timbunannya sekaligus untuk membersihkan daerah itu. Bagi korban yang kehilangan rumah akan diperlukan tempat penampungan sementara. Untuk menentukan apakah kondisi-kondisi kelongsoran mungkin menimbulkan ancaman-ancaman tambahan / susulan bagi para anggota regu penyelamat atau penghuni daerah dsekitarnya, harus diadakan konsultasi dengan para pakar evaluasi bencana tanah longsor.

Dampak-dampak sekunder tanah longsor misalnya banjir, mungkin menuntut langkah-langkah bantuan tambahan bagi para korban. Jika kelongsoran itu berhubungan dengan gempa, letusan gunungapi atau banjir, bantuan untuk daerah itu akan menjadi bagian dari upaya penanggulangan bencana terpadu.

2 TSUNAMI (GELOMBANG PASANG)

2.1 Pengantar

Tsunami (gelombang pasang) adalah sebuah kata yang diambil dari khasanah bahasa Jepang yang artinya kira-kira ‘gelombang di pantai’. Banyak orang menyebutnya tsunami (gelombang pasang) ‘gelombang pasang’, padahal

sesungguhnya tsunami (gelombang pasang) tidak ada hubungannya dengan pasang surut gelombang air laut. Memang di permukaan laut sewaktu terjadi tsunami (gelombang pasang) akan muncul gelombang-gelombang besar yang seringkali sampai menyapu pantai-pantai yang jauh, tetapi gelombang-gelombang itu tidak sama dengan gelombang naik dan turun yang biasa datang dan pergi silih berganti. Asal gelombang-gelombang tsunami (gelombang pasang) adalah dari dasar laut atau sari daerah pantai yang memiliki kegiatan-kegiatan seismik, kelongsoran tanah dan letusan gunungapi. Apa pun penyebabnya yang jelas air laut terdorong sehingga meluap, pecah menyapu dataran dengan daya rusak luar biasa.

2.2 Fenomena penyebab Tsunami (gelombang pasang)

Gerakan-gerakan geologis yang memicu timbulnya tsunami (gelombang pasang) berlangsung akibat tiga hal pokok :

- Gerakan dasar laut
- Tanah longsor
- Kegiatan gunung api

Yang paling sering menyebabkan tsunami (gelombang pasang) adalah gerakan-gerakan sesar / patahan di dasar laut, disertai peristiwa gempa bumi. Patahan / sesar, bila dipaparkan adalah zona planar lemah yang bergerak melalui kerak bumi. Sebenarnya jika dikatakan bahwa gempa bumi menjadi penyebab tsunami (gelombang pasang) tidaklah tepat. Yang benar tsunami (gelombang pasang) maupun gempa bumi sama-sama merupakan hasil gerakan-gerakan patahan / sesar.

Penyebab ketiga adalah kegiatan vulkanis atau gunungapi. Kawah gunungapi, baik yang berada di bawah laut maupun yang ada di pantai, bisa mengalami pergeseran tempat, entah terangkat atau terbenam, akibat gerakan patahan / sesar. Akibatnya mirip dengan longsor. Atau gunungapi itu meletus. Pada tahun 1833, gunungapi terkenal di Indonesia, yakni Krakatau meletus hebat sampai memunculkan tsunami (gelombang pasang) setinggi 39 meter, menyapu dataran Jawa dan Sumatera. Waktu itu terdapat sekitar 36.000 korban tewas.

Meskipun tsunami (gelombang pasang) yang dipicu oleh tanah longsor atau gunungapi mungkin sangat menghancurkan kawasan disekitarnya, namun energi tsunami (gelombang pasang) itu kecil, cepat surut

ukurannya dan dalam jarak jauh hampir-hampir tak terasa atau nampak. Tsunami (gelombang pasang) raksasa yang bisa melintasi samudera hampir selalu disebabkan oleh aktifitas tektonik, gerakan-gerakan patahan bawah laut (*submarine faulting*) yang berhubungan dengan gempa bumi.

2.3 Ciri-ciri Umum Tsunami (gelombang pasang)

Telah disebutkan di muka bahwa tsunami (gelombang pasang) berbeda dengan gelombang-gelombang lautan dalam yang biasa kita saksikan. Walaupun tampilannya hampir mirip, gelombang-gelombang laut yang terbesar pun disebabkan oleh terpaan angin yang menyapu permukaan air laut. Gelombang-gelombang air laut yang normal jarang bisa melampaui panjang 300 meter jika diukur dari puncak ke puncak. Sedangkan tsunami (gelombang pasang) bisa mencapai panjang 150 kilometer antar puncak. Lagi pula gelombang-gelombang tsunami (gelombang pasang) bergerak dengan kecepatan yang jauh melebihi gelombang biasa.

Laju gelombang laut yang normal sekitar 100 kilometer per jam, sementara di perairan dalam bisa bergerak dengan kecepatan menyaingi pesawat jet – 800 kilometer per jam ! uniknya, meski bergerak sangat kencang, tsunami (gelombang pasang) hanya menaikkan permukaan air laut sampai 30-45 sentimeter saja, dan tak jarang awak kapal ditengah laut tidak melihat tanda-tanda amukan tsunami (gelombang pasang) biarpun pada saat itu sedang terjadi bencana di kawasan pantai. Pada tahun 1946, seorang kapten kapal yang melepas jangkar di lepas pantai dekat Hilo mengatakan bahwa dirinya sama sekali tidak merasakan perubahan apapun dalam kondisi gelombang laut di bawah kapalnya, padahal dengan mata kepalanya sendiri kapten bisa menyaksikan bahwa gelombang-gelombang raksasa sedang memecah pantai.

Berlawanan dengan kepercayaan umum, sesungguhnya tsunami (gelombang pasang) bukan berbentuk gelombang raksasa tunggal. Sebuah tsunami (gelombang pasang) bisa terdiri atas 10 gelombang atau lebih, yang kemudian biasa disebut 'rantai gelombang tsunami (gelombang pasang)', gelombang-gelombang itu susul menyusul dengan jarak waktu antara 5 sampai 90 menit satu sama lain.

Saat gelombang-gelombang tsunami (gelombang pasang) makin mendekati pantai, terjadi perubahan. Bentuk dasar laut diseperti pantai

mempengaruhi bagaimana “perilaku” tsunami (gelombang pasang) itu nanti. Kalau dasar laut dekat pantai dalam, gelombang-gelombang yang akan memecahkan dipantai lebih kecil. Sebaliknya di wilayah-wilayah yang berpantai dangkal, memungkinkan terbentuknya gelombang-gelombang tsunami (gelombang pasang) yang sangat tinggi. Di daerah teluk dan kuala / muara, air bisa bergolak maju mundur. Peristiwa ini dinamakan *seiches*, dan dapat mendongkrak ketinggian gelombang-gelombang tsunami (gelombang pasang) sampai memecahkan rekor. Selagi gelombang-gelombang merapat ke pantai, jarak tempuh per jam mengecil, gerakannya melambat, sampai akhirnya ^ hanya ^ mencapai sekitar 48 kilometer per jam.

Sinyal pertama kedatangan tsunami (gelombang pasang) di pantai tergantung pada bagian mana dari gelombang-gelombangnya yang lebih dulu sampai ke tepian. Jika palung (lembang antar gelombang) lebih dulu merapat, akan terjadi penurunan ketinggian permukaan air. Sebaliknya permukaan air akan meninggi bila yang lebih dulu sampai ke tepi adalah puncak gelombang. Tetapi tidak mudah mengamati kejadian sebenarnya. Pengamat dipantai mungkin tidak bisa memastikan bagian mana yang lebih dulu tiba. Kecuali dalam kasus penurunan tingkat permukaan air, penyurutan air besar-besaran, yang memuntahkan ikan-ikan mengelepar diatas pasir.

Barangkali Anda sudah beberapa kali melihat gambar tsunami (gelombang pasang), yang biasa menyertai berita tentang bencana ini atau kemungkinan terjadinya. Namun gambar-gambar itu bisa menyesatkan jika menyebabkan timbulnya anggapan bahwa tsunami (gelombang pasang) selalu tampil dalam bentuk dinding air vertikal (dalam istilah asing disebut *bore*). Jika Anda mengamati tsunami (gelombang pasang) yang sebenarnya, lebih sering tampak sapuan air bah yang dimuntahkan ke pantai, seolah ada bendungan jebol. Gelombang-gelombang dan riak-riak air laut yang normal mungkin akan “bertengger” di puncak gelombang tsunami (gelombang pasang), atau gelombang tsunami (gelombang pasang) itu sendiri dengan relatif tenang meluncur dan “mendarat” di seputar pantai.

Banjir tsunami (gelombang pasang) berbeda-beda, bahkan antara dua pantai yang berdekatan pun terjadi banjir yang berlainan. Yang mempengaruhi perbedaan ini antara lain adalah :

- Topografi (tinggi – rendah) patahan muka laut
- Bentuk pantai

- Gelombang-gelombang pantulan
- Modifikasi (penyesuaian) bentuk gelombang karena seiches dan pasang naik.
- Faktor-faktor yang mempengaruhi kerawanan terhadap tsunami (gelombang pasang)

Ada beberapa faktor yang paling berpengaruh terhadap kerawanan semua daerah yang dibayangi bencana tsunami (gelombang pasang) :

- Pertambahan penduduk dunia yang kian pesat, makin memusatnya pemukiman di wilayah – wilayah perkotaan, dan makin besarnya penanaman modal infrastruktur, khususnya di daerah-daerah pesisir. Sebagai daerah pemukiman dan letak harta tak bergerak yang bernilai ekonomis ini (hotel-hotel, fasilitas wisata bahari, dsb). Berada dalam jangkauan bahaya tsunami (gelombang pasang).
- Kurangnya perencanaan pendirian bangunan dan proyek yasa lahan yang sejak semula dirancang untuk tahan terhadap sapuan gelombang tsunami (gelombang pasang).
- Kurangnya (atau bahkan tidak adanya) sistem peringatan bencana tsunami (gelombang pasang) bagi penduduk, atau kurangnya pendidikan umum untuk membangkitkan kesadaran akan dampak-dampak buruk tsunami (gelombang pasang) dan kedahsyatannya yang hingga kini tidak bisa diramalkan sebelum benar-benar terjadi. Salah satu contoh kekurangan informasi yang memadai terjadi di Hilo, Hawaii. Penduduk sekitar tempat itu sudah mengalami amukan tsunami (gelombang pasang) pada tahun 1952 dan 1957. Kekuatan tsunami (gelombang pasang) yang menyambangi mereka kala itu termasuk menengah, namun penduduk sudah terburu-buru menyimpulkan bahwa tsunami (gelombang pasang) yang akan datang, seandainya ada 'pasti' takkan lebih dahsyat lagi. Mereka hanya bersiap-siap menghadapi tsunami (gelombang pasang) yang kira-kira sama dengan tsunami (gelombang pasang) - tsunami (gelombang pasang) terdahulu. Maka, ketika akhirnya tsunami (gelombang pasang) menghampiri pantai Hilo pada tahun 1960, bisa dikatakan penduduk berkumpul memadati pantai, banyak yang justru ingin

menonton datangnya gelombang-gelombang itu, padahal kali ini yang datang tsunami (gelombang pasang) berkekuatan raksasa.

Dampak – dampak Tsunami (gelombang pasang) yang paling parah

- Kerusakan fisik
- Korban jiwa kesehatan masyarakat
- Pasokan air bersih
- Tanaman dan pasokan pangan

Banjir dan kerusakan fisik akibat tsunami (gelombang pasang) bisa menyebabkan terjadinya hal-hal berikut ini :

- Panen musnah seluruhnya bila pada saat tsunami (gelombang pasang) datang para petani baru saja menanam sawah dan ladang (tanaman yang masih jemah itu tercabut seluruhnya dari tanah, dan terseret ombak ke lautan).
- Tanah garapan kehilangan kesuburan akibat genangan air laut.
- Lumbung pangan akan tergenang atau bahkan terseret arus dan tenggelam, dan persediaan pangan akan rusak sebagian atau seluruhnya bila tidak sempat diselamatkan ke tempat lain yang lebih tinggi letaknya.
- Binatang ternak yang tak diungsikan secepatnya akan mati tenggelam atau terseret arus.
- Sistem budidaya tanaman pangan (termasuk teras-teras sawah yang rendah, petak-petak, pengairan, peralatan seperti traktor, bajak, dsb) hancur, hilang terbawa ombak, atau rusak akibat air garam.
- Sistem perikanan hancur (kapal dan perlengkapan nelayan remuk atau hilang terseret ombak).

3 LETUSAN GUNUNGAPI

3.1 Pengantar

Yang disebut 'gunungapi' adalah sebuah cerobong yang pangkalnya ada didalam perut bumi dan ujungnya menyembul ke permukaan kerak bumi. Gunungapi adalah 'gudang' penyimpanan lelehan bebatuan yang dinamakan magma, yang panas. Diperkirakan ada 600 gunungapi yang masih aktif ("aktif"

disini berarti punya catatan sejarah pernah meletus, dan kemungkinan akan meletus lagi) diseluruh dunia. Jumlah itu kehilangan sedikit, tapi masih ada ribuan gunung lagi yang tidur (dormant), artinya, dulu pernah meletus lalu sekarang sedang istirahat, tak menampakkan kegiatan-kegiatan vulkanis di permukaan, namun bisa aktif kembali sewaktu-waktu. Tiap tahun diperkirakan sekitar 50 gunungapi meletus. Bencana letusan gunungapi sudah lebih dari 300.000 orang tewas, secara langsung maupun tidak langsung, akibat letusan vulkanis. Saat ini kurang lebih 10% dari seluruh penduduk dunia tinggal di daerah-daerah yang dekat gunungapi yang berbahaya.

3.2 Faktor– faktor Kerawanan Terhadap Dampak Letusan Gunungapi

Ada beberapa faktor khas yang mempengaruhi kondisi masyarakat yang terancam letusan gunungapi. Faktor-faktor ini menyebabkan risiko mereka terhadap dampak buruk letusan gunungapi kian bertambah :

Kesuburan tanah sekitar gunungapi, yang antara lain disebabkan oleh sisa-sisa letusan di masa lampau yang menyatu dengan tanah, menarik penduduk untuk menetap dan mengolahnya. Bukan saja di kaki gunung tapi juga samapai ke lereng-lereng dan lembah dekat kawah orang membuka ladang dan membudidayakan tanaman pangan. Dengan begitu terdapat harta benda (panen) yang cukup banyak dan nyawa manusia yang juga terbilang lumayan jumlahnya di sekitar pusat letusan, ini semua akan berarti risiko jiwa dan kerugian fisik yang paling langsung.

Bila lokasi ladang dan tempat tinggal itu berada di daerah ‘hilir angin’ (kearah bertiupnya angin) atau di jalur aliran lava atau lahar (yang diketahui berdasarkan sejarah letusan-letusan yang lalu), atau dekat dengan sumber air mengalir (sungai) risiko akan makin besar, terutama banjir dan longsor.

Bangunan yang rancangan atapnya tidak kuat menahan beban timbunan abu yang pasti akan menyimpannya saat gunungapi meletus sangat rentan terhadap kerusakan, bahkan bisa ambrol. Ini bukan saja menjadi risiko penghuni rumah di gunung itu saja, melainkan juga menjadi risiko semua penduduk di daerah berjarak beberapa kilometer dari gunung.

Semua bahan yang bisa meledak (tabung gas, bensin, dsb) menjadi sumber risiko bagi penduduk disekitarnya.

3.3 Dampak-dampak Umum Letusan Gunungapi

3.3.1 Korban jiwa dan kesehatan masyarakat

Korban tewas umumnya akibat terkena luncuran bara (piroklastik) dan banjir lahar. Yang agak jarang terjadi adalah kematian akibat banjir atau guguran lava dan semburan gas-gas beracun.

Korban yang selamat namun menderita cedera parah biasanya lantaran terkena guguran batu dari atas lereng dan akibat terkubur banjir lahar. Uap panas dan awan debu / abu panas menyebabkan kulit terbakar dan paru-paru gagal berfungsi dengan baik. Gangguan pernapasan bisa menimpa manusia dan binatang akibat hujan abu dan gas-gas beracun.

Gas-gas lain yang tidak beracun tetapi kepadatannya melebihi udara misalnya korban dataran dioksida (zat asam arang) akan berbahaya bila tertimbun di daerah – daerah dataran rendah. Sementara itu hujan abu akan mencemari sumur dan mata air, padahal abu itu mungkin mengandung bahan-bahan kimia berbahaya, sehingga jika air itu digunakan (terutama untuk minum dan memasak) akan menyebabkan orang jatuh sakit.

Selain itu, bencana letusan gunungapi juga memicu bencana lain seperti tsunami (gelombang pasang) dan kelaparan lantaran pasokan pangan terhenti. Kedua bencana susulan ini memakan korban jiwa pula.

3.3.3 Pemukiman dan fasilitas masyarakat

Kapanpun gunungapi meletus, bersiap-siaplah menghadapi kehancuran segala sesuatu yang berada di jalur luncuran bara / lava pijar / lahar. Segala sesuatu ini mencakup juga tanaman pangan dan perkebunan, lahan-lahan budidaya, pemukiman, jembatan, jalan raya, saluran listrik, telepon, air dan lain-lain.

Bangunan dan prasarana lain (misalnya trafo dan tiang-tiang listrik) bisa ambruk lantaran beban hujan abu, khususnya bila abu itu basah, entah oleh hujan atau kejadian lain, dan kebakaran bisa terjadi akibat jatuhnya abu yang masih panas. Limbah letusan yang memblokir jalur aliran air bisa juga menyebabkan air meluap dan terjadi banjir. Banjir pun dapat terjadi akibat es glasial atau salju dipuncak gunung yang meleleh. Arah aliran sungai bisa berubah akibat rekahan tanah yang memicu percabangan dan guguran bahan-bahan padat yang menyebabkan penyumbatan.

Mesin – mesin terancam macet dan rusak akibat hujan abu yang menyumbat saluran irigasi, pembangkit listrik, mesin pesawat terbang dan sebagainya. Awan debu dan abu yang memicu badai listrik bisa menghancurkan

jalur komunikasi. Transportasi darat, laut dan udara mungkin akan terganggu. Khusus untuk jalur angkutan udara, lalu lintasnya bisa kacau akibat awan abu yang menyebabkan langit gelap, berbahaya karena dapat mengakibatkan pesawat kehilangan arah, sementara mesinnya tersumbat, sehingga jatuh atau bertabrakan. Karena kendala-kendala pengangkutan inilah upaya penyelamatan sering gagal.

3.3.4 Panen dan pasokan pangan

Tanaman apa pun yang kebetulan dibudidayakan di jalur luncuran bara / lava pijar / lahar akan hancur – lebur. Meskipun limbah letusan kelak akan menyuburkan tanah, selama beberapa waktu sesudah letusan itu sendiri abu dan lainlain akan menyebabkan tanah tak lagi bisa diolah. Kalaupun pohon-pohon besar tak sampai tercabut atau tumbang akibat luncuran lava / lahar, masih ada kemungkinan tumbang atau patah-patah akibat hujan abu yang membebani daun dan rantingnya. Ternakpun terancam mati atau sakit akibat menghirup udara yang tercemar gas-gas beracun dan debu. Seandainya ternak selamat. Lahan merumput mereka bisa jasi akan hancur lantaran hujan abu yang mengandung bahan-bahan kimia beracun, misalnya fluorin.

4 GEMPA BUMI

4.1 Pengantar

Di antara sekian banyak jenis bencana alam, gempa bumi termasuk yang paling dahsyat. Gempa bisa terjadi kapan saja sepanjang tahun, siang atau malam, dengan dampak buruk yang terjadi secara mendadak dan hanya memberikan sedikit isyarat bahaya. Gempa dapat menghancurkan bangunan hanya dalam waktu beberapa detik saja, menewaskan atau melukai orang-orang yang berada di dalamnya. Gempa bumi bukan hanya mampu meluluh-lantakkan kota-kota sampai hampir tak tersisa lagi, namun juga bisa menggoyahkan kestabilan pemerintahan, perekonomian, dan struktur sosial suatu negara.

4.2 Fenomena penyebab gempa bumi

Kerak bumi terdiri dari lapisan batuan (litosfera) yang berbeda-beda ketebalannya. Di bawah samudra, dalamnya sampai 10 kilometer, dan dibawah benua kedalamannya mencapai 65 kilometer. Kerak bumi itu sendiri tidak berbentuk benda tunggal, melainkan berupa bagian-bagian yang dinamakan

lempeng. Ukuran lempeng bermacam-macam, ada yang beberapa puluh, beberapa ratus, bahkan beberapa ribu kilometer. Teori tektonik lempeng menyatakan bahwa lapisan kerak bumi itu berada di atas lapisan lain yang lebih mampu bergeser atau bergerak, namanya mantle atau lapisan pengantara (di bawah litosfera). Lapisan pengantara bisa bergerak berkat mekanisme tertentu yang hingga kini belum bisa diketahui pasti ataupun dibuktikan, namun para ahli memperkirakan gerakan itu dimungkinkan oleh arus konveksi panas. Ketika lapisan-lapisan saling bergeserkan, tekanan pada bumipun meningkat. Tekanan-tekanan ini bisa digolong-golongkan menurut corak gerakan sepanjang batas-batas wilayah setiap lempeng :

- Gerakan saling menjauh
- Gerakan meluncur miring secara relatif ke arah lapisan-lapisan lain
- Gerakan saling mendorong

Semua gerakan itu dihubungkan dengan terjadinya gempa bumi yang mencapai daerah permukaan.

Batas – batas wilayah setiap lempeng yang mengeluarkan energi yang telah tersimpan, dengan cara mengalirkannya atau memuntahkannya, adalah bagian rapuh, patahan / sesar, lipatan, atau patahan yang dalam istilah asing disebut retakan. Teori pengikatan ulang secara elastis menyatakan bahwa kerak bumi terus-menerus ditekan gerakan-gerakan lapisan-lapisan tektonik, sehingga akhirnya melampaui titik tegangan tertinggi yang dapat ditahannya. Lantaran itulah terjadi ledakan atau muntahan sepanjang patahan / sesar, dan selama itu lapis-lapis bebatuan melakukan pengikatan ulang dengan tekanan-tekanan elastisnya sendiri sampai tegangan mereda. Biasanya, batu-batu itu melakukan pengikatan ulang di kedua sisi patahan / sesar dengan arah yang berlawanan.

4.4 Faktor – faktor yang menyebabkan kerawanan

Ada beberapa faktor kunci yang turut mengakibatkan kerapuhan kita dalam menghadapi gempa bumi :

- Lokasi pemukiman ada di sekitar daerah seismik, terutama di atas tanah yang rapuh, sepanjang lereng yang sangat riskan kelongsoran, atau pada jalur – jalur patahan / sesar.
- Struktur – struktur bangunan, misalnya rumah, jembatan, bendungan, dan sebagainya, tidak tahan terhadap gerakan atau bahkan getaran tanah. Bangunan – bangunan bata yang tanpa rangka dan pondasi yang kuat,

dengan atap yang berat, lebih rawan kerusakan akibat gempa jika dibandingkan dengan bangunan – bangunan dari kayu yang ringan.

- Kelompok – kelompok bangunan padat / berdesakan, dan banyak sekali penghuninya.
- Kurang akses terhadap informasi tentang resiko-resiko gempa bumi.
Gempa bumi punya 'aturan ketat' yang selalu dipatuhinya sendiri : tiap 1 korban tewas ; ada 3 yang selamat tapi mengalami luka-luka.

4.5 Dampak – dampak Terberat Gempa Bumi

4.5.1 Kerusakan fisik

Kerusakan fisik terjadi pada pemukiman manusia, berbagai bangunan, struktur dan infrastruktur (khususnya jembatan, jalan layang, jalur kereta api, bendungan / dam, fasilitas penyimpanan limbah cair, stasiun pembangkit dan penyalur tenaga listrik, dsb). Bila struktur sudah lemah akibat goncangan gempa, getaran-getaran pasca gempa akan semakin memperlemahnya.

Dampak-dampak sekunder gempa ,meliputi kebakaran, tanggul jebol akibat arus air yang terhambat di satu tempat dan meluap di tempat lain akibat tanah longsor. Tempat-tempat penimanan dan pengolahan berbagai bahan kimia dan industri berbahaya bisa rusak akibat gempa, demikian pula penampungan limbahnya, sehingga muncul bahaya kebocoran. Sedangkan sarana komunikasi bisa terputus.

Kerusakan harta benda secara fisik dapat menyebabkan dampak yang berat dalam hal papan, kebutuhan MCK dan air bersih, produksi ekonomis, serta kemerosotan standar hidup masyarakat yang terkena bencana. Akan banyak orang yang kehilangan tempat tinggal akibat gempa bumi, meskipun seberapa jauh dampak bencana itu terhadap penghidupan penduduk di suatu lokasi tergantung pula kepada tingkat kerawanan daerah itu.

4.5.2 Korban gempa

Tingkat atau jumlah korban gempa bumi biasanya cukup tinggi, khususnya jika gempa terjadi di daerah sebagai berikut :

Padat penduduk, terutama bila jalan yang membelah pemukiman atau menjadi pemisah dua kelompok bangunan termasuk sempit, sementara bangunan-bangunan itu sendiri tidak tahan gempa, dan /atau tanah di bawahnya mudah longsor / larut / tidak stabil. Atau banyak bangunan yang terbuat dari batu

bata atau tanah liat yang dikeringkan dengan atap genteng yang berat dan lantainya juga berat.

Umumnya terdapat selisih yang cukup berarti antara jumlah korban gempa yang terjadi pada siang hari dengan jumlah korban gempa yang berlangsung pada malam hari, khususnya jika sudah larut. Ini terjadi karena sebagian besar orang sudah lelap tidur di malam hari, dan pada saat tidur getaran-getaran pendahuluan (yang merupakan sinyal bahaya gempa) tidak bisa dirasakan. Lagi pula di larut malam kebanyakan orang tidak mengakses media massa (televisi, radio) yang memberikan peringatan akan terjadi gempa. Tetapi gempa juga bisa mengancam banyak korban meskipun terjadi pada siang hari. Pada siang hari gempa akan mengancam banyak korban jika orang-orang berkelompok dalam jumlah banyak di dalam gedung-gedung besar yang strukturnya rapuh (sekolah, kantor, pabrik, tempat ibadah, dsb). Jumlah korban biasanya makin menurun seiring dengan jauhnya lokasi dari pusat gempa (episenter).

Sudah menjadi 'aturan resmi' gempa bumi, yang umumnya dipatuhi-nya yakni bahwa jumlah korban luka-luka tiga kali lebih banyak dibanding jumlah korban tewas. Ini bila gempa tidak disertai bencana-bencana lain yang mengakibatkan munculnya ancaman-ancaman lanjutan, misalnya gelombang tsunami (gelombang pasang), tanah longsor dan lain-lain. Dalam hal ini jumlah korban tewas bisa sangat tinggi. Di wilayah-wilayah yang berisi rumah-rumah penduduk dengan bahan ringan, terutama yang berangka kayu, biasanya jumlah korban tidak sebanyak pemukiman yang dipadati bangunan-bangunan batu bata. Bila bangunan dibuat dari bahan ringan, sekalipun gempa berlangsung secara rutin, tatkala muncul dampak-dampak besar yang sangat merugikan penduduk di wilayah itu.

4.5.3 Kesehatan masyarakat

Jelas bahwa korban-korban gempa yang berhasil lolos dari bencana itu dengan luka ringan hingga parah membutuhkan perawatan medis yang layak. Kerugian jasmani parah yang paling umum menimpa korban gempa adalah petah atau hancurnya tulang-tulang tubuh. Merekapun akan terancam oleh hal-hal lain yang membahayakan kesehatan bila terjadi banjir yang menyusul gempa itu (lihat bagian lain yang khusus membahas bencana banjir).

Pasokan air bersih terputus atau penduduk terpaksa menggunakan simpanan air yang tercemar (ancaman ini nyata meskipun tidak ada data khusus tentang banyak dan luasnya penyebaran penyakit-penyakit akibat air kotor atau tercemar yang dipakai oleh korban-korban gempa bumi) atau para korban hidup berdesakkan di kamp-kamp penampungan yang dihuni lebih dari jumlah yang layak. Walaupun gempa bumi tidak selalu mengakibatkan munculnya persebaran penyakit-penyakit menular bisa berkembang biak dengan leluasa bila langkah-langkah pengamanan telah ambruk akibat gempa, sementara sarana MCK dan kebersihan secara umum jauh merosot.

4.5.4 Pasokan air bersih

Masalah-masalah berat bisa muncul dan menimpa para korban gempa sehubungan dengan pengadaan dan pembagian air bersih bila :

- Sistem-sistem pengadaan dan penyaluran air yang tertata (misalnya melalui Perusahaan Air Minum) mungkin mengalami kerusakan parah, khususnya jika sistem-sistem penampungan dan pembuangan limbah cair juga rusak dan bocor sehingga walaupun air bersih masih bisa dialirkan ke pemukiman korban gempa, air itu tiba dalam keadaan sudah tercemar limbah yang merembes ke dalamnya.
- Bendungan penampungan air mungkin bobol.
- Sumur-sumur terbuka milik penduduk setempat mungkin pula, atau justru tak bisa lagi dipakai lantaran tertutup oleh bahan-bahan yang runtuhnya akibat gempa.
- Gempa bumi dapat mengakibatkan perubahan tingkat-tingkat ketinggian air, sehingga ada kemungkinan sumur-sumur serta mata air di permukaan tanah menjadi kering.

4.5.5 Pasokan pangan

Sistem-sistem pembagian (distribusi) dan pemasaran pangan mungkin terputus akibat bencana itu. Sarana pengangkutan mungkin rusak dan jalan raya tak bisa dilalui akibat kepatahan / sesar dan kelongsoran dan jembatan-jembatan ambruk. Sementara itu, ditingkat produksi pangan, panen hancur akibat banjir yang menyusul gempa dan persediaan di lumbung atau gudang ikut hanyut atau membusuk.

Namun kejadian-kejadian di atas termasuk jarang terjadi. Biasanya, sekalipun telah berlangsung gempa, pasokan pangan lokal tidak mengalami penurunan.

5 BANJIR

5.1 Pengantar

Sepanjang sejarah, manusia selalu tertarik untuk mendiami tanah-tanah subur di daerah luapan banjir atau dibantaran sungai, dimana kehidupan akan lebih nyaman berkat kedekatan dengan sumber pangan serta air. Ironisnya sungai atau aliran air yang menyediakan kemudahan hidup bagi masyarakat manusia disekitarnya itu juga menjadikan masyarakat tadi menghadapi risiko bencana tahunan akibat banjir. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan yang di atas normal, bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain atau waduk yang jebol. Dalam masalah jumlah kejadiannya, banjir menduduki peringkat kedua, hanya dikalahkan oleh bencana kekeringan.

5.2 Jenis banjir dan sebab-sebab timbulnya banjir

5.1 Banjir kilat

Banjir ini biasanya didefinisikan sebagai banjir yang terjadi hanya dalam waktu 6 jam sesudah hujan lebat mulai turun. Biasanya juga dihubungkan dengan banyaknya awan kumululus yang menggumpal di angkasa, kilat atau petir yang keras, badai tropis atau cuaca dingin.

Karena banjir ini sangat cepat datangnya, peringatan bahaya kepada penduduk sekitar tempat itu harus kilat pula, dan segera dimulai upaya penyelamatan dan persiapan penanggulangan dampak-dampaknya.

Umumnya banjir kilat akibat meluapnya air hujan yang sangat deras, khususnya bila tanah bantaran sungai rapuh dan tak mampu menahan cukup banyak air. Penyebab lain adalah kegagalan bendungan menahan volume air (debit) yang meningkat, es yang tiba-tiba meleleh atau berbagai perubahan besar lainnya di hulu sungai.

Kerawanan terhadap banjir kilat akan meningkat bila wilayah itu merupakan lereng curam, sungai dangkal dan penambahan volume air jauh lebih

besar daripada yang tertampung, air mengalir melalui lembah-lembah sempit dan bila hujan guntur terjadi.

5.2.2 Banjir luapan sungai

Jenis banjir ini berbeda dari banjir kilat karena banjir ini terjadi setelah proses yang cukup lama, meskipun proses itu bisa jadi lolos dari pengamatan sehingga datangnya banjir terasa mendadak dan mengejutkan. Selain itu banjir luapan sungai kebanyakan bersifat musiman atau tahunan dan bisa berlangsung selama sehari-hari atau berminggu-minggu tanpa berhenti.

Penyebabnya adalah kelongsoran daerah-daerah yang biasanya mampu menahan kelebihan air, pencairan salju yang menumpuk semasa musim dingin, atau terkadang akibat kedua hal itu sekaligus. Banjir terjadi sepanjang sistem sungai dan anak-nak sungainya, mampu membanjiri wilayah luas dan mendorong peluapan air lembah-lembah sungai yang mandiri (yang bukan merupakan anak sungainya) banjir yang meluap dari sungai-sungai selain induk sungai biasa disebut 'banjir kiriman'.

Besarnya banjir tergantung kepada beberapa faktor. Di antaranya kondisi-kondisi tanah (kelembapan dalam tanah, tumbuh-tumbuhan di atas tanah, kedalaman salju, keadaan permukaan tanah seperti tanah 'telanjang', yang ditutupi batu bata, blok-blok semen, beton, dsb). Serta ukuran lembah penampungan air sungai itu.

Di wilayah yang semi-tandus, misalnya yang membentang sepanjang benua Australia barangkali banyak sungai kering. Banjir terjadi dari sungai-sungai kering itu berminggu-minggu setelah terjadi angin topan dari lautan atau setelah terjadi hujan badai. Sungai bermuara ke laut, karenanya topan laut mampu mengarahkan air ke sungai kering itu hingga terjadi arus air sampai ratusan kilometer sampai ke arah darat. Semua itu berlangsung dalam waktu lama dan sama sekali tidak ada tanda-tanda gangguan cuaca pada waktu banjir melanda dataran – sebab peristiwa alam yang memicunya telah terjadi berminggu-minggu sebelumnya.

Data sejarah banjir luapan sungai yang melanda kota-kota di lembah utama membuktikan bahwa tindakan-tindakan perlindungan tidak bisa diandalkan, akibat beranekaragamnya sumber banjir, yang bukan hanya dari induk sungai melainkan juga dari anak-anak sungai.

5.2.3 Banjir pantai

Sebagai banjir dikaitkan dengan terjadinya badai tropis (juga disebut angin puyuh laut atau taifun). Banjir yang membawa bencana dari luapan air hujan sering makin parah akibat badai yang dipicu oleh angin kencang sepanjang pantai. Air garam membanjiri daratan akibat satu atau perpaduan dampak gelombang pasang, badai, atau tsunami (gelombang pasang). Sama seperti banjir luapan sungai, hujan lebat yang jatuh di kawasan geografis luas akan menghasilkan banjir besar di lembah-lembah pesisir yang mendekati muara sungai.

5.3. Andil manusia dalam memicu banjir

Banjir termasuk bencana alam, artinya terjadi secara alamiah. Banjir dianggap sebagai bencana bila manusia mendiami daerah-daerah rawan banjir, yakni dekat sungai atau pantai. Pertumbuhan penduduk yang kian pesat telah menyebabkan daerah-daerah rawan bencana cukup padat penduduk dan risiko banjir terpaksa diterima lantaran sulit menemukan wilayah lain yang aman untuk hidup, mengingat daerah-daerah aman sudah penuh sesak. Negara-negara maju terpaksa menghadapi masalah yang dipicu oleh kepadatan penduduk ini. Amerika Serikat ini misalnya, terpaksa merogoh kocek negara sampai milyaran dolar sejak tahun 1936 untuk membiayai program perlindungan pendudukan dari bencana banjir yang kemungkinan tak terelakkan namun semua dampaknya harus ditanggulangi. Toh tetap saja risiko banjir tahunan menghadang penduduk daerah rawan. Bahkan ancaman banjir kian membesar karena penduduk membangun daerah-daerah rawan banjir kian membesar karena penduduk membangun daerah-daerah rawan banjir secara lebih cepat ketimbang kecepatan para insinyur dalam merancang perlindungan yang lebih baik bagi mereka.

Pertumbuhan penduduk yang pesat berpadu dengan pengelolaan sumberdaya yang kurang efektif telah menyebabkan timbulnya jenis-jenis banjir baru. Daerah hulu sungai yang berhutan untuk 'menangkap' lebih air sudah diubah menjadi padang rumput pakan ternak atau menjadi lahan pertanian, sehingga lembah penampung itu menjadi jauh berkurang dayanya untuk menahan air yang datang. Tanah yang kini tak lagi terikat oleh akar-akar pepohonan jadi mudah longsor, menambah risiko bencana ganda dan tebing-tebing sungai yang dahulu dipenuhi tumbuhan sebagai 'benteng' pengaman daerah sekitarnya telah gundul, lalu runtuh, menyebabkan air sungai lebih

mudah mengalir ke arah yang tingginya sama atau lebih rendah dari sungai. Banjirpun menjadi makin sering, makin mendadak dan makin parah dampaknya.

Corak banjir baru lainnya adalah banjir kilat perkotaan. Tanah dikota sebageian serta bangunan yang tak terhitung lagi. Karena bisa dikatakan hampir tak ada tanah 'telanjang' yang berfungsi alamiah sebagai penyerap air, hujan lebat langsung mengalir diatas permukaan baik di halaman-halaman gedung yang sudah disemen, di tepi-tepi jalan aspal dan sebagainya. Namun pemeliharaan saluran-saluran ini serngkali terbengkalai. Musim kemarau mengirimkan debu,kotoran, sampah dan tumbuhan liar yang akhirnya memblokir lubang pipa di permukaan. Air di jalan dari jalan raya hingga jalan perumahan yang terbuat dari beton dan aspal, tidak bisa ke mana-mana lagi kecuali mengalir terus membetnuk jalur sendiri dipermukaan jalanan, membanjiri daerah itu.

Banjir adalah peristiwa alamiah. Ia menjadi 'bencana' tatkala manusia mulai mendiami daerah-daerah luapan banjir yang semula mampu menahan air sehingga tak mengalir ke dataran-dataran lain.

5. 4 Ciri-ciri Umum Banjir

Analisa terhadap banjir dan pengukuran banjir dapat dilakukan dengan pedoman kriteria sebagai berikut :

- Kedalaman air
- Pondasi bangunan memiliki derajat toleransi terhadap penggenangan air yang berlainan dengan derajat toleransi akar tumbuh-tumbuhan.
- Lamanya penggenangan air
- Kerusakan atau derajat kerusakan bangunan, infrastruktur dan tumbuh-tumbuhan sering berkaitan dengan jangka waktu berlangsungnya penggenangan air.

Kecepatan air

Arus air yang sangat kencang akan berbahaya, mengakibatkan daya pengikisnya sangat besar (menerjang apa saja yang menghadang) serta peningkatan tekanan dinamika air sehingga pondasi bangunan dan infrastruktur melemah. Ini bisa terjadi dilembah bantaran sungai, pantai yang rendah dan daerah jalur indik sungai.

Tingkat kenaikan permukaan air

Perkiraan tentang tingkat kenaikan permukaan air sungai penting sebagai dasar peringatan bahaya banjir, rencana pengungsian dan pengaturan tata ruang daerah.

Kekerapan banjir

Dampak-dampak kumulatif dan kekerapan terjadi banjir yang diukur dalam jangka waktu cukup panjang akan menentukan corak pembangunan apa dan kegiatan pertanian apa yang boleh berlangsung di bantaran sungai atau daerah-daerah rawan banjir lainnya.

Musim

Bila banjir terjadi saat musim tanam atau musim pertumbuhan tanaman budidaya, panen bisa gagal total. Bila banjir diakibatkan oleh arus dingai di mana salju atau es mencair, masyarakat bisa lumpuh.

Banjir akibat pencairan salju atau es, alam kegagalan penampang air menahan luapan atau dari banjir di muara bisa diramalkan sejak beberapa minggu sebelum kejadian, atau meminimal 12 jam sebelum kejadian.

5.5 Meramalkan banjir

Peramalan banjir yang berasal dari luapan air sungai melibatkan perkiraan-perkiraan tentang :

- Tinggi permukaan air sungai
- Debit air sungai
- Waktu kejadian
- Lamanya kejadian
- Debit air tertinggi di titik-titik tertentu sepanjang jalur sungai (induk maupun anak sungai)

Banjir akibat pencairan salju atau es, alam kegagalan sistem penahanan air atau dari muara, bisa diramalkan sekurang-kurangnya 12 jam sebelum kejadian atau bahkan beberapa minggu sebelumnya. Ramalan yang dikeluarkan untuk disebarluaskan kepada masyarakat dihasilkan dari pemantauan rutin ketinggian permukaan air sungai serta pemantauan curah hujan setempat. Peringatan akan terjadi banjir kilat hanya bisa bergantung pada ramalan-ramalan

cuaca (meteorologis) serta pengetahuan tentang kondisi-kondisi geografis setempat, tidak bisa disusun ramalan tersendiri berdasarkan data-data lapangan. Mengingat singkatnya waktu antara tahap pendahuluan dengan tahap kejadian, banjir kilat tak memungkinkan pemantauan tingkat ketinggian air sungai di lapangan.

Dalam bencana apapun, data sejarah suatu kawasan rawan atau sumber bencana harus selalu ada, dipelajari dan diperbaharui terus menerus tiap kali ada kejadian baru. Untuk kajian perbandingan dengan peristiwa-peristiwa banjir terdahulu dan sebagai dasar informasi peringatan yang akan disampaikan kepada masyarakat yang beresiko terlanda banjir harus diingat unsur-unsur sebagai berikut :

5.6. Analisis kekerapan banjir

- Pemetaan tinggi rendah permukaan tanah (topografi).
- Pemetaan bentangan daerah seputar sungai (kontur sekitar sungai) lengkap dengan perkiraan kemampuan sungai itu untuk menampung kelebihan air.
- Catatan pemantauan lelehan salju / es dan kelongsoran tebing / daerah hulu.
- Kemampuan tanah untuk menyerap air.
- Catatan pasang surut gelombang laut (untuk kawasan pantai / pesisir).
- Kekerapan badai.
- Geografi pesisir / pantai.
- Ciri-ciri banjir.

Cara efektif untuk memantau jalur banjir adalah lewat teknik-teknik penginderaan jauh (dengan satelit), misalnya Landsat. Citra-citra satelit ditafsirkan, kemudian dipakai sebagai patokan pemetaan daerah-daerah rawan banjir dan daerah-daerah jalur banjir. Upaya-upaya lain untuk memperbaiki peramalan banjir telah dilaksanakan oleh berbagai badan yang menginduk ke PBB, antara lain Organisasi Meteorologis Dunia, dengan memakai Pemantauan Cuaca Dunia serta Sistem pengolahan Data Global. Sistem-sistem ini bersifat strategis manakala kondisi-kondisi banjir bersifat lintas batas nasional atau melewati wilayah kedaulatan lebih dari satu negara. Namun sebagian besar ramalan banjir luapan sungai dan banjir kilat hanya bersandar pada pengamatan-pengamatan Badan Meteorologis dan Geofisika Nasional.

5. 7. Kerawanan terhadap banjir

Di daerah dekat sungai, utamanya bantaran serta lembah-lembah yang paling berisiko terhadap terjangan banjir adalah :

- Bangunan dari bahan tanah atau bata bisa pecah / meleleh bila kena air.
- Bangunan dengan pondasi dangkal.
- Bangunan dengan pondasi yang tidak kedap air.
- Sistem – sistem pembuangan air (selokan pipa) saluran pasokan air, saluran listrik, mesin-mesin dan semua barang elektronik (terutama industri dan telekomunikasi).
- Lumbung pangan, tanaman di lahan, ternak dalam kandang.
- Benda-benda bersejarah / artefak budaya yang tak tergantikan seandainya hancur atau rusak berat.
- Industri kelautan, termasuk galangan kapal, kapal-kapal itu sendiri, pelabuhan, gudang pelabuhan, dan sebagainya.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kerawanan adalah :

- Kurang / tak tersedianya tempat-tempat penampungan pengungsi lengkap dengan fasilitas yang dibutuhkan, di ketinggian yang melebihi ketinggian luapan air.
- Kurang / tidak adanya informasi yang diterima masyarakat tentang jalur-jalur pengungsian.
- Kurang / tidak efektifnya kegiatan -kegiatan penanggulangan bencana.

Banjir besar kemungkinan akan menyebabkan banyak korban tewas akibat tenggelam, khususnya anak-anak dan orang-orang berusia lanjut/ cacat/lemah. Namun sebagian besar ‘hanya’ mengakibatkan cedera parah yang tidak sampai fatal, sehingga pertolongan medis harus selalu tersedia dan korban yang parah harus segera dilarikan ke rumah sakit, lebih-lebih jika membutuhkan operasi.

5.8. Dampak-dampak Negatif

Kerusakan fisik

Bangunan-bangunan akan rusak atau hancur akibat :

- Daya terjang air banjir.
- Terseret arus.
- Daya kikis genangan air.
- Longsornya tanah di seputar / di bawah pondasi.
- Tertabrak terkikis oleh benturan dengan benda-benda berat yang terseret arus.

Kerugian fisik cenderung lebih besar bila letak bangunan di lembah-lembah pegunungan dibanding di dataran rendah terbuka. Banjir kilat akan menghantam apa saja yang dilaluinya. Di wilayah pesisir, kerusakan besar terjadi akibat badai yang mengangkat gelombang-gelombang air laut – kerusakan akan terjadi tatkala gelombang datang dan pada saat gelombang itu pergi atau kembali ke laut. Lumpur, minyak dan bahan-bahan lain yang dapat mencemarkan tanah, udara dan air bersih akan terbawa oleh banjir dan diendapkan di lahan yang sudah rusak atau di dalam bangunan. Tanah longsor kemungkinan terjadi bila tanah itu tak kuat diterjang air dan terkikis / runtuh.

Korban manusia

Air yang menerjang atau mengalir deras bisa merobohkan dan menenggelamkan manusia serta binatang meski bila air itu relatif tidak dalam. Banjir besar pemberi bantuan mengangkut bantuan air dengan truk-truk tangki, masalah ini bisa diredam sampai keadaan normal kembali.

Banyak yang lebih besar timbul jika sumber-sumber air itu tercemar oleh jasad manusia dan mayat binatang yang tewas saat banjir datang dan belum sempat disingkirkan dari sana akibat belum cukup amannya daerah banjir itu. Arus air mungkin juga akan menyebabkan saluran tersumbat oleh mayat-mayat. Bila ini terjadi, sumber air akan menjadi areal pembiakan penyakit atau menjadi bersifat patogenis dan barang siapa mengkonsumsi air itu akan jatuh sakit.

Tanaman dan pasokan pangan

Seluruh lahan bisa puso atau panen sepenuhnya gagal, sementara ternak banyak yang mati sehingga pasokan pangan pasca-banjir akan terganggu. Saat banjir datang, lumbung bisa ambruk, terbenam, tergenang atau hanyut terbawa air, semua isinya membusuk. Biji-bijian seperti gabah/padi/beras, gandum, jagung, dan lain-lain cepat busuk meski baru tergenang air sebentar saja. Maka terjadi krisis pangan.

Dalam kasus-kasus banjir selama ini, kebanyakan kerugian pangan terjadi akibat stok pangan rusak, termasuk yang masih di lahan. Kerusakan tanaman pangan di sawah atau ladang tergantung pada jenis tanamannya dan berapa lama penggenangan airnya. Ada tanaman yang cepat mati hanya setelah digenangi air sebentar, ada yang mampu menahan terjangan air tapi akhirnya

mati jika air itu tak terserap oleh tanah dan terus menggenang. Kasus semacam ini terjadi di Bangladesh saat banjir tahun 1988.

Selain mengungsikan isi lumbung, ternak harus juga segera dibawa ke tempat yang aman. Kalau tidak, mereka bisa tenggelam, terseret arus atau tersangkut di tempat lain tempat. Sapi, kerbau, kambing dan lain-lain merupakan sumber pangan, karenanya perlu dijaga keselamatannya saat banjir. Hilang atau rusaknya benih dan ternak akan menggagalkan pemulihan kegiatan pertanian / peternakan sesudah banjir surut jika ada bantuan dari luar.

Untuk tanah pertanian, banjir memberi manfaat sekaligus masalah. Bila terjadi pengikisan lapisan bunga tanah (humus), atau lahan dilanda air garam, selama bertahun-tahun petani tidak bisa lagi mengolah tanah itu untuk budidaya pertanian. Namun pengendapan lumpur banjir juga bisa sangat meningkatkan kesuburan tanah.

Di pesisir di antara para nelayan, kerugian besar mungkin terjadi akibat peralatan dan piranti hilang atau rusak. Maka pasokkan pangan dari laut terhenti atau merosot.

6.8.5 Dampak-dampak positif

- Banjir bisa menggelontor bahan-bahan pencemar air yang mengendap menyumbat saluran air.
- Banjir bisa menjaga kelembaban tanah dan mengembalikan kelembaban tanah tandus / kering.
- Banjir bisa menambah cadangan air tanah.
- Banjir bisa menjaga lingkungan hayati (ekosistem) sungai dengan cara menyediakan tempat bersarang, berbiak dan makan bagi ikan, burung dan binatang-binatang liar.

6.9 Langkah-langkah Peminimalan dampak negatif.

Dengan langkah-langkah persiapan menghadapi banjir dan penanggulangannya, sebagian besar kematian serta kehancuran bisa di cegah.

- Melibatkan identifikasi unsur-unsur rawan atau rentan.

Dengan memetakan daerah rawan serta menggabungkan data itu dengan rancangan kegiatan persiapan dan penanggulangan. Suatu strategi dapat di daerah-daerah luapan air dengan langkah-langkah pengendalian banjir. Para perencana dapat meminta masukan dari berbagai bidang keilmuan untuk

menilai risiko-risiko, tingkat risiko yang masih diterima/dianggap cukup wajar (ambang risiko) dan kelayakan kegiatan-kegiatan lapangan yang direncanakan. Informasi dan bantuan dapat diperoleh dari berbagai sumber, dari badan-badan internasional hingga ke tingkat masyarakat.

- Pemetaan daerah-daerah luapan air/jalur banjir.

Dalam memaparkan banjir, biasanya dipakai frekuensi statistik, menggunakan parameter kejadian dalam 100 tahun. Paparan ini menjadi pedoman pemrograman penanggulangan banjir. Parameter kejadian banjir 100 tahun itu memaparkan areal yang memiliki kemungkinan 1 % terlanda banjir dengan ukuran tertentu pada tahun tertentu. Frekuensi-frekuensi lain mungkin bisa juga dipakai, misalnya 5, 20,50 atau 500 tahun, tergantung kepada ambang risiko yang ditetapkan untuk suatu evaluasi.

Peta dasar dipadukan dengan peta-peta lain dan data-data lain, membentuk gambaran lengkap/utuh tentang jalur banjir. Masukan-masukan lain yang menjadi bahan pertimbangan diantaranya :

- Analisis kekerapan banjir.
- Peta-peta pengendapan.
- Laporan kejadian dan kerusakan.
- Peta-peta kemiringan / lereng.
- Peta-peta vegetasi (lokasi tumbuh tanaman, jenis dan kepadatannya).
- Peta-peta lokasi pemukiman, industri dan kepadatan penduduk.
- Peta-peta infrastruktur.

Di sebagian negara berkembang, pengumpulan informasi jangka panjang sering sulit dilaksanakan. Untuk menanggulangi masalah ini bisa digunakan teknik-teknik penginderaan jauh, yang menjadi pilihan lain bila tak dipakai teknik-teknik pemetaan tradisional dan biaya operasinya akan kira-kira sama efektif sebab menghemat tenaga dan waktu (metode-metode pengumpulan data tradisional sangat padat karya dan memakan waktu lama), misalnya dalam kajian daur air (penelitian hidrologis) daerah yang luas.

- Penerapan data hasil penginderaan jauh (satelit) pada daerah-daerah rawan banjir.

Pemetaan silang bencana-bencana

Banjir sering menyebabkan, terjadi bersamaan dengan atau menjadi akibat dari, bencana-bencana lain. Agar daerah-daerah yang rawan terhadap lebih dari satu jenis bencana bisa diketahui, dilakukan penyusunan peta silang, sintetis atau terpadu. Peta ini merupakan alat yang sangat bagus untuk panduan perancangan program pertolongan dan penanggulangan.

Namun peta ini masih memiliki kekurangan,yakni tidak memadai jika digunakan sebagai pedoman kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan bencana yang hanya mencakup satu daerah tertentu saja atau bencana tertentu saja.

Pengaturan tata guna tanah

Tujuan pengaturan tata guna tanah melalui undang-undang agraria dan peraturan-peraturan lainnya adalah untuk menekan risiko terhadap nyawa, harta benda dan pembangunan di kawasan-kawasan rawan bencana. Dalam kasus banjir, suatu daerah dianggap rawan bila daerah itu biasanya dan diperkirakan akan terlanda luapan air dengan dampak-dampak negatifnya; penilaian ini didasarkan sejarah banjir dan kondisi daerah. Bantaran sungai dan pantai seharusnya tak boleh dijadikan lokasi pembangunan fisik dan jangan ditinggali. Selain itu, Badan Pertahanan Nasional beserta departemen-departemen terkait harus memperhatikan pula perlu kawasan perkotaan. Dengan pengaturan tata guna tanah yang dilandasi data-data ilmiah dan dengan mengacu kepada potensi bencana, setidaknya bencana alam seperti banjir tak akan diperparah oleh pengizinan pemakaian tanah yang tak mengindahkan kelayakan.

Dalam hal ini yang harus ditangani adalah :

Pengurangan kepadatan penduduk dan bangunan

Di daerah-daerah rawan banjir, jumlah korban tewas maupun cedera akan langsung terkait dengan kepadatan penduduk. Bila daerah itu masih dalam tahap perencanaan pembangunan atau perluasan kawasan, rencana itu harus mencakup pula kepadatan. Bila daerah itu sudah terlanjur mapan,khususnya jika digunakan sebagai lokasi pemukiman liar oleh pendatang yang tergolong miskin, pengaturan kepadatan bisa menjadi isu yang rawan dan peka , penduduk harus dimukimkan kembali di tempat lain yang lebih aman dengan mempertimbangkan dampak-dampak sosial dan ekonomis perpindahan itu. Sayangnya, banyak lokasi pemukiman padat penduduk terletak di jalur banjir. Bagaimanapun para

perencana pengembangan daerah dan penataan ruang harus mengambil langkah-langkah bijak untuk memperbaiki pemukiman itu dan menekan kerentanannya.

Larangan penggunaan tanah untuk fungsi-fungsi tertentu

Jika suatu daerah menjadi ajang banjir sedikitnya rata-rata 1 kali tiap 10 tahun, tidak boleh ada pembangunan skala besar di daerah itu. Pabrik, perumahan dan sebagainya tidak diizinkan di bangun di sana demi kepentingan ekonomis, sosial dan keselamatan para penghuninya sendiri. Daerah itu bukan berarti sama sekali tak bisa dimanfaatkan; pemanfaatannya antara lain untuk kegiatan-kegiatan dengan potensi risiko lebih kecil misalnya arena olah raga atau taman. Prasarana yang bila sampai rusak akan membawa akibat buruk yang besar, misalnya rumah sakit, hanya boleh didirikan di tanah yang aman.

Pengaturan tata guna tanah akan menjamin bahwa daerah-daerah rawan banjir tidak akan menderita dua kali lipat akibat kebanjiran sekaligus pemakaian tanah yang memperparah dampak-dampak bencana itu dengan kerugian fisik, sosial, ekonomis dan korban jiwa yang lebih besar lagi.

Pemindahan lokasi unsur-unsur yang menghalangi arus banjir

Bangunan-bangunan yang menghadang di tengah jalur banjir selalu neresiko terhantam dan tenggelam atau hanyut akibat arus banjir. Selain itu, ada bahaya pemerangkapan dan pemblokiran jalannya banjir yang lambat berbelok menggenangi daerah-daerah yang semestinya bebas banjir.

Pengaturan tentang bahan-bahan bangunan yang boleh digunakan

Di zona-zona tertentu yang paling rawan, bangunan dari bahan kayu atau bahan-bahan lain yang ringan harus dilarang didirikan. Ada kalanya boleh dibangun rumah atau gedung dari tanah liat atau cetak, tetapi izin hanya diberikan bila telah diambil langkah-langkah perlindungan.

Penetapan jalur pengungsian yang aman

Tiap lingkungan pemukiman yang rawan banjir harus punya rute penyelamatan yang aman, serta penampungan sementara dilokasi yang letaknya lebih tinggi dari permukaan air banjir.

Strategi-strategi pencegahan lainnya adalah :

- Badan-badan pemerintah mengambil alih lahan-lahan di jalur banjir. Penghuninya diberi lahan lain yang lebih aman.
- Diberikan perangsang berupa pinjaman lunak, subsidi atau penghapusan Pajak Bumi dan Bangunan bagi rakyat dan penanam modal yang bersedia mengalihkan rencana pembangunan lokasi rawan banjir ke tempat lain yang lebih tahan banjir.
- Dilaksanakan penganekaragaman produksi pertanian, misalnya menanam pangan yang 'kedap – banjir' atau menambahkan pepohonan di lahan atau menyesuaikan musim tanam dengan musim banjir. Juga dilaksanakan upaya membangun lumbung pangan cadangan dan penyimpanan yang aman untuk produk – produk pertanian.
- Penghijauan, pengelolaan ruang budidaya dan pengaturan areal merumput ternak untuk mencegah pengguguran dan penggundulan, agar tanah lebih mampu menyerap serta menahan air.
- Pembangunan gedung-gedung atau bukit-bukit buatan yang cukup tinggi yang akan dipakai sebagai tempat penampungan sementara para pengungsi seandainya penyelamatan ke lokasi lain tak mungkin dilaksanakan.
- Bagi negara-negara berkembang yang banyak memanfaatkan tanah seputar jalur banjir, harus dilakukan kerjasama dengan rakyat setempat sekaligus penggunaan pengaruh politis yang cukup besar agar daerah – daerah rawan itu dikosongkan tanpa terjadi pergolakan

6.10 Pengendalian banjir

Sebagaimana telah disebutkan di muka, pengendalian pemakaian lahan akan dilakukan di daerah – daerah jalur banjir yang baur dalam tahap pengembangan maupun yang sudah terlanjur dibangun. Namun masih tetap harus dilaksanakan perubahan-perubahan untuk menekan kerentanan masyarakat terhadap dampak-dampak negatif bencana banjir. Di negara-negara berkembang, barangkali pengaruh politis yang cukup besar harus dikerahkan, sekaligus kerjasama dengan masyarakat yang bersangkutan.

Pilihan –pilihan pengendalian banjir adalah :

Perbaiki saluran yang sudah ada

Dasar sungai yang sudah dangkal akibat pengendapan harus dikeruk, diperdalam sementara batas tebing sungai di kanan – kirinya harus pula diperlebar. Metode-metode ini meningkatkan kemampuan penampungan lebih air dan menurunkan peluang ke sekitar sungai.

Pengalihan arus dan pembangunan saluran pembantu

Bila dibandingkan dengan biaya memungkinkan kembali penduduk dan industri ke daerah yang lebih aman, mungkin biaya membangun saluran pembantu (membantu memecah aliran sungai) atau mengalihkan arus lebih murah. Ada beberapa pilihan, diantaranya selokan-selokan besar dan dalam dengan kisi – kisi rerumputan atau padang terbuka atau saluran dengan dinding batu atau beton. Perancangan dan pembangunannya harus hati-hati karena kemungkinan ada dampak – dampak buruk pada lingkungan alamiah dan harus dipertimbangkan keamanannya.

Pembangunan bendungan dan tanggul

Bendungan dan tanggul mampu menyimpan cadangan air sekaligus melepaskannya dengan tingkat yang masih bisa dikelola. Pembangunannya harus hati-hati, memakai patokan tingkat tertinggi permukaan air sewaktu banjir. Bila banjir ternyata lebih tinggi dan lebih kuat ketimbang bendungan, bahayanya justru lebih besar ketimbang kalau tak ada bendungan. Jadi bila bangunan semacam itu tak dirancang cermat, keamanannya takkan terjamin dan penduduk hanya akan memperoleh rasa aman yang menyesatkan karena dampak banjir justru akan makin parah sewaktu bendungan jebol.

Penguatan bangunan yang sudah ada

Para pemilik bangunan bisa mengusahakan menekan risiko kerusakan dengan cara memperkuat bangunannya untuk :

9.11 Menahan hantaman atau terjangan air

Tahan genangan air

Bangunan baru harus diberi pondasi yang tak mudah keropos atau longsor.

Perlindungan dari pengikisan tanah

Ini merupakan unsur penting perlindungan menghadapi bencana banjir. Dasar sungai sebaiknya distabilkan dengan membangun 'alas batu' atau beton yang

kuat, atau menanami bantaran dengan pepohonan, khususnya bila dekat jembatan.

Perbaiki lokasi

Lokasi rawan banjir atau sekitar sungai bisa diperbaiki dengan cara meninggikannya. Ini akan efektif untuk lokasi bangunan.

Langkah – langkah Persiapan Khusus

6.12. Sistem – sistem peramalan dan peringatan bahaya banjir

Penelitian kasus di berbagai negara menunjukkan bahwa peramalan dan peringatan bahaya banjir bisa menurunkan potensi kerugian antara 6 hingga 40% (WMO). Sistem – sistem pelacakan banjir yang menjadi dasar peramalan, peringatan dan persiapan penanggulangan nerentang dari yang paling sederhana dan tak memakan banyak biaya, yakni pembentukan jaringan relawan yang mengamati curah hujan dan tingkat arus, sehingga kepenerapan jaringan canggih dengan alat-alat pemantau mutakhir dan model-model komputer. Suatu sistem yang dinamakan ALERT (*Automated Local Evaluation in Real Time, Evaluasi Otomatis Setempat dalam Hitungan Waktu Nyata*), telah memperagakan kemampuan yang menekan biaya operasi serta efektif melindungi kehidupan maupun benda-benda, dengan peran serta badan-badan di tingkat daerah. Stasiun – stasiun lapangan yang di rancang sebagai modul-modul lengkap dikelola oleh daerah rawan itu sendiri.

Apapun metode yang dipakai untuk memberi peringatan kepada penduduk, sistem-sistem komunikasi harus sudah direncanakan dengan baik sejak dini. Tata cara pengungsian harus siap dan dilakukan latihan secara teratur. Cara – cara penyebaran peringatan antara lain melalui radio, televisi, sirine peringatan, kentongan, corong pengeras suara di balai desa atau di rumah, ke rumah dengan sepeda motor atau berjalan kaki. Bila dipakai sistem-sistem peringatan nasional, kerap kali sistem – sistem ini gagal, sebab sulit disebarkan peringatan yang diberikan dalam cara yang jelas dan tegas dan dipercaya oleh penduduk, lebih – lebih di daerah – daerah terpencil dan seringkali peringatan datang terlambat. Sistem – sistem peringatan nasional lebih efektif bila dilaksanakan di perkotaan. Di daerah pedesaan kentongan dan peringatan lisan adat atau tokoh masyarakat yang dihormati. Mereka harus dilibatkan dalam

persiapan peringatan agar petunjuk-petunjuk penyelamatan dan pelaksanaannya di lapangan bisa benar – benar lancar.

6. 12 Keikutsertaan masyarakat

Para penghuni kawasan rawan banjir biasanya sudah punya beberapa metode tradisional untuk menghadapi risiko banjir. Di Bangladesh misalnya, yang sangat rawan banjir, dana pemerintah sering tak cukup untuk membiayai upaya penuh penanggulangan paling sederhana sekalipun. Namun tak semua urusan penanggulangan dan persiapan harus dibebankan ke pundak pemerintah dan aparatnya. Sebagian aspek perencanaan dan penanggulangan banjir mungkin malah lebih baik jika dilakukan di tingkat desa dan bisa dikembangkan tanpa banyak memerlukan campur tangan dari luar. Antara lain :

- Peringatan bahaya banjir disebarkan di tingkat desa / kalurahan.
- Kerja bakti untuk memperbaiki dasar dan tebing sungai, membersihkan kotoran yang menyumbat saluran air, membangun tanggul dengan karung-karung pasir atau bebatuan, menanami bantaran sungai dan sebagainya.
- Rencana pemulihan pertanian pasca-banjir, antar lain dengan menyimpan benih dan persediaan lain di tempat yang paling aman dan ini dijadikan tradisi.
- Perencanaan pasokan air bersih dan pangan dengan cara serupa seandainya bencana memaksa pengungsian.
- Mengenal cara-cara penganggulangan tradisional dan langkah-langkah persiapannya, sambil menilai kelayakannya.

Program-program untuk menggugah kesadaran masyarakat tentang bahaya banjir bisa mencakup :

- Penjelasan tentang fungsi-fungsi bantaran sungai dan jalur banjir, lokasinya serta pola-pola penampungan / penyerapan airnya.
- Identifikasi bahaya peringatan.
- Mendorong perorangan untuk memperbaiki daya tahan bangunan dan harta mereka agar potensi kerusakan / kehancuran dapat ditekan dan mengembangkan rencana pengungsian perorangan.
- Menggugah kesadaran masyarakat tentang arti penting rencana – rencana dan latihan – latihan penanggulangan serta pengungsian bagi kepentingan mereka sendiri.

- Mendorong tanggung jawab perorangan atas pencegahan dan penanggulangan banjir dalam kehidupan sehari – hari. Misalnya praktik bertani harus memperhatikan dampak lingkungan jangan menggunduli hutan dan hulu sungai saluran air harus dipelihara dan sebagainya.

6.13 Rencana utama

Rencana utama adalah pedoman dasar yang memberi aparat setempat serta para pengembang dan pemilik lahan berbagi informasi pokok menyangkut jalur banjir dan apa yang harus dilakukan demi mencegah dan menanggulangi dampak bencana banjir.

Selain pengaturan tata guna tanah, rencana utama ini harus mencakup pula program informasi masyarakat. Untuk mengembangkannya diambil langkah –langkah sebagai berikut :

- Peta akurat daerah itu dipelajari.
- Dikembangkan daur air (hidrologi) bagi beberapa kekerapan banjir yang sudah pernah terjadi sepanjang 100 tahun terakhir.
- Penetapan jalur banjir berdasarkan kekerapan yang pernah terjadi dan meneliti kondisi saluran air yang sudah ada.
- Perkiraan kerugian akibat banjir dengan berbagai kekerapan dan mengembangkan catatan kekerapan banjir dan kerusakan yang ditimbulkan dengan basis tahunan.
- Menelaah semua kemungkinan meminimalan dampak banjir, misalnya membangun bendungan.
- Persiapan rancangan awal dan perkiraan biaya bagi alternatif – alternatif lain.
- Menentukan kerusakan akibat banjir untuk tiap alternatif.

Melengkapi analisis kelayakan bagi tiap alternatif

- Meninjau kembali tiap alternatif dengan mempertimbangkan berbagai faktor, misalnya politik, peluang dan lingkungan hayati.
- Memilih alternatif yang terbaik atau perpaduan beberapa alternatif yang bisa diterima dan dinilai layak oleh warga daerah itu.
- Menerbitkan laporan perencanaan dengan dokumentasi proses di atas.

6.14 Kebutuhan – kebutuhan Pasca Banjir

Langkah – langkah awal yang harus diambil oleh pihak – pihak berwenang pada saat banjir surut adalah :

- Pencarian dan penyelamatan korban
- Pemberian bantuan medis
- Penilaian situasi
- Penyediaan pangan dan air bersih sementara
- Penyulingan air
- Pemantauan endemi
- Penyediaan tempat tinggal / penampungan sementara bagi para korban

6. 15 Langkah– langkah sekunder adalah :

- Perbaikan dan pembangunan kembali prasarana yang rusak atau hancur
- Memulihkan atau menciptakan lapangan pekerjaan
- Membantu pemulihan pertanian melalui penjaminan usaha tadi, pembagian benih dan alat pertanian dan bibit ternak
- Membantu usaha kecil dan para nelayan