

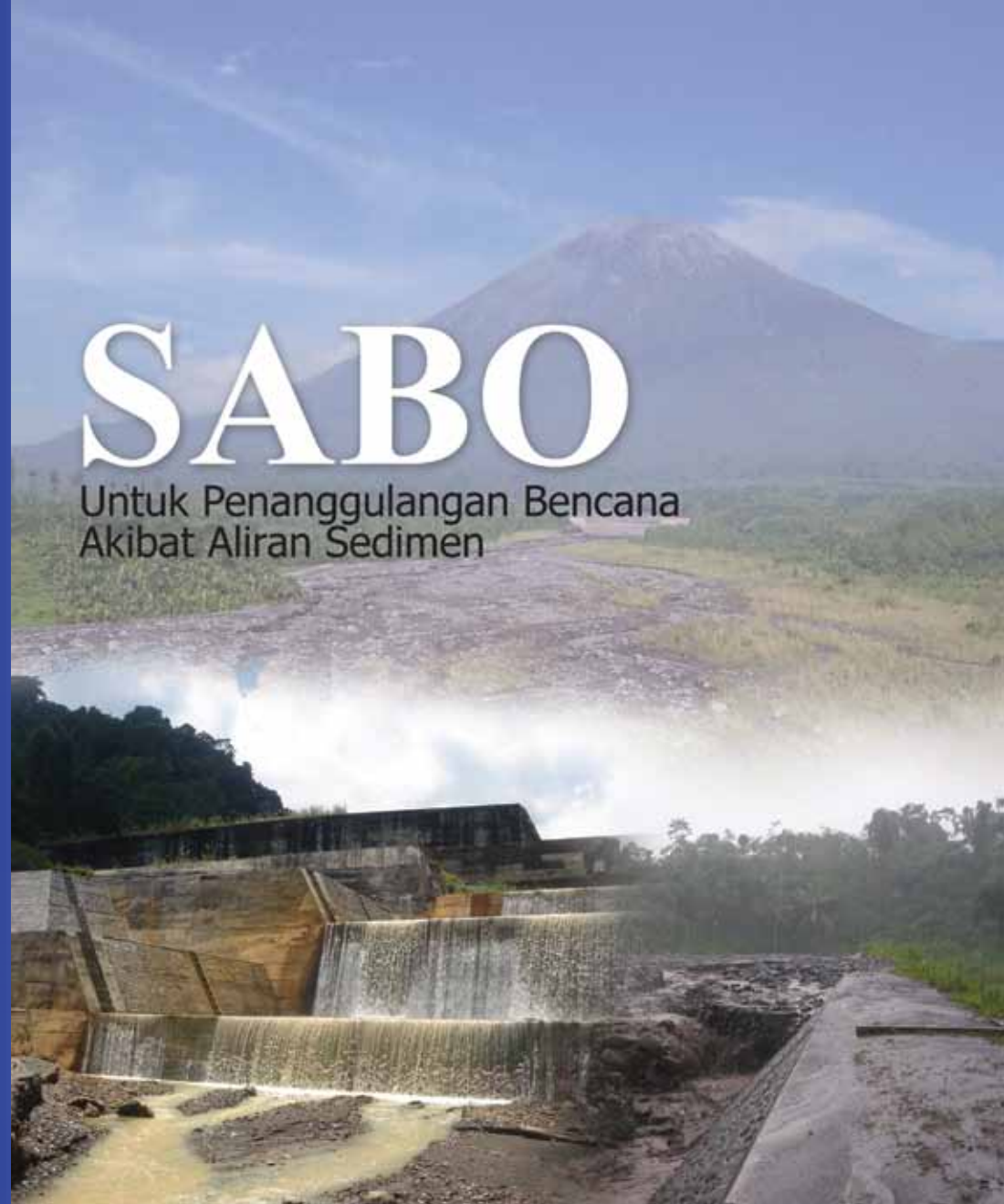


YAYASAN AIR ADHI EKA
Gedung SDA Lt 8 Kamar 814
Jl. Patimura No. 20 Keb. Baru Jakarta Selatan 12110
Telp : (021) 72786269 ;
E-mail : adhi_eka@telkom.net

ISBN 978-979-25-6461-7

SABO

Untuk Penanggulangan Bencana
Akibat Aliran Sedimen



YAYASAN AIR ADHI EKA
bekerja sama dengan
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



SABO

Untuk Penanggulangan Bencana
Akibat Aliran Sedimen



YAYASAN AIR ADHI EKA
bekerja sama dengan
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



TIM PENYUSUN

Suparman, M.E
Ir. T. Soetopo MSc
Ir. Soenar Wirjotijoso
Ir. Djoko Suprawoto, Dipl.HE
Hendro Pradono, S.H.

*Beserta seluruh kawan yang berpartisipasi
menyusun buku ini.*

Cetakan I Nopember 2008
Cetakan II Pebruari 2009
Cetakan III Maret 2011 Beserta Suplemen

DAFTAR ISI

PENGANTAR	7
Bab 1	
PENDAHULUAN	9
1. Apakah Sabo	9
2. Fungsi Sabo	10
3. Bencana Alam	11
4. Kondisi Alam Indonesia	12
Bab 2	
BENCANA ALAM AKIBAT EROSI, SEDIMENTASI DAN PERGERAKAN TANAH	15
1. Bencana Alam Akibat Letusan Gunungapi dan Banjir Lahar	15
2. Bencana Alam Akibat Erosi dan Sedimentasi	16
3. Bencana Alam Akibat Pergerakan Tanah	16
A. Bencana akibat tanah gerak	16
B. Bencana akibat tanah longsor	17
C. Bencana akibat aliran debris	17
Bab 3	
SABO UNTUK PENANGGULANGAN LAHAR GUNUNGAPI	19
1. Indonesia Negara Kaya Akan Gunungapi	19
2. Mengenal Gunungapi	20
3. Kegiatan Gunungapi	22
4. Bahaya Gunungapi	24
A. Bahaya Primer	24
B. Bahaya Sekunder	26
5. Usaha Penanggulangan	27
A. Penanggulangan terhadap letusan gunung	27
B. Penanggulangan terhadap banjir lahar	28
C. Kegiatan struktur	31
1. Cekdam (Dam Pengendali Sedimen)	31
2. Dam Konsolidasi	33
3. Kantong Lahar	34
4. Tanggul	36
5. Normalisasi Sungai	37

6. Krib	39
7. Perkuatan Tebing	40
8. Bahan untuk Pembuat Bangunan	40
Beton	41
Pasangan batu	41
Bronjong kawat	42
D. Kegiatan non struktur	43
1. Pemberitaan Kegiatan Gununggapi	43
2. Pemberitaan Banjir	44
3. Peraturan yang Berkaitan dengan Sungai dan Banjir	47
4. Partisipasi Aktif Masyarakat dalam Menangani Banjir	47
6. Daerah Sekitar Gununggapi Yang Telah Ditangani Dengan Sabo	48
A. Gunung Agung	48
B. Gunung Merapi	50
C. Gunung Semeru	53
D. Gunung Kelut	54
E. Gunung Galunggung	56

Bab 4

SABO UNTUK PENANGGULANGAN EROSI, SEDIMENTASI, DAN PERGERAKAN TANAH

59

1. Erosi dan Sedimentasi	59
A. Erosi	59
B. Sedimentasi	62
C. Pergerakan Tanah	64
1. Tanah Gerak (Land Slides)	64
2. Tanah Longsor (Slope Failure)	67
3. Aliran Debris	68
2. Penanganan Erosi, Sedimentasi dan Pergerakan Tanah	69
A. Kompetensi Penanganan	69
B. Penanganan dengan Cara Pendekatan Teknis	69
1. Penanganan Erosi (Permukaan) Tanah	69
a. Drainase Penampung Aliran	69
b. Teras Kanal	70
c. Teras Bangku	70
2. Pengendalian Sedimen di Daerah Non Vulkanik	71
a. Aliran sedimen di daerah non vulkanik	71
b. Daerah yang sudah ditangani	73
c. Penanganan/pengendalian tanah gerak (Land slides)	75
d. Penanganan tanah longsor (Slope failure)	77

C. Penanganan dengan Cara Pendekatan Non Teknis	77
1. Isu yang sedang berkembang	77
2. Manajemen daerah aliran sungai bagian hulu	78
3. Manajemen daerah bantaran sungai	80

Bab 5

SABO UNTUK PENGAMANAN PANTAI **87**

1. Indonesia Negara Kepulauan	87
2. Pengertian tentang Istilah Pantai	89
3. Jenis Pantai di Indonesia	90
A. Pantai Berlumpur	90
B. Pantai Berpasir	90
C. Pantai Bergumuk Pasir (Sand Dune)	90
D. Terumbu Karang	91
E. Pantai Karang Vulkanik	92
F. Pantai Batu Karang	92
4. Daerah Pantai Merupakan Suatu Sistem	92
A. Sumber Daya Alam	93
B. Fungsi Pemanfaatan Pantai	94
C. Prasarana Fisik	95
5. Permasalahan di Daerah Pantai	96
A. Erosi Pantai	97
1. Erosi yang Disebabkan Peristiwa Alam	97
2. Erosi yang Disebabkan oleh Campur Tangan Manusia	98
B. Masalah Non Teknis	102
C. Masalah Lain yang Hangat Masa Kini	102
6. Upaya Pencegahan Abrasi Pantai	103
A. Upaya Teknis	103
B. Upaya Non Teknis	105

Bab 6

PENUTUP **107**

SUPLEMEN

SABO Untuk Penanggulangan Bencana
Akibat Aliran Sedimen

PENGANTAR

Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai letak sangat strategis, karena terletak diantara dua benua yaitu Benua Asia dan Australia dan juga terletak diantara dua samudra yaitu Samudra Hindia dan Samudra Pasifik, dan juga berdekatan dengan pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Eurasia, Australia dan Pasifik. Disamping itu Indonesia juga dilalui oleh tiga lingkaran gunungapi yaitu gunungapi jalur pegunungan Mediterania, jalur Australia dan jalur Pasifik.

Iklim Indonesia adalah tropis basah yang mempunyai dua musim utama yaitu musim kemarau yang terjadi sekitar bulan April sampai Oktober dan musim penghujan di sekitar bulan Oktober sampai April.

Dengan adanya kombinasi keadaan alam seperti tersebut maka di Indonesia sering terjadi bencana alam, dimana salah satu adalah bencana alam akibat aliran sedimen, seperti banjir lahar, tanah longsor, banjir bandang dan sebagainya yang umumnya terjadi pada waktu musim hujan. Bencana ini telah banyak merugikan masyarakat berupa kerugian harta benda bahkan sampai makan korban jiwa manusia.

Pemerintah dalam hal ini telah banyak melakukan tindakan, baik melaksanakan kegiatan-kegiatan yang bersifat teknis seperti pembuatan bangunan-bangunan pengendali banjir lahar serta kegiatan yang bersifat non teknis seperti mengadakan peramalan hujan serta pemberitaan banjir. Namun karena luasnya wilayah Indonesia dan juga keterbatasan dana maka belum semua daerah dapat ditangani. Oleh sebab itu diharapkan partisipasi aktif dari masyarakat untuk ikut menangani hal tersebut.

Buku kecil ini merupakan Cetakan III Maret 2011 berisi informasi tentang bencana alam yang disebabkan aliran sedimen, serta penanggulannya baik secara teknis maupun non teknis. Buku ini ditulis dengan bahasa cukup sederhana dimana diharapkan dapat menjadi bacaan siswa tingkat SMA dan STM di daerah-daerah yang sering terlanda bencana oleh aliran sedimen, dan diharapkan informasi ini akan lebih menyebar luas kepada masyarakat lewat mereka maupun perpustakaan di daerah, sehingga nantinya masyarakat akan lebih dapat mengenali daerah yang mereka tinggali sehingga mereka lebih siap dalam menghadapi bencana dengan kemampuan mereka sendiri.

Buku kecil ini terbit atas kerjasama antara Pemerintah Jepang lewat Japan International Cooperation Agency (JICA) dan YAYASAN AIR ADHI EKA yang dibantu penulisannya oleh para mantan petugas di bidang sumber daya air Departemen Pekerjaan Umum

Mudah-mudahan buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua terutama bagi masyarakat yang tinggal di daerah rawan bencana karena aliran sedimen dan tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada para penulis dan penyunting buku ini.



| PENDAHULUAN

1. APAKAH SABO?

SABO adalah istilah yang berasal dari Jepang yang terdiri dari kata SA yang berarti pasir (*sand*) dan BO yang berarti penanggulangan (*prevention*).

Jadi kata SABO mempunyai arti: Penanggulangan bencana yang diakibatkan pergerakan tanah atau sedimen yang dibawa oleh aliran air. Kata SABO diusulkan oleh seorang ahli konservasi dari Amerika Serikat, yang bernama Dr. Lowdermilk pada kunjungannya ke Jepang pada tahun 1951.

Pergerakan tanah oleh aliran air atau erosi telah menyebabkan masalah besar karena telah banyak menimbulkan kerusakan, maka di beberapa negara telah melaksanakan penanggulangan guna mengatasinya, seperti:

PERANCIS

Pada tahun 1718 diperkenalkan undang-undang pencegahan perusakan hutan dan gunung dengan istilah Restoration des Montagnes selanjutnya disebut sebagai *Correctio et Reboisment*. Dari sinilah kegiatan sabo mulai diperkenalkan di Eropa.

AUSTRIA

Pada tahun 1882 terjadi banjir besar di Austria, kemudian pemerintahnya mulai mengembangkan sabo di daerah pegunungan Alpen dengan istilah *Wildbach Verbauung*.

SWISS

Sabo kemudian juga dikembangkan di negeri Swiss dan pekerjaan ini ditujukan untuk usaha pencegahan tanah atau salju yang longsor dan disebut dengan istilah *Lawinen Verbauung*.

JEPANG

Di negeri ini sabo mulai dikembangkan pada jaman Meiji tahun 1873 yang dimulai dengan terbitnya Undang-Undang Sabo di daerah sungai Yodo di Pulau Honsyu.

INDONESIA

Di Indonesia teknik sabo diperkenalkan pertama untuk kali oleh seorang tenaga ahli Jepang, Mr. Tomoaki Yokota pada tahun 1970, untuk menangani masalah banjir lahar di daerah vulkanik, yaitu Gunung Merapi, Gunung Kelut dan Gunung Agung. Lalu di Gunung Semeru dan Gunung Galunggung yang

meletus kemudian. Di samping itu juga untuk menangani masalah erosi dan sedimentasi di daerah non-vulkanik di beberapa daerah di luar Jawa.

2. FUNGSI SABO

Secara umum sabo dapat berfungsi untuk berbagai keperluan, seperti:

- a. Melindungi manusia dan tempat tinggal beserta harta kekayaan mereka dari gangguan bencana alam yang diakibatkan oleh erosi dan aliran sedimen.
- b. Memelihara kelestarian alam dan lingkungannya.
- c. Melindungi daerah perkotaan, pedesaan serta bangunan bangunan dan fasilitas umum dari bencana yang diakibatkan oleh aliran sedimen.
- d. Dapat membantu pengembangan daerah melalui pemanfaatan bangunan sabo secara serba guna.

Secara teknis sabo mempunyai fungsi menjaga erosi permukaan tanah, menstabilkan dasar dan tebing sungai, mengurangi kecepatan banjir serta menampung aliran sedimen.



BANGUNAN SABO
UNTUK PENGENDALIAN
LAHAR



BANGUNAN SABO UNTUK
IRIGASI

Di Indonesia sabo telah diterapkan pada berbagai keperluan, seperti:

- a. Pengendalian lahar akibat letusan gunungapi
- b. Pengendalian erosi di hutan dan daerah-daerah pertanian
- c. Pencegahan terhadap longsor atau tanah runtuh
- d. Pencegahan erosi yang terjadi di pantai atau abrasi yang disebabkan oleh gelombang dan atau arus laut



BANGUNAN SABO UNTUK JALAN PENYEBERANGAN

3. BENCANA ALAM

Bencana alam adalah suatu fenomena yang menimbulkan kerugian terhadap kehidupan atau harta, baik perorangan maupun masyarakat umum yang dikarenakan oleh suatu sebab atau lainnya.

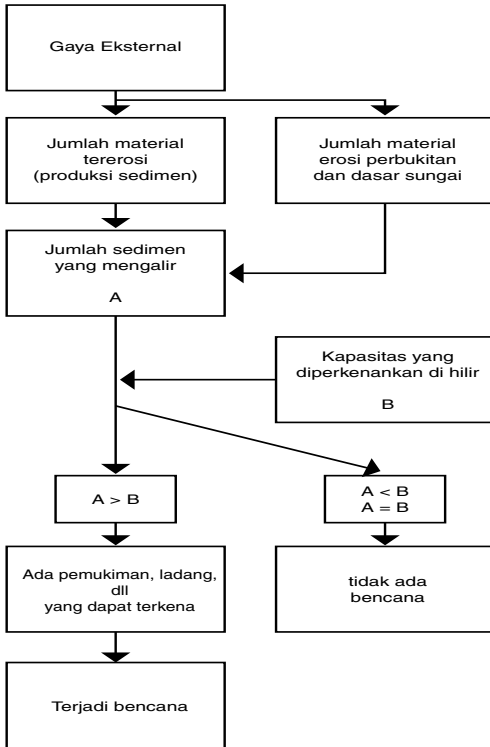
Kalau bencana disebabkan oleh manusia maka disebut bencana oleh ulah manusia (*artificial disaster*), hal ini untuk membedakan dengan bencana yang disebabkan oleh alam yang biasa disebut bencana alam.

Bencana alam umumnya disebabkan oleh menyimpangnya kondisi alam, seperti gempa bumi, angin topan, gunung meletus, tanah longsor dan sebagainya. Akhir-akhir ini ada tendensi bertambah seringnya kejadian bencana alam di Indonesia, terutama kejadian tanah longsor dan banjir lumpur atau banjir bandang. Adapun daerah yang terkena bencana umumnya daerah pertanian serta desa-desa yang terletak di sekitar pegunungan.

Bencana tanah longsor merupakan bencana yang disebabkan pergerakan tanah. Sementara banjir lumpur adalah aliran sedimen dari tanah longsor atau hasil erosi dari hulu yang terbawa air karena hujan. Kalau banjir lumpur ini terjadi di daerah gunungapi biasanya disebut banjir lahar, yang akan

dijelaskan kemudian. Aliran sedimen yang merupakan hasil erosi atau tanah longsor, ataupun banjir lahar tidak selalu menimbulkan bencana. Sebagai contoh, kejadian bencana dapat dijelaskan seperti pada gambar di samping:

PROSES TERJADINYA BENCANA



Sebagai misal, aliran sedimen (A) lebih kecil dari kapasitas tampung sungai (B) maka tidak akan terjadi bencana. Dan meskipun (A) lebih besar dari (B), tidak akan menimbulkan bencana apabila tidak ada rumah penduduk, perkampungan, atau daerah pertanian serta fasilitas umum seperti jalan, sekolah dan lain-lain di daerah tersebut.

4. KONDISI ALAM INDONESIA

Indonesia sebagai Negara kepulauan tropis dengan kondisi topografi yang berbukit-bukit di antara dua benua dan dua samudera, serta pertemuan tiga lempeng tektonik besar yakni Eurasia, Pasifik dan Australia. Dalam pada itu, kawasan Indonesia juga sangat unik karena dilalui oleh lingkaran api Pasifik (*ring-of-fire*), dengan jumlah gunungapi yang terbanyak di dunia. Dengan kondisi tersebut ini Indonesia bagaikan “untaian jamrud di Katulistiwa”. Indonesia memiliki iklim dan cuaca yang sangat dinamis, dengan curah hujan tahunan dan intensitas yang sangat tinggi.

Kondisi geologi, geografi, topografi, iklim dan cuaca yang sangat dinamis serta banyaknya aktivitas manusia di daerah tersebut menyebabkan kawasan ini sangat rentan dan berpotensi bencana alam yang sangat besar seperti banjir, tanah

longsor, tsunami, letusan gunungapi, gempa bumi dan berbagai bencana alam lainnya.



BANJIR BANDANG YANG TERJADI DI DESA KEMIRI,
JEMBER - JAWA TIMUR YANG MENIMBULKAN
KORBAN JIWA SEBANYAK 57 ORANG

Bencana sedimen dalam berbagai wujudnya di samping faktor bawaan alamiah pada umumnya merupakan siklus mata rantai kerusakan lingkungan, akibat ulah manusia yang membawa dampak kepada kerusakan infrastruktur, harta benda dan nyawa, dan pada gilirannya akan semakin memperparah kerusakan lingkungan dan keseimbangan ekosistem.

Di Indonesia banyak jenis bencana alam yang sering terjadi seperti gempa bumi, banjir, kekeringan, tanah longsor, tsunami, letusan gunungapi dan sebagainya. Namun yang akan diuraikan dalam buku ini hanya bencana alam yang ada kaitannya dengan letusan gunungapi, erosi, aliran sedimen, pergerakan tanah serta abrasi pantai.

Pada dasarnya kawasan rawan bencana sedimen umumnya memiliki kesuburan yang tinggi dan mudah mendapatkan mata pencaharian seperti kawasan sepanjang bantaran sungai, daerah pegunungan, pantai, lembah dan lereng gunungapi, sehingga senantiasa menggoda manusia secara turun-temurun untuk berdomisili pada kawasan tersebut sekalipun mereka menyadari bahwa daerah tersebut rawan bencana.

Perkembangan penduduk yang lajunya sangat cepat menyebabkan banyaknya lahan-lahan rawan berubah menjadi tempat tinggal dan lahan usaha, sehingga daya adaptasi pada alam yang akrab lingkungan menjadi sangat menurun, menjadikan resiko bencana semakin bertambah besar.



PERUMAHAN KOMPLEK PABRIK KOPI YANG
TERKENA SEDIMEN TANAH HASIL EROSI DARI
ALIRAN BANJIR BANDANG TANGGAL 2 JANUARI 2006
DI DESA GUNUNG PASANG KABUPATEN JEMBER

Sementara sebagian besar penduduk cukup menyadari kalau mereka menempati kawasan rawan bencana, mereka yang belum menyadari ancaman bahaya terpaksa menetap di tempat yang tidak aman tersebut.

Dan kenyataannya sebagian besar yang berdomisili di kawasan rawan bencana sudah tidak merasakan ancaman bencana karena mereka meniru nenek moyang mereka seolah-olah sudah bersahabat dengan bencana, mereka segera menghindar manakala bencana terjadi dan kembali lagi segera setelah bencana berlalu.

2

BENCANA ALAM AKIBAT EROSI, SEDIMENTASI DAN PERGERAKAN TANAH

1. BENCANA ALAM AKIBAT LETUSAN GUNUNGAPI DAN BANJIR LAHAR

Biasanya letusan gunungapi mempunyai masa istirahat (*dormant periods*), yang tercatat dengan baik secara nasional maupun internasional, sebagai misal periode letusan Gunung Merapi antara 3-7 tahun, sementara Gunung Kelut 17 tahun sehingga letusannya dapat diprediksi dan dimonitor.

Gunungapi yang meletus dapat mengeluarkan bahan-bahan piroklastik serta menimbulkan awan panas yang dapat membakar daerah yang dilewati, disamping itu juga dapat menghembuskan abu yang sangat tinggi yang kemudian dapat terbawa angin sampai ke tempat yang sangat jauh.

Abu yang beterbangan (hujan abu) dapat mengganggu pernapasan dan penglihatan atau jarak pandang, sehingga dapat mengganggu penerbangan, sebaliknya abu tersebut dapat menyuburkan tanah setelah mengalami pengendapan yang cukup lama.

Endapan hasil letusan yang berada di lereng gunung atau di lembah, kalau tertimpa hujan lebat dapat menimbulkan banjir lahar yang mempunyai daya rusak yang sangat besar dan letusan pada gunungapi yang mempunyai danau kawah dapat mengakibatkan banjir lahar primer.

Banjir semacam banjir lahar dapat terjadi di daerah non-vulkanik yang biasanya disebut sebagai banjir bandang, galodo yang disebabkan oleh hujan lebat yang terjadi di daerah puncak gunung.

Letusan gunungapi yang berada di bawah permukaan laut dapat mengakibatkan gelombang pasang besar (tsunami) seperti yang pernah terjadi pada letusan Gunung Krakatau tahun 1883 yang sangat banyak membawa korban jiwa.

2. BENCANA ALAM AKIBAT EROSI DAN SEDIMENTASI

Erosi adalah proses terkikisnya lapisan permukaan tanah oleh aliran air. Fenomena erosi dapat berbentuk berbagai macam, seperti:

- a. Erosi lembar yaitu erosi permukaan tanah (*sheet erosion*) yang biasanya terjadi di daerah pegunungan di waktu atau setelah terjadi hujan lebat .

- b. Erosi parit (*linier/gully erosion*) yang terjadi pada alur aliran air atau sungai baik pada dasar atau pada tebing sungai.
- c. Erosi yang terjadi pada garis pantai (*abrasi*) yang disebabkan oleh adanya gelombang atau arus laut

Erosi lembar akan mengikis permukaan tanah di berbagai tempat, seperti tanah pertanian, padang rumput yang terlalu banyak dibabat (*over grassing*), atau hutan yang tidak dikelola dengan baik sehingga dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur yang ada di permukaan tanah, yang kemudian tanah akan menjadi tandus, disamping itu tanah yang terangkut juga akan membawa problem di daerah dimana tanah tersebut mengendap atau yang sering dikenal dengan sedimentasi.

Sedimentasi adalah proses mengendapnya hasil erosi di daerah hilirnya, yang dapat menyebabkan pendangkalan sungai yang dapat mengakibatkan banjir. Bencana yang diakibatkan erosi dan sedimentasi sifatnya tidak langsung dan membutuhkan waktu cukup lama. Erosi dan sedimentasi disamping dapat mengakibatkan terjadi banjir, rusaknya jaringan irigasi serta drainasi, juga dapat membawa dampak pada kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

Adapun erosi yang terjadi di sungai dapat mengakibatkan rusak atau tidak berfungsinya bangunan-bangunan yang berada di sepanjang sungai seperti bendung, instalasi pembangkit listrik, jembatan dan lain lain, sedang erosi yang terjadi di pantai akan menyebabkan mundurnya garis pantai yang berarti berkurangnya luas daratan serta dapat pula merusak bangunan-bangunan yang berada di daerah pantai tersebut.

3. BENCANA ALAM AKIBAT PERGERAKAN TANAH

Di Indonesia bencana alam yang diakibatkan oleh pergerakan tanah umumnya ada tiga macam, yaitu bencana yang diakibatkan oleh tanah gerak (*land slides*), bencana tanah longsor (*slope failure*) serta bencana aliran rombakan atau aliran debris (*debris flow*).

A. Bencana akibat tanah gerak.

Bencana tanah gerak sering terjadi pada daerah yang agak luas, dimana tanah di daerah tersebut bergerak secara perlahan pada bidang gelincirnya (*sliding surface*). Kejadian semacam ini dapat merusak bangunan-bangunan yang terdapat di tempat tersebut seperti rumah penduduk, bangunan sekolah, jalan serta prasarana lainnya.

Namun hal ini biasanya tidak sampai menimbulkan korban jiwa karena dengan kecepatan gerakannya yang lambat penduduk memiliki kesempatan untuk mengungsi. Gerakan tanah semacam ini dapat diamati dengan adanya perubahan kemiringan pada pohon-pohon atau tiang listrik yang berada di daerah tersebut yang lambat laun keadaannya menjadi lebih miring. Yang dikawatirkan adalah seandainya tanah gerak ini menutup aliran sungai dan menyebabkan genangan. Hal ini akan sangat berbahaya

bagi daerah hilirnya kalau sampai genangan tersebut jebol.

B. Bencana akibat tanah longsor.

Bencana tanah longsor adalah fenomena yang sering terjadi di Indonesia, yang biasanya diakibatkan oleh hujan lebat yang cukup panjang di suatu daerah yang mempunyai kemiringan terjal, dan biasanya menimpa area yang tidak seberapa luas. Peristiwa tanah longsor terjadi dengan sangat cepat, tanpa menunjukkan tanda-tanda sebelumnya. Tanah longsor menimbulkan korban jiwa seandainya menimpa daerah pemukiman. Antara tahun 2001 sampai 2004 saja, 493 orang meninggal serta 234 orang hilang akibat tanah longsor yang terjadi di Pulau Jawa, Sumatera dan Sulawesi. Peristiwa yang terjadi pada akhir 2007 lalu di Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, telah menelan 65 korban jiwa.

C. Bencana akibat aliran debris.

Aliran debris adalah aliran banjir yang mengandung campuran lumpur yang pekat dan disertai bebatuan bermacam-macam ukuran, dan terkadang juga kayu dari pohon-pohon yang tumbang. Aliran debris biasanya terjadi karena hujan yang cukup lama dan lebat di daerah hulu sungai yang biasanya berupa lingkungan hutan yang rusak. Aliran debris dapat pula disebabkan oleh adanya tanah gerak atau tanah longsor di daerah hulu sungai, yang kemudian membendung aliran sungai. Pada saat bendungannya jebol akan terjadi aliran banjir dengan debit serta kecepatan yang sangat besar dalam waktu yang cukup singkat, seperti yang terjadi di Kali Dinoyo, Kabupaten Jember pada Januari 2006. Banjir tersebut hanya memakan waktu sekitar 15 menit namun telah menghancurkan desa-desa di sepanjang sungai serta memakan korban jiwa yang tidak sedikit. Contoh lain adalah banjir yang terjadi di Kali Mujur di Lereng Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang pada Mei 1981. Ketinggian banjir lebih dari 10 m dan memakan korban jiwa lebih dari 300 orang.

KORBAN DAN KERUGIAN AKIBAT TANAH LONGSOR TAHUN 2001 - 2004
(SUMBER : KARMAWATI ET AL 2004)

No.	Lokasi	Waktu	Kerugian Sosio Ekonomi	
			Meninggal	Material
Pulau Jawa				
1	Kotagede, Yogyakarta	Januari 2001	-	10 rumah rusak
2	Lebak, Banten	8 Februari 2001	94 orang	1421 orang, 389 rumah, terancam 61 rumah rusak
3	Kebumen, Jawa Tengah	4 Oktober 2001	9 orang	
4	Kebumen, Jawa Tengah	23 Oktober 2001	-	35 rumah rusak
5	Kajoran, Magelang, Jawa Tengah	19 November 2001	-	5 rumah, 1 masjid rusak, 10 rumah terancam
6	Samigaluh, Kulon Progo, Yogyakarta	20 november 2001	9 orang	
7	Bantaran Ciliwung, Jakarta	Januari 2002	4 orang	3 rumah rusak
8	Pacet, Mojokerto, Jawa Timur	11 Desember 2002	26 orang / hilang 14 orang	tempat wisata air panas rusak dan ditutup
9	Bandung, Jawa Barat (termpat pertambangan	Januari 2003	4 orang	
10	Kadungora, Garut, Jawa Barat	Januari 2003	21 orang	
11	Blambangan, Banjarnegara, Jawa Tengah	Februari 2003	-	16 rumah rusak
12	Kokab, Kulon Progo, Yogyakarta	Februari 2003	-	4 rumah tertimbun
13	Plipir, Purworejo, Jawa Tengah	Februari 2004	7 orang	3 rumah tertimbun
14	Bandung, Jawa Barat	21 April 2004	15 orang	beberapa rumah rusak
Sumatera dan Sulawesi				
15	Pulau Sangihe, Sulawesi Utara	Januari 2001	32 orang / hilang 21 orang	
16	Pulau Nias, Sumatera Barat	30 Juli 2001	50 orang / hilang 114 orang	325 rumah rusak
17	Taman Nasional Bahorok, Sumatera Utara	2 November 2003	151 orang / hilang 100 orang	Desa Pariwisata hancur
18	Gowa, Sulawesi Selatan	27 Maret 2004	32 orang	32 km jalan, 12 rumah & 430 ha sawah tertimbun. Kerugian \$21 juta
19	Pasaman Sumatera Barat	23 April 2004	39 penumpang bus	1 buah bus tertimbun
TOTAL			493 orang / hilang 234 orang	

3

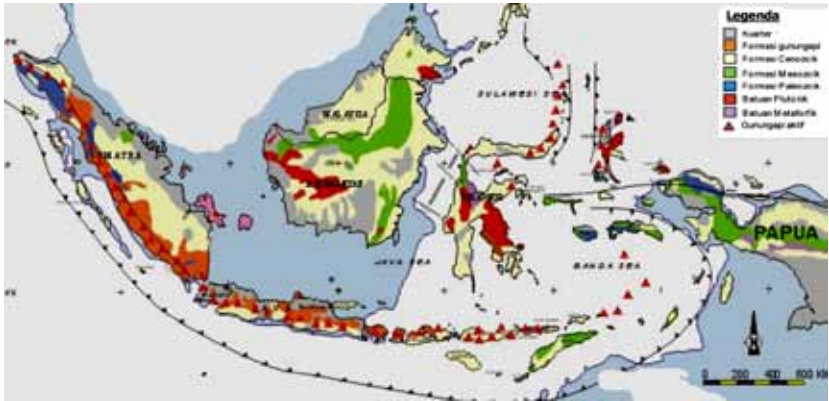
SABO UNTUK PENANGGULANGAN LAHAR GUNUNGAPI

1. INDONESIA NEGARA KAYA AKAN GUNUNGAPI

Indonesia adalah negara kepulauan yang kaya akan gunungapi. Tidak kurang dari 130 gunungapi aktif atau kurang lebih 17 persen dari jumlah gunungapi di dunia terdapat di Indonesia. Gunung-gunung tersebut tersebar di pulau-pulau besar seperti Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Irian serta pulau-pulau kecil seperti Pulau Bali, Lombok, Sumba, Sumbawa dan Flores, Kepulauan Banda, Maluku Utara, Sangihe bahkan ada yang terdapat di laut seperti Gunung Krakatau.

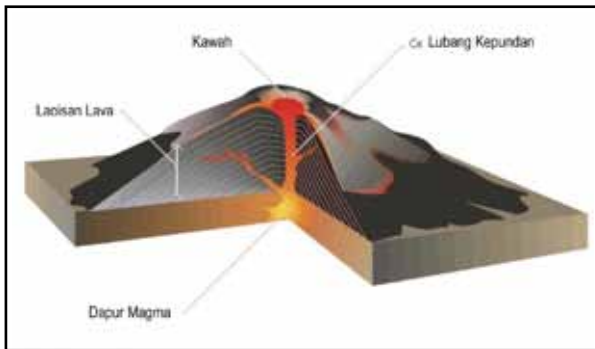
Ada tiga jalur sistem gunungapi di Indonesia, yaitu:

- A. Gunungapi yang termasuk jalur Pegunungan Mediterania yang terbagi dalam dua rangkaian yaitu:
 1. gunung-gunung yang terletak pada suatu jalur gunungapi busur dalam (*inner arc*) yang merupakan jalur vulkano aktif yang melewati kepulauan Andaman, Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Lombok, Sumba, Flores, Alor, Wetar, Damar dan Laut Banda.
 2. jalur gunungapi busur luar (*outer arc*) yang melewati pulau-pulau Simeuleue, Nias, Batu. Mentawai, Enggano, selatan Pulau Jawa, kemudian muncul di Pulau Sawu, Roti, Timor, Sermata, Buru dan sekitarnya
- B. Gunungapi yang termasuk jalur pegunungan (sirkum) Pasifik yakni Gunung Lompobatang di Sulawesi Selatan, terus ke Sulawesi Utara yakni Gunung Lokon, Sopotan, dan Klabat, terus melewati Kepulauan Sangihe, Talaut, Tidore dan Ternate.
- C. Gunungapi yang termasuk jalur pegunungan lingkaran Australia yaitu yang melewati Pulau Halmahera dan Papua.



JALUR SISTEM GUNUNGAPI DI INDONESIA

2. MENGENAL GUNUNGAPI



Gunungapi adalah tembusan atau cerobong yang menghubungkan magma di dalam kerak bumi dengan permukaan bumi. Magma adalah masa silikat atau batuan cair yang dalam keadaan meleleh dan

mempunyai suhu amat tinggi, kalau cairan ini keluar di permukaan bumi disebut lava. Bahan yang dikeluarkan melalui cerobong sering tertumpuk di sekitar lubang dan membentuk kerucut yang kemudian disebut gunungapi. Ada beberapa kegiatan gunungapi diantaranya pembentukan kubah lava, guguran kubah lava dan letusan.

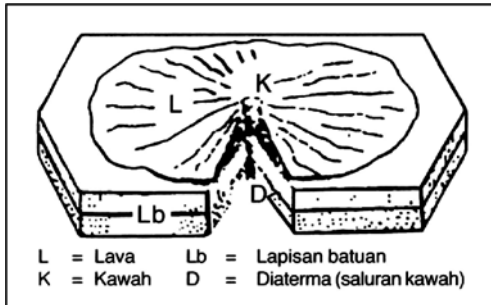
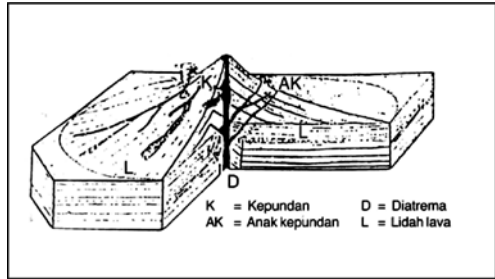
Yang dimaksud dengan letusan pada gunungapi umumnya bukanlah suatu ledakan, tapi merupakan proses pengeluaran lava dari perut bumi karena adanya tekanan dari dalam, yang kemudian keluar melalui lubang kepundan berupa aliran cairan panas yang membara.

Tapi kalau tekanan dari dalam besar sekali, bisa terjadi ledakan eksplosif seperti terjadi pada letusan Gunung Merapi Tahun 2010.

Ada beberapa tipe dari gunungapi yaitu:

Gunungapi Kerucut

Bahan yang dikeluarkan dari gunung ini tidak hanya lava cair melainkan juga benda padat. Benda-benda yang keluar ini kemudian membentuk tumpukan-tumpukan yang semakin tinggi dan merupakan lapisan padat berbentuk kerucut.

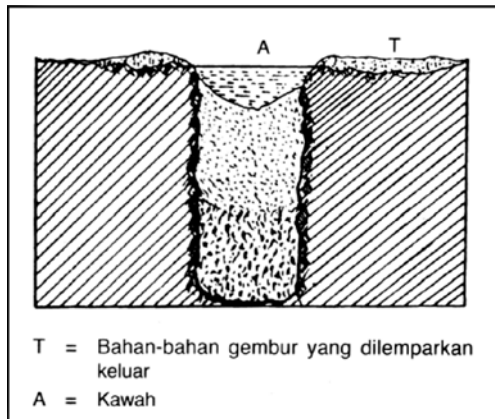


Gunungapi Perisai

Bahan yang dikeluarkan dari gunungapi tipe ini hanya lava cair. Maka lava hanya meleleh tidak membentuk timbunan yang tinggi.

Gunungapi Corong (Maar)

Gunungapi ini terjadi dengan hanya sekali letusan. Setelah letusan berhenti hanya tinggal kawah yang disebut maar.

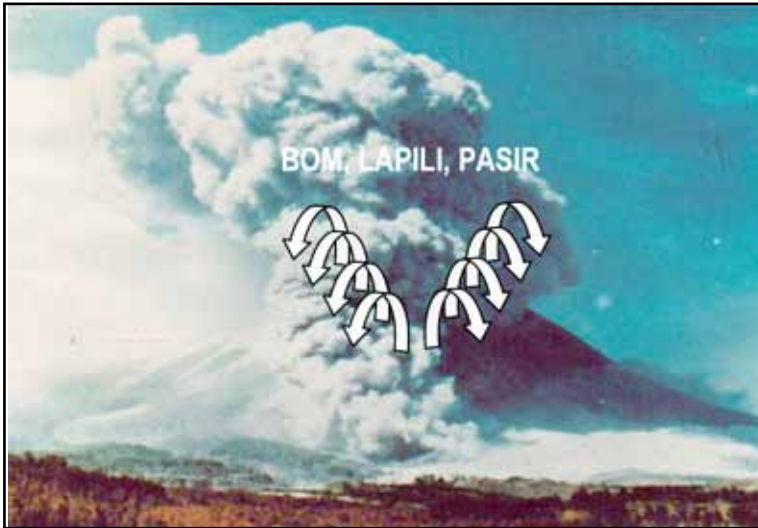


(Sumber dari Yulmadia Yulir dan Trisno Widodo - Geografi (2004))

3. KEGIATAN GUNUNGAPI

Kegiatan gunungapi dapat berupa letusan (eksplosif) atau lelehan lava (efusif). Untuk tipe gunungapi seperti Gunung Semeru atau Gunung Merapi, pada peristiwa letusan biasa, asap akan membumbung sampai setinggi 300-500 m. Pada letusan besar, awan abu yang disemburkan dapat mencapai ketinggian 4.000 m di atas puncak dan bahan gunungapi membara terlempar sampai 1.000 m keatas dan 4 km ke samping kawah serta menimbulkan kerusakan di daerah lereng gunung bagian atas. Bahan-bahan gunungapi yang keluar dapat berupa:

- BOM :batu-batu berdiameter diatas 63,5 mm
- LAPILI :batu-batu berdiameter antara 25,4 – 63,5 mm
- KERIKIL :berdiameter 2,5 – 25,4 mm
- PASIR :lebih kecil dari 2,5 mm
- ABU :partikel yang halus sekali



BOM, LAPILI, KERIKIL, PASIR BERJATUHAN AKIBAT LETUSAN

- LAVA : pada peristiwa lelehan (efusif) cairan dari magma yang keluar (lava), setelah dapat berbentuk kubah dan disebut kubah lava atau kalau bentuk memanjang disebut lidah lava. Kubah lava atau lidah lava gugur dapat kerana desakan magma, dan peristiwa ini disebut guguran kubah atau lidah lava.



ALIRAN AWAN PANAS DARI GUNUNG

- AWAN PANAS : lava yang mengalir melewati tepi kawah, akan meluncur dan pecah menjadi batuan rombakan, pasir serta debu yang membara serta mengeluarkan gas yang mempunyai suhu amat tinggi dan ini yang sering disebut awan panas. Awan panas yang terjadi pada waktu letusan besar disebut awan panas letusan sedangkan kalau terjadi guguran lidah lava dengan jumlah ratusan meter kubik dapat menimbulkan awan panas guguran. Aliran awan panas berhenti di lereng-lereng gunung atau di lembah sungai akan membentuk endapan dan endapan awan panas ini disebut ladu.
- LAHAR : ladu yang berada di lereng gunung atau lembah sungai kalau tertimpa hujan dan kemudian bercampur dengan air hujan akan membentuk suatu cairan yang kental serta mempunyai berat jenis yang tinggi yang dinamakan lahar. Oleh sebab itu lahar dapat mengangkut batu-batu besar yang ada di sungai serta mempunyai daya rusak yang tinggi.



BANJIR LAHAR BESUK SAT GUNUNG SEMERU

4. BAHAYA GUNUNGAPI

Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh kegiatan gunungapi ada dua macam yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder.

A. Bahaya Primer

1. Bahaya primer adalah bahaya yang langsung dihadapi oleh karena keluarnya bahan pada waktu terjadi letusan seperti, aliran lahar, bahan lepas. Bahaya aliran lahar umumnya dapat dihindari karena gunungapi di Indonesia kekentalan laharnya tinggi, jadi kecepatan alirannya sangat lambat.
2. Bahaya dari bahan-bahan lepas, seperti bom hanya akan berjatuh tidak jauh dari kawah yang umumnya bukan daerah yang dihuni orang. Tetapi kalau letusannya besar sekali seperti letusan Gunung Agung tahun 1963, bom yang membara membakar hutan dan kampung sehingga banyak manusia yang menjadi korban.
Bahan lepas lainnya lapilli, pasir dan abu akan jatuh dan meluncur ke arah bawah melalui jurang yang dilaluinya.

3. Bahaya awan panas merupakan ancaman yang sangat serius bagi manusia, karena sulit dielakkan kecuali hanya melarikan diri. Dan ini juga tidak mudah karena awan panas yang suhunya sekitar 800°C mempunyai kecepatan sangat tinggi antara 60-150 km/jam. Jarak tempuh luncuran awan panas dapat mencapai 15 km dari puncak. Pada tikungan lembah yang tidak terlalu dalam awan dapat meluncur melompati tebing sungai dan akan membakar apa saja yang dilewati seperti hutan, rumah penduduk dan lain-lain.
4. Bahaya lahar primer dapat terjadi pada gunung yang mempunyai danau kawah seperti Gunung Kelut di Jawa Timur dan Gunung Awu di Sulawesi Utara. Kalau terjadi letusan maka air danau yang jumlahnya jutaan meter kubik akan bercampur dengan bahan yang dikeluarkan dari dalam gunung dan abu akan membentuk aliran lahar, yang disebut lahar primer. Lahar primer ini mempunyai temperatur tinggi dan dapat merusak apa saja yang dilewatinya.
Lahar primer ini sering disebut lahar panas. Pada letusan Gunung Kelut tahun 1919 banjir lahar panas dapat mencapai Kota Blitar yang jaraknya 15 Km dari puncak dan menyebabkan 5.160 orang meninggal dunia.



KERUSAKAN AKIBAT BAHAYA PRIMER

KORBAN LETUSAN GUNUNG KELUT

Tahun	Meninggal	Luka	Lahan	Material
23-5-1901	banyak	9	5.050 Ha	200 juta m ³ + 38 jembatan
20-5-1919	5160	-	-	-
31-8-1951	7	-	7.000 Ha	200 juta m ³ + 1.8 juta m ³ air
24-4-1967	210	86	12.830 Ha	90 juta m ³ + 21.6 juta m ³ air
10-2-1990	35	550	4.410 Ha	120 juta m ³

B. Bahaya Sekunder

Bahaya sekunder dari kegiatan gunungapi adalah banjir lahar sekunder yang sering juga dinamakan lahar hujan atau lahar dingin. Lahar hujan ini disebabkan oleh adanya hujan lebat yang jatuh diatas endapan hasil letusan yang terdapat di lereng atau lembah-lembah sungai, yang kemudian air hujan tersebut akan bercampur dengan material tersebut dan terbentuk suatu cairan kental yang mempunyai berat jenis tinggi. Dikarenakan oleh beratnya maka aliran lahar dapat mengangkut batu-batu yang besar serta mempunyai daya rusak yang sangat tinggi. Aliran sungai yang membawa lahar mudah sekali berubah arah, terkadang menyeleweng masuk ke daerah pertanian atau permukiman penduduk yang menyebabkan kerusakan-kerusakan bahkan kematian. Apabila jarak waktu antara banjir lahar dan letusan gunungapi tidak lama misalnya satu minggu, maka lahar tersebut temperturnya masih panas, namun kalau terjadinya sudah lama dari letusan gunungapi maka yang terjadi adalah lahar dingin.



KERUSAKAN AKIBAT BANJIR LAHAR GUNUNG MERAPI

5. USAHA PENANGGULANGAN

Usaha penanggulangan bencana akibat letusan gunungapi dibedakan menjadi dua. Pertama penanggulangan terhadap letusan gunungapi dan yang kedua penanggulangan banjir lahar:

A. Penanggulangan terhadap letusan gunungapi

Untuk mencegah atau memperkecil akibat bencana letusan gunungapi pada tanggal 18 September 1920 Pemerintah Belanda mendirikan Dinas Penjagaan Gunungapi (*Vulkaanbewakingdienst*) yang bernaung dibawah Dinas Pertambangan (*Dienst van het Mijnwezen*). Pada saat ini penjagaan gunungapi dilaksanakan oleh Pos Pengawasan Gunungapi dibawah Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Departemen Pertambangan dan Energi, dimana salah satu tugas pos pengawasan tersebut adalah penjagaan gunungapi.

Guna memperlancar tugasnya pos tersebut dilengkapi dengan peralatan-peralatan seperti *seismograf* yang berfungsi untuk mencatat kalau ada gempa gunungapi, serta Pengukur Pengangkatan (*Tiltmeter*) untuk mengetahui gerakan naik turunnya magma. Pos pengawasan gunungapi akan memberitahu kepada Pemerintah Daerah setempat kalau akan terjadi letusan.

Hal yang sangat penting ialah penentuan Daerah Bahaya, yang di daerah Gunung Merapi misalnya dibagi menjadi tiga yaitu, Daerah Terlarang, Daerah Bahaya I dan Daerah Bahaya II.

Daerah Terlarang adalah daerah di sekitar gunungapi yang letaknya terdekat dengan sumber bahaya yang mungkin dapat terkena awan panas.

Daerah Bahaya I adalah daerah yang dianggap berbahaya berdasarkan pengalaman letusan yang lampau, dimana daerah ini dapat tertimpa bom yang masih membara.

Daerah Bahaya II adalah daerah yang letaknya berdekatan dengan sungai yang berhulu di daerah puncak gunung tersebut dan letaknya secara topografis rendah, sehingga pada musim hujan dapat terlanda lahar.

Apabila gunung diperkirakan akan meletus, pengamat gunung akan memberitahukan kepada rakyat setempat akan kemungkinan terjadinya aliran lava, awan panas, kemungkinan kena jatuhnya bom gunungapi dan bahan lepas lainnya serta lahar.

Kalau terjadi awan panas satu-satunya jalan hanyalah menyelamatkan diri.

Tahap penanggulangan letusan :

1. Tahap sebelum terjadi letusan

Pengamatan kegiatan gunung api (Pos Pengamatan Vulkanologi Departemen Pertambangan dan Energi)

- a Pengamatan gempa gunungapi
 - b Kemungkinan akan terjadi letusan
 - c Komunikasi dengan Pemerintah Daerah serta masyarakat setempat
 - d Latihan pengungsian
 - e Penentuan daerah bahaya
2. Tahap terjadi bencana letusan
- a Pemberitaan oleh Pos Pengamatan Vulkanologi
 - b Pemerintah Daerah menyediakan tempat-tempat pengungsian (barak, pelayanan kesehatan, dapur umum, MCK dan lain-lain)
 - c Bantuan pangan dan bantuan lain

B. Penanggulangan terhadap banjir lahar.

Penanggulangan banjir lahar dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum dengan membentuk Satuan Tugas Pelaksana yang dahulu lebih dikenal dengan nama Proyek.

Tahapan penanggulangan bencana akibat gunungapi dapat dibagi menjadi tiga tahap:

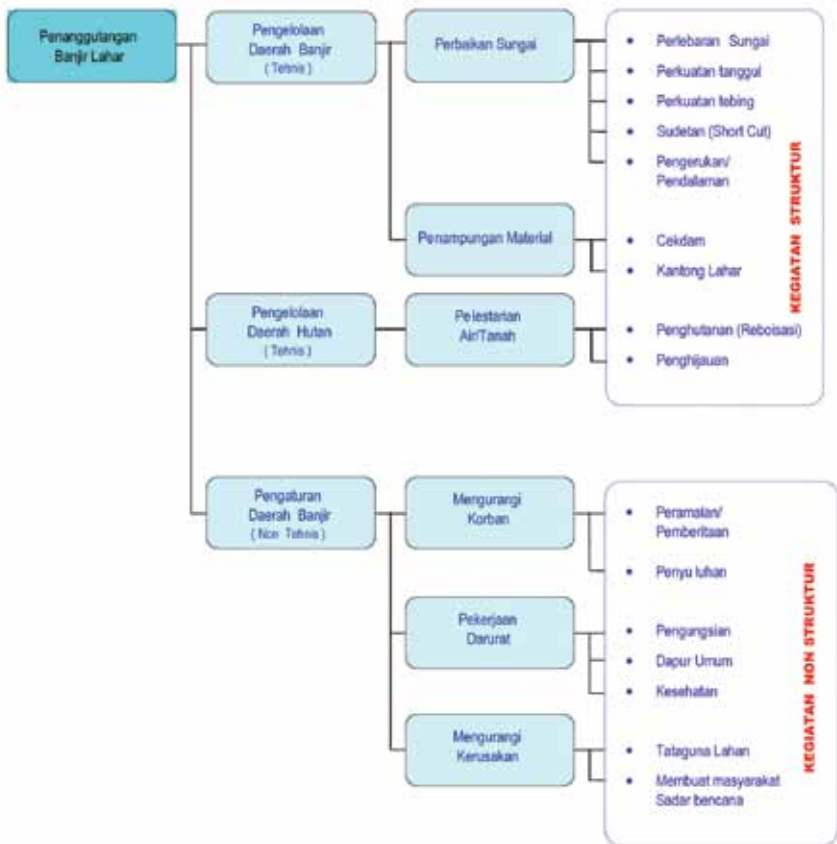
1. Tahap sebelum banjir lahar
- a. Pengamatan banjir (Pos Pengamatan Banjir Departemen Pekerjaan Umum)
 - i) Pencatatan curah hujan
 - ii) Pengamatan keadaan sungai-sungai serta bangunan seperti tanggul, cekdam dan lain-lain
 - iii) Penentuan daerah banjir dan lain-lain
 - b. Pembuatan rencana serta pengerjaan bangunan pengendali banjir lahar oleh Departemen Pekerjaan Umum. yang dikenal dengan bangunan Sabo.
2. Waktu Terjadi banjir lahar
- a Pemberitaan banjir oleh Pos Pengamatan Banjir Departemen Pekerjaan Umum
 - b Masyarakat agar menjauhi sungai terutama ditikungan luar sungai
 - c Dinas Pengairan (PU) menyediakan peralatan dan bahan untuk penanggulangan darurat
 - d Penyediaan tempat pengungsian oleh Pemerintah Daerah
 - e Bantuan untuk para pengungsi oleh Pemerintah Daerah
3. Paska terjadi bencana

Setelah bencana banjir lahar selesai maka yang dikerjakan adalah melaksanakan survei dan penelitian kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh banjir lahar serta melaksanakan perbaikan bangunan-bangunan yang rusak, seperti jembatan, bendung dan saluran irigasi, tanggul banjir dan sebagainya. Disamping itu juga membangun bangunan-bangunan untuk pengendalian lahar (Bangunan Sabo) untuk pengamanan terhadap banjir yang akan datang. Pekerjaan ini dilaksanakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum baik Pusat, Provinsi ataupun Kabupaten/Kota.

Usaha usaha yang dilakukan adalah usaha atau kegiatan yang bersifat teknis yang berwujud bangunan (kegiatan struktur) dan non teknis atau kegiatan non struktur.

Kegiatan yang berstifat teknis meliputi survei dan penelitian dalam berbagai bidang seperti topografi, geologi, hidrologi, sosial ekonomi dan lain-lain. Setelah itu dilakukan perencanaan serta pembuatan bangunan-bangunan pengendali lahar atau bangunan sabo seperti cekdam, dam konsolidasi, kantong lahar, tanggul dan sebagainya. Adapun kegiatan non teknis atau yang bukan berwujud bangunan adalah seperti peramalan dan pemberitaan banjir yang pelaksanaanya dilaksanakan bersama instansi lain dengan koordinasi Pemerintah Daerah.

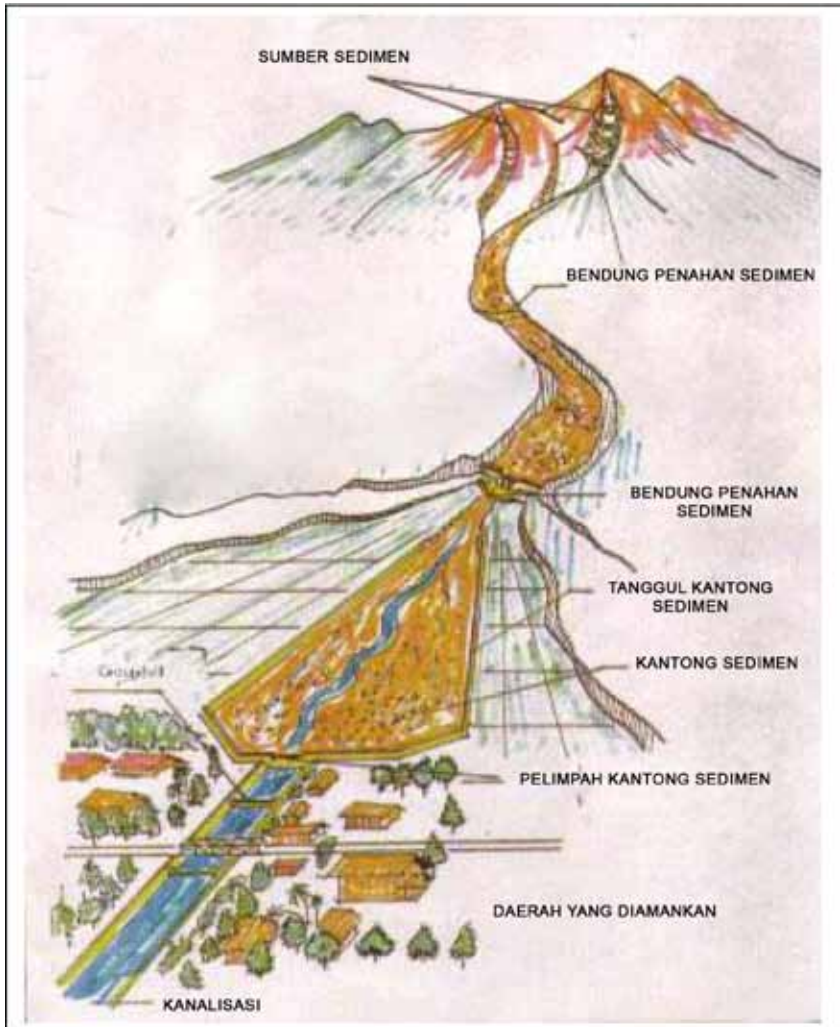
SKEMA PENANGGULANGAN BANJIR



C. Kegiatan struktur

Kegiatan Struktur berupa pembuatan bangunan pengendali sedimen. Ada beberapa macam bangunan pengendali sedimen yang telah dibangun oleh proyek-proyek yang berada dibawah Departemen Pekerjaan Umum, seperti diuraikan sebagai berikut:

1. Sabo Dam / Cekdam (Dam Pengendali Sedimen)



Cekdam (*Slade Dam*) adalah bangunan yang dibuat melintang sungai yang fungsinya adalah:

- a. Menahan sedimen yang mengalir dan ada di tempat tersebut.
- b. Menahan sedimen dan mengendalikan aliran sedimen agar tidak merusak di daerah hilirnya.
- c. Mencegah erosi tebing serta dasar sungai yang disebabkan oleh aliran air.
- d. Mengurangi kecepatan banjir lahar, karena dasar sungai menjadi lebih landai.

Fungsi cekdam dalam meredam enersi lahar adalah seperti tercantum dalam rumus Energi

$E = \frac{1}{2} m v^2$, dimana:

E = energi, m = massa lahar dan v = kecepatan lahar

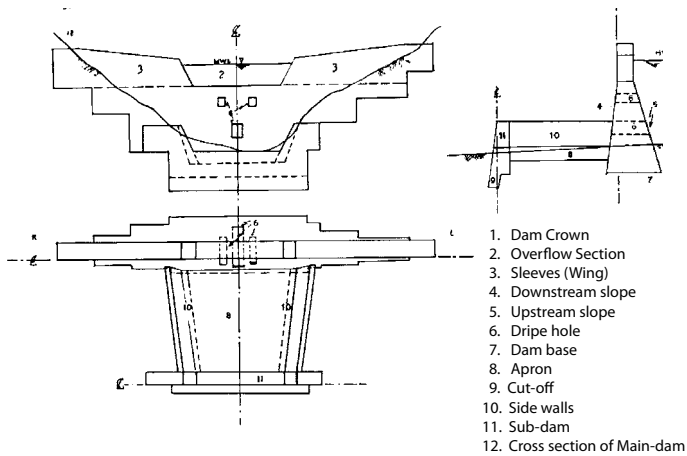
Dengan ditahannya masa sedimen yang mengalir oleh beberapa chekdam begitu pula kecepatan banjir juga berkurang karena sungai menjadi lebih landai maka energinyapun akan berkurang.

Kalau cekdam sudah penuh dan kemudian terjadi banjir lahar maka cekdam akan menahan sementara sebagian material yang mengalir dan pada waktu tidak banjir maka sedimen yang tertahan akan dilepas turun sedikit demi sedikit bersama aliran air.

Konstruksi cekdam biasanya terdiri dari *maindam*, *subdam*, *apron* atau lantai dan *sidewall* atau dinding samping yang keduanya terletak diantara *maindam* dan *subdam*. Pada badan *maindam* biasanya diberi lubang yang biasa disebut *dripe hole* yang berfungsi untuk mengurangi tekanan air serta sangat berguna pada saat pemeliharaan bangunan.

Cekdam dibangun di bagian hulu sungai yang mempunyai tebing yang tinggi sehingga mempunyai daya tampung material yang besar.

Pada tahun 1970'an cekdam untuk penanggulangan lahar pada umumnya dibuat dari pasangan batu atau bronjong kawat yang diisi dengan batu, namun pada masa sekarang hampir semuanya dibuat dengan bahan beton, karena disamping lebih kuat pelaksanaannya juga lebih mudah.



TAMPAK ATAS SERTA POTONGAN BANGUNAN SABO



BANGUNAN SABO DAM

2. Dam Konsolidasi

Dam konsolidasi seperti halnya Dam Penahan Sedimen, dibuat melintang sungai hanya sekalnya lebih kecil.

Adapun fungsi dam konsolidasi adalah untuk memantapkan elevasi dasar sungai yang ada agar tidak tergerus. Pembuatan dam konsolidasi biasanya dimaksudkan untuk melindungi bangunan yang ada disebelah hulunya, seperti jembatan, perkuatan tebing dan bahkan dapat dipergunakan juga untuk pengambilan air irigasi atau juga dapat digunakan sebagai jembatan diwaktu tidak terjadi banjir dan lain sebagainya.

Bahan yang digunakan untuk membuat dam konsolidasi sama dengan untuk pembuatan cekdam.



DAM KONSOLIDASI UNTUK PENGAMANAN DAN IRIGASI

3. Kantong Lahar

Kantong lahar dibuat dengan maksud untuk menampung material. Bangunan ini dibuat lebih hilir dari cekdam, ditempat yang agak datar dimana lahar pernah menyebar karena tebing sungai sudah tidak tinggi lagi. Daerah penyebaran lahar ini disebut *Aluvial Fan* atau kipas aluvial.

Konstruksi kantong lahar terdiri dari tanggul dikanan kiri sungai serta tanggul yang melintang sungai kemudian di bagian aliran sungai dipasang *overflow* atau pelimpas yang berfungsi untuk tempat jalannya aliran air sungai yang konstruksinya mirip dengan dam konsolidasi. Apabila isi kantong pasir ini sudah penuh perlu dikosongkan dengan cara menggali dan mengangkut keluar.



KANTONG LAHAR KALI BATANG GUNUNG MERAPI

Bahan galian tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk berbagai keperluan. Kantong pasir yang telah menghasilkan bahan material bangunan seperti di Galunggung dimana pasirnya diangkut sampai Jakarta dan di Merapi sebagai penghasil pasir untuk daerah Surakarta, Yogyakarta, Magelang dan Semarang.

Beberapa kantong lahar telah dibangun oleh Departemen P.U. seperti di Gunung Semeru, Gunung Merapi, Gunung Kelut dan Gunung Galunggung:



KANTONG LAHAR LEPRAK HILIR KALI REJALI GUNUNG SEMERU



KANTONG LAHAR KALI PUTIH DI SRUBUNG GUNUNG MERAPI



KANTONG LAHAR DI GUNUNG KELUT

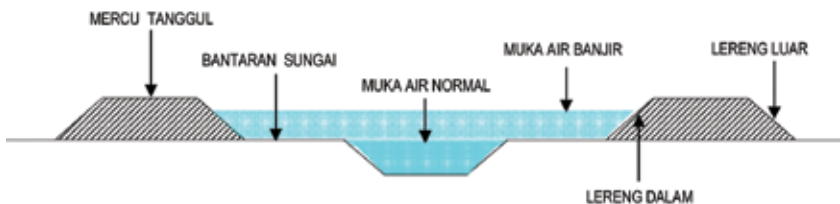


KANTONG LAHAR NEGLA SUNGAI CIBANJARAN GUNUNG GALUNGGUNG

4. Tanggul

Tanggul dibuat dengan maksud untuk mencegah air banjir keluar dari sungai yang dapat merusak lahan pertanian atau permukiman penduduk.

GAMBAR TAMPANG TANGGUL SUNGAI



Tanggul biasanya dibuat dari tanah yang dipadatkan dengan bentuk trapesium dengan ketinggian tertentu agar air banjir tidak sampai meluap. Kemiringan tanggul baik di bagian dalam ataupun luar sering ditanami rumput untuk mencegah tererosi oleh air hujan dan untuk tanggul di sungai yang mengalirkan lahar, lereng yang berada di bagian sungai biasa diberi pasangan batu atau bronjong kawat untuk melindungi tubuh tanggul dari kikisan arus air yang membawa batu-batu dan pasir.



TANGGUL KALI PANDAN SIMPING



TANGGUL TANAH DIPERKUAT DENGAN PASANGAN BATU

Antara sungai dan tanggul disediakan bantaran untuk menampung kelebihan air yang meluap dari sungai. Daerah bantaran tidak boleh untuk bertempat tinggal atau ditanami dengan tanaman keras atau pohon-pohon besar agar tidak mengganggu arus banjir, namun masih boleh ditanami dengan tanaman musiman seperti ubi jalar, cabai dan lain-lain.



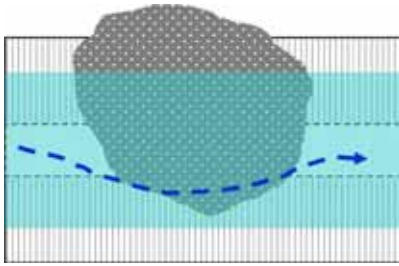
TANGGUL TANAH DIPERKUAT BATU KOSONG DAN DIBERI RANGKA



TANGGUL KALI REJALI TANGGUL TANAH DIPERKUAT BRONJONG

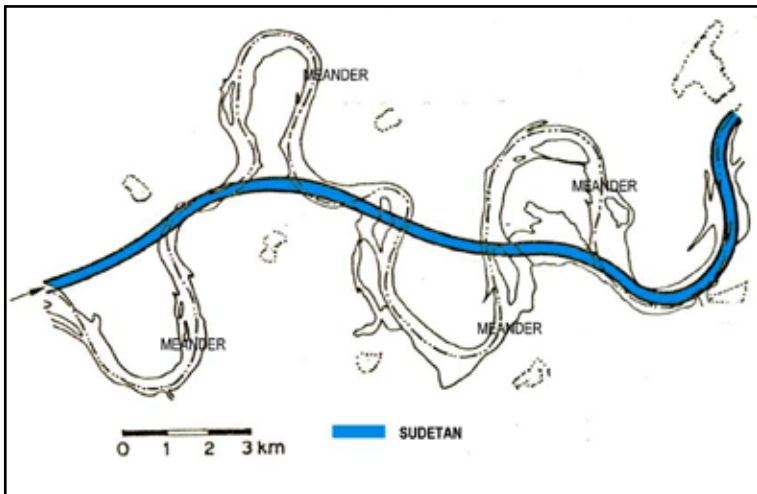
5. Normalisasi Sungai

Normalisasi sungai adalah kegiatan yang dilakukan untuk memperlancar aliran air di sungai dengan jalan memperlebar, memperdalam atau meluruskan sungai. Sungai yang sempit yang tidak mampu menampung aliran perlu dilebarkan.



PENYEMPITAN SUNGAI KARENA LONGSORAN DAN SEBAGIANYA

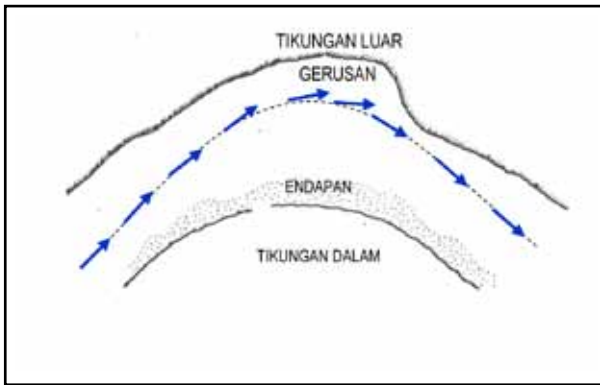
Sungai yang dangkal perlu diperdalam dengan cara menggali atau mengeruk.



Di daerah dataran sungai sering berbelok-belok dan disebut meander. Di daerah ini aliran air tidak lancar dan sering menyebabkan banjir. Untuk mengatasinya perlu dibuat sudetan agar sungai menjadi lurus dan aliran sungai menjadi lebih lancar.

6. Krib

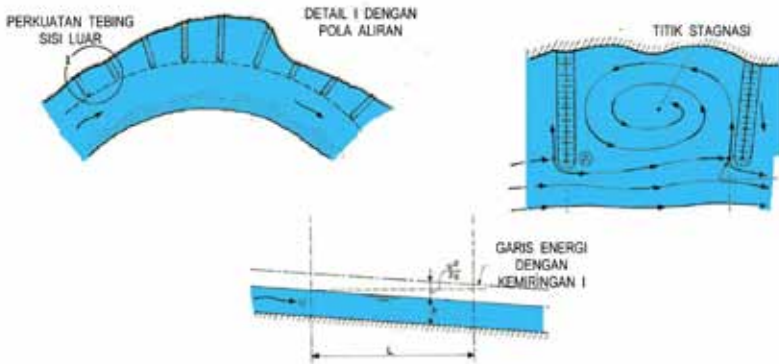
Krib adalah bangunan yang mempunyai fungsi untuk menga-rahkan aliran air di sungai.



Pada sungai yang berbelok, maka pusat aliran air ada pada tikungan luar dan hal ini dapat menyebabkan kikisan ditempat tersebut kalau tebingnya tidak keras.



KRIB



DENGAN DIBUATKAN KRIB, PUSAT ALIRAN AIR DAPAT BERPINDAH KE TENGAH SEHINGGA ANCAMAN EROSI TEBING DAPAT DIHINDARI

7. Perkuatan Tebing



PERKUATAN TEBING KALI CODE YOGYAKARTA

Perkuatan tebing mempunyai fungsi melindungi tebing dari longsor akibat gerusan aliran sungai, serta melindungi bangunan-bangunan yang ada di sekitarnya. Perkuatan tebing biasanya dibuat dari pasangan batu, beton atau bronjong kawat.

8. Bahan Untuk Pembuat Bangunan

Bangunan sabo untuk penanggulangan banjir lahar dapat dibuat dengan bermacam-macam bahan seperti beton, pasangan batu, atau bronjong kawat.

Beton

Beton adalah campuran Portland Cement (P.C.) atau yang lebih dikenal dengan sebutan semen dengan pasir dan kerikil serta ditambah air secukupnya yang diaduk dengan alat pengaduk beton, menjadi suatu cairan yang kental. Cairan ini kalau dibiarkan akan menjadi keras seperti batu. Untuk membuat bangunan dari beton, campuran yang belum mengeras dituangkan ke dalam cetakan sesuai dengan bentuk bangunan yang dikehendaki. Perbandingan jumlah takaran bahan tersebut diatas berbeda-beda untuk bermacam keperluan seperti dalam tabel berikut:

Beton yang dibuat di pabrik perbandingan campuran tidak didasarkan pada perbandingan volume tetapi berdasarkan perbandingan berat.

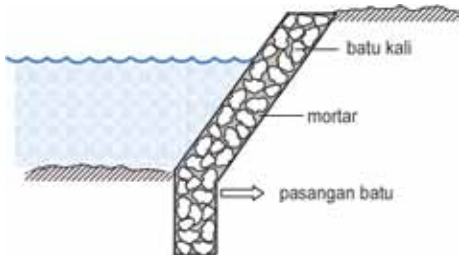
CAMPURAN BETON

	1	1	1	
semen	1	1	1	
pasir	2	3	2	
kerikil	3	5	4	

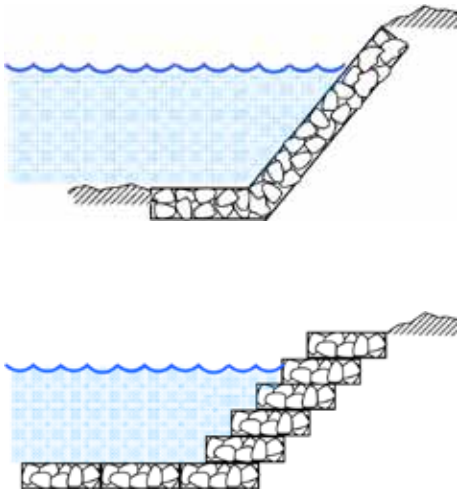
semen	pasir	kerikil	Keterangan
1	2	3	Untuk jembatan/gedung
1	3	5	Untuk checkdam
1	2	4	Untuk mercu checkdam yang dilewati air

* catatan : satuan dalam perbandingan volume

Pasangan batu



Pasangan batu adalah susunan dari batu-batu pecah yang berukuran kurang lebih 30 cm dimana diantara batu batu tersebut diisi dengan mortar: campuran 1 semen dan 3 pasir dengan air secukupnya. Campuran semen pasir setelah lama akan mengeras yang dapat mengikat satu batu dengan yang lain dalam wujud suatu bangunan.

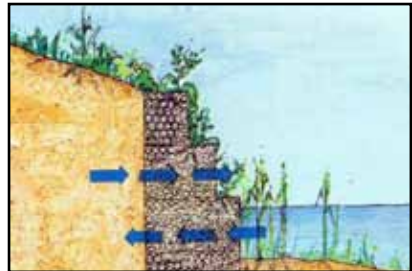


Bronjong kawat

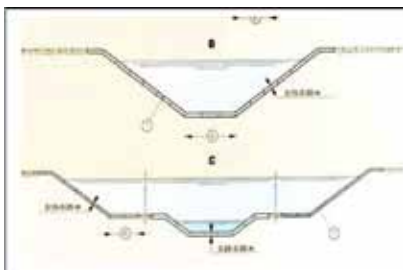
Bronjong kawat adalah kawat yang dianyam dan dibentuk seperti kotak, kasur atau guling. Kawat yang dipakai adalah kawat yang diberi lapisan seng, agar tidak mudah berkarat. Untuk pemakaian di daerah air asin atau yang mengandung belerang kawat yang dipakai menggunakan lapisan PVC. Kotak bronjong tersebut kemudian dirangkai satu dengan yang lain, disusun rapi kemudian diisi dengan batu dan dijadikan bermacam-macam bentuk sesuai dengan kebutuhan misalnya untuk cekdam, tanggul dan sebagainya.



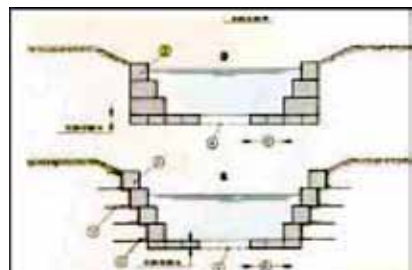
TEBING MIRING DENGAN BRONJONG



TEBING TEGAK DENGAN BRONJONG



BRONJONG PADA BIDANG MIRING



BRONJONG PADA BIDANG TEGAK



BRONJONG SEBAGAI BANGUNAN CEKDAM



BRONJONG SEBAGAI BANGUNAN PENGUAT TANAH



PEMAKAIAN BRONJONG KAWAT

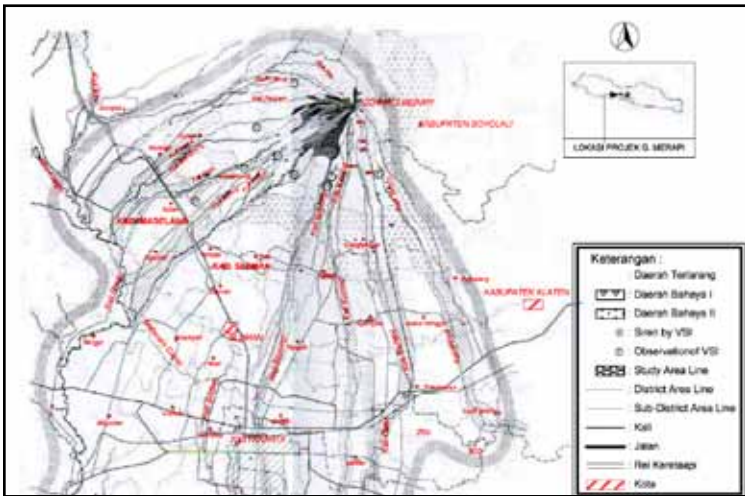
D. Kegiatan non struktur

Kegiatan non struktur adalah kegiatan yang tidak menghasilkan bangunan, misalnya kegiatan pemberitaan akan terjadi atau sewaktu terjadi letusan gunung atau banjir lahar dan pembuatan peraturan-peraturan yang ada sangkut pautnya dengan kejadian banjir.

1. Pemberitaan Kegiatan Gunungapi

Pada saat ini gunungapi di Indonesia gunungapi yang diawasi terus menerus sejumlah 26 buah, seperti Gunung Merapi, Gunung Semeru, Gunung Kelut. Untuk mengawasi kegiatan gunungapi dibuat pos-pos penjagaan bahkan di kota Yogyakarta telah didirikan laboratorium guna menunjang penelitian Gunung Merapi dan Gunung Kelut.

Tugas dari pos pengawasan gunungapi diantaranya pemantauan gempa yang disebabkan oleh gunungapi dengan mempergunakan seismograf dan penelitian deformasi muka bumi dengan menggunakan tiltmeter.



PETA BAHAYA DI DAERAH GUNUNG MERAPI

Dari hasil penelitian tersebut akan diketahui karakteristik dari masing-masing gunungapi sehingga kalau gunungapi mulai akan aktif dapat diberitakan kepada masyarakat di sekeliling gunung, dan untuk beberapa gunungapi telah dibuat peta bahayanya. Tugas tersebut diatas sekarang dilaksanakan oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Departemen Pertambangan dan Energi.

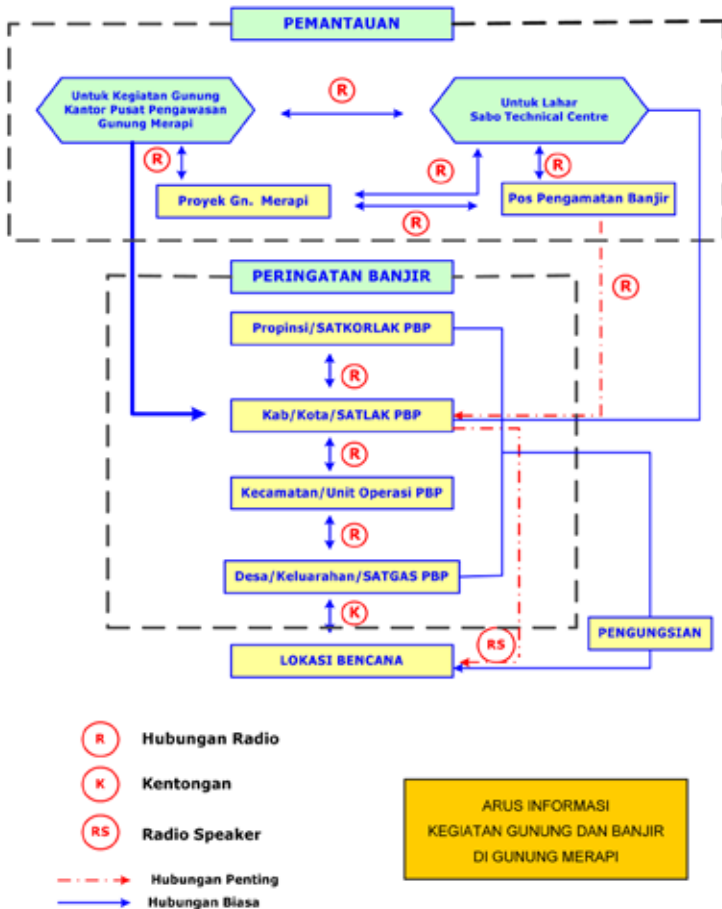
2. Pemberitaan Banjir

Di sekitar Gunung Semeru kegiatan pemberitaan banjir lahar sudah dilaksanakan sejak jaman penjajahan Belanda. Hal ini dikarenakan terjadinya banjir lahar di Sungai Besuk Sat pada tahun 1909 sampai masuk kota Lumajang dan menyebabkan banyak korban manusia.

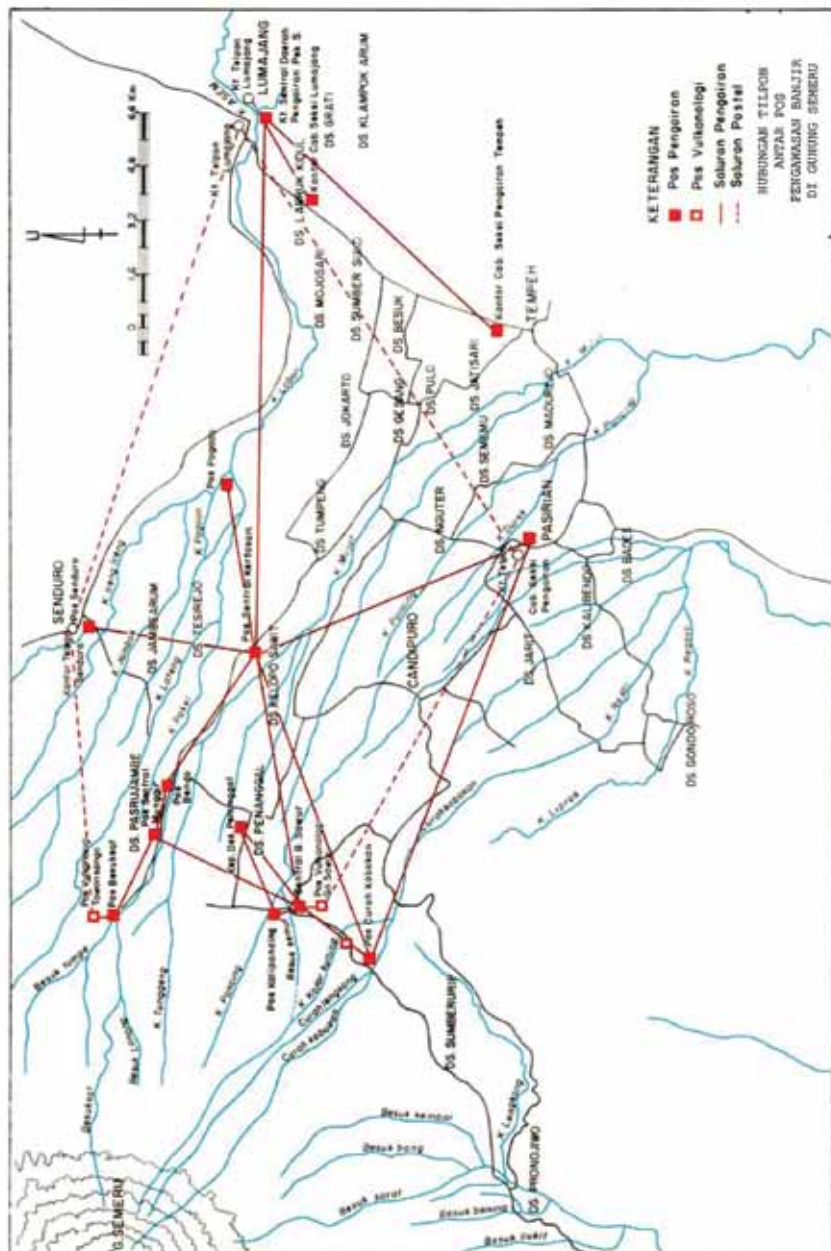
Untuk mencegah hal seperti ini terjadi lagi, maka pemerintah pada waktu itu mendirikan pos pos penjagaan banjir dimana pos-pos tersebut dilengkapi dengan tilpun. Kalau terjadi banjir di suatu sungai maka penjaga pos dapat memberitahukan kepada Petugas Pengairan yang mengurus banjir serta kepala pemerintah daerah seperti Camat, Wedana dan Bupati.

Disamping itu petugas pos juga dapat memberitahukan kejadian banjir kepada masyarakat dengan menggunakan kentongan atau isyarat lain. Dengan adanya pemberitaan ini maka penduduk dapat bersiap-siap untuk mengungsi kalau perlu pemerintah daerah beserta instansi terkait dapat memberikan bantuan kepada penduduk, seperti menyiapkan tempat pengungsian, bantuan pangan serta kesehatan dan sebagainya.

Pada saat ini pemberitaan banjir sudah banyak dilakukan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air dan Dinas Pengairan di banyak daerah. Dengan adanya peralatan canggih seperti radar pemantau hujan sudah dapat diketahui kalau akan terjadi banjir di suatu wilayah dan pemberitaan akan terjadi banjir dapat disampaikan kepada penduduk.



POS PENGAWASAN BANJIR
DI GUNUNG SEMERU



3. Peraturan yang Berkaitan dengan Sungai dan Banjir

Peraturan perundangan yang ada kaitannya dengan pengairan sejak jaman penjajahan Belanda sudah dibuat. Di dalam peraturan tersebut, terdapat tatacara perencanaan, pelaksanaan, pemeliharaan dan sebagainya. Disamping itu ada pula larangan-larangan yang kalau seseorang melanggar akan dikenai sanksi, misalnya ada larangan menggembala ternak di atas tanggul irigasi karena dapat menyebabkan rusaknya tanggul, atau larangan menanam tanaman keras di daerah bantaran sungai dan sebagainya. Kalau hal ini dilanggar, yang bersangkutan akan ditangkap dan diadili.



RAMBU RAMBU UNTUK PENAMBANGAN PASIR

Pada masa sekarang peraturan-peraturan yang ada kaitannya dengan sumber daya air atau banjir juga ada. Peraturan-peraturan tersebut berupa beberapa macam seperti Undang-undang No 7 tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air, Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 1991 Tentang Sungai, Keputusan Presiden, Keputusan Menteri, Peraturan Daerah, Keputusan Gubernur atau Bupati dan lain sebagainya.

4. Partisipasi Aktif Masyarakat dalam Menangani Banjir

Tugas menangani banjir bukanlah hanya tanggung jawab pemerintah, baik Pemerintah Pusat, Provinsi ataupun Kabupaten/Kota namun masyarakat juga harus aktif ikut berpartisipasi didalam kegiatan ini. Wujud partisipasi masyarakat adalah seperti tersebut dibawah ini:

- a) Masyarakat harus sadar akan lingkungan dimana mereka bertempat tinggal misalnya kalau bertempat tinggal di daerah banjir, mereka harus membuat rumah yang lantainya bebas banjir, atau mereka harus siap mengungsi sebelum terjadi banjir.
- b) Masyarakat harus taat pada peraturan yang dibuat oleh pemerintah.
- c) Masyarakat hendaknya membantu pemerintah ikut menjaga keamanan bangunan pengendali banjir dari kerusakan yang diperbuat oleh manusia.
- d) Masyarakat yang kebetulan tinggal ditepi sungai hendaknya menanam tanaman yang dapat melindungi tebing sungai dengan petunjuk dari Dinas Pengairan setempat

6. DAERAH SEKITAR GUNUNGAPI YANG TELAH DITANGANI DENGAN SABO

Banjir lahar di daerah gunungapi aktif di Indonesia yang telah ditangani secara intensif dengan Bangunan Sabo di Indonesia ada lima buah, yaitu Gunung Agung di Provinsi Bali, Gunung Merapi di perbatasan antara Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, Gunung Kelut dan Gunung Semeru di Provinsi Jawa Timur, serta Gunung Galunggung di Provinsi Jawa Barat

A. GUNUNG AGUNG

Letak : Kecamatan Rendang, Kabupaten Karangasem, Pulau Bali.
 Tipe : Kerucut (Strato)
 Posisi Geografi : $8^{\circ}20,5'$ Lintang Selatan, $115^{\circ}31,5'$ Bujur Timur
 Ketinggian : 3142 m sebelum letusan 1963, 3014 m setelah letusan tahun 1963



GUNUNG AGUNG DENGAN LATAR BELAKANG GUNUNG BATUR

Kegiatan

Sebelum tahun 1963, letusan Gunung Agung belum banyak diketahui. Pada kegiatan gunung yang terjadi pada tahun 1808, 1843, 1908, 1915 dan 1917 tidak banyak terdapat catatan-catatan.

Pada letusan 1963, kegiatan dimulai tanggal 19 Pebruari dan berlangsung selama satu minggu. Pada awal letusan itu telah dikeluarkan berbagai bahan gunungapi seperti bom gunungapi, lapilli pasir dan abu yang juga disertai dengan awan panas, yang telah menimbulkan beberapa jalan terputus serta mengakibatkan 10 orang menjadi korban. Penghuni dilereng-lereng gunung mengungsi ke tempat yang diperkirakan aman. Disamping itu juga terjadi lahar hujan yang menyebabkan 9 rumah hancur dan korban 8 orang.

Kemudian pada tanggal 17 Maret 1963 terjadi letusan yang sangat dahsyat yang merupakan puncak kegiatan yang telah banyak sekali memakan korban. Adapun material yang telah dikeluarkan berdasarkan catatan Dinas Vulkanologi adalah sebagai berikut:

Aliran lava

Lava yang dikeluarkan sejak 19 Pebruari sampai 17 Maret 1963 mengalir dari kawah utama di puncak ke arah utara, berhenti pada garis ketinggian 506,64 m dan mencapai jarak lk 7.290 m dan volume lava tersebut diperkirakan sebanyak 339,235 juta m³.

Bahan lepas yang terdiri dari bom gunungapi, lapilli, pasir dan abu baik dari awan panas dan dari kawah pusat, sejumlah:

Eflata (bom gunungapi, lapilli, pasir dan abu)	lk 380,5 juta m ³
Ladu	lk 110,3 juta m ³
Jumlah	lk 490,8 juta m ³

Awan panas

Pada letusan 1963 terjadi awan panas yang meluncur kebawah dari kawah melewati curah-curah sungai (jurang sungai yang dalam didaerah hulu). Kecepatan awan panas ini berdasarkan pengamatan adalah rata-rata 60 km per jam dan mencapai jarak 13 km ke arah selatan dan 14 km ke arah utara. Awan panas ini telah melanda tanah cukup luas dan menyebabkan jatuhnya korban manusia yang cukup banyak.

Lahar hujan

Pada sekitar bulan Maret 1963 tidak banyak terjadi hujan, sehingga belum terjadi banjir lahar, namun pada akhir tahun 1963 dan permulaan tahun 1964 dimana berlangsung musim penghujan maka bahan eflata dan ladu terbawa air hujan yang membentuk banjir lahar.

Korban akibat letusan Gunung Agung

Ada tiga penyebab utama terjadinya korban yaitu:

- a) Akibat awan panas: banjir 54 buah, kampung 45 buah, rumah 1963 buah, sawah 75 ha, ladang 2.201,63 ha, meninggal 820 orang dan luka 59 orang
- b) Akibat eflata: Korban manusia meninggal 39 orang, luka 201 orang, ternak 150 ekor, unggas 2.617 ekor, rumah 1.564, ladang 53.983 ha dan hutan 11.745 ha.
- c) Akibat lahar: Korban manusia meninggal 165 orang, luka 36 orang. Korban ternak 2.567, unggas 1.382 ekor, kampung terlanda 21, rumah 4.172 buah. Sawah yang terlanda 1.359,68 ha dan ladang 850-870 ha.

B. GUNUNG MERAPI

Tipe gunungapi	: Kerucut (strato) dengan kubah lava
Nama kawah	: Pasarbubar, Pusung London, Kawah 48, Kawah 56
Letak	: Jawa Tengah dipergbatasan Daerah Istimewa Yogyakarta
Posisi geografi	: 7° 32,5' Lintang Selatan dan 110° 26,5' Bujur Timur
Ketinggian	: 2911 m diatas permukaan laut



GUNUNG MERAPI

Gunung Merapi termasuk salah satu gunung yang sangat aktif di Indonesia. Letusan-letusan yang pernah terjadi berdasarkan catatan sejak tahun 1800 adalah seperti tabel berikut:

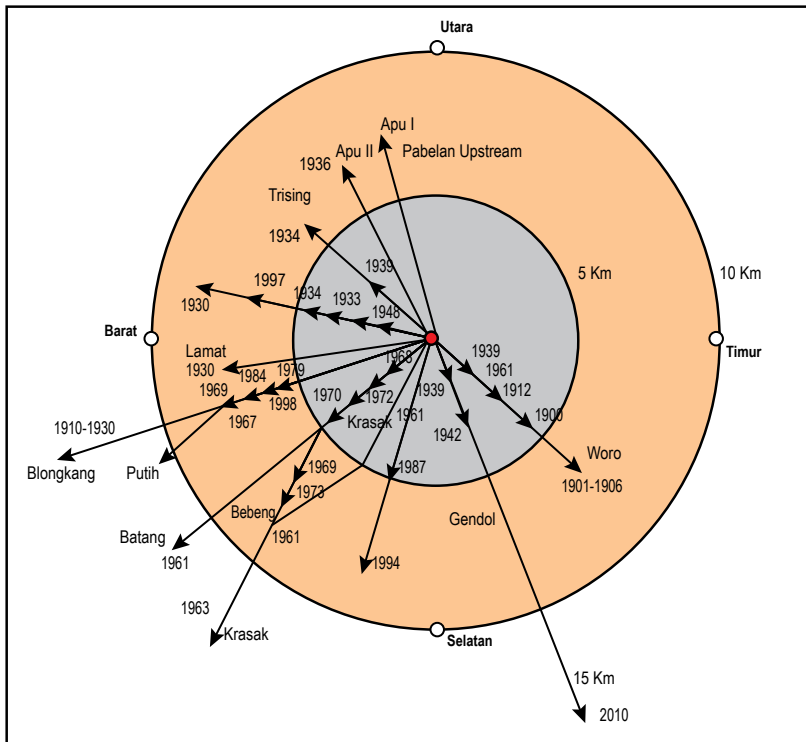
TAHUN-TAHUN KEJADIAN LETUSAN GUNUNG MERAPI

1812	1813	1822	1823*	1818	1832	1835*	1837
1838	1840	1846	1847	1848	1849*	1862	1864
1865	1867	1869	1872*	1873	1883	1884	1888*
1894	1902	1904	1905	1906*	1907	1908	1909
1913	1915	1920	1921	1922*	1930	1931*	1933
1935	1939	1940	1942	1943*	1944	1945	1953
1954*	1956	1957	1961*	1967	1968	1969*	1972
1973	1975	1976	1977	1979	1984	1886	1992
1994*	1997	1998*	2001	2007	2010*		

Keterangan :

* Letusan besar

SKETSA ARAH LETUSAN DAN TAHUN KEJADIAN



Kejadian serta arah letusan Gunung Merapi kadang-kadang berubah, seperti terlihat pada sketsa diatas. Seperti halnya pada letusan Gunung Agung letusan Gunung Merapi juga mengeluarkan lava, bahan eflata serta awan panas yang dapat membahayakan dan sering menimbulkan korban. Pada musim hujan setelah terjadi letusan juga sering terjadi banjir lahar yang dapat merusak apa saja yang dilalui seperti rumah penduduk, bangunan irigasi.

Bangunan yang telah dikerjakan sampai dengan 2009 :

Sabo dam 91 buah
 Dam konsolidasi 115 buah
 Ground sill 39 buah

BENCANA AKIBAT BANJIR LAHAR GUNUNG MERAPI SEJAK 1933

Tanggal- Tahun	Sungai	Oranng meninggal	Rumah	Pertanian	Lain- Lain
1933	Kuning	-	-	Sawah 5 ha	-
26-Jan-69	Krasak	3	10	Sawah 75 ha	-
	Bebeng	-	49	-	-
	Gendol	-	150	Sawah 110 ha	Jembatan 8 bh
	Opak	-	32	Tegal 120 ha	Jembatan 2 bh
	Kuning	-	-	Sawah 11ha	-
	Woro	-	50	Sawah 4ha	-
Jan-71	Bedog	-	-	-	-
8-Jan-79	Gendol	-	-	Sawah 10 ha	-
3 Okt 1973	Gendol	-	-	Sawah 10 ha	-
26-Jan-74	Bebeng	-	9	-	-
22Okt 1974	Bebeng	9	6	-	-
21-Nov-74	Krasak	-	10	-	-
6 Des 1973	Krasak	-	4	-	-
5 Maret 1975	Gendol	-	-	Sawah 30 ha	-
	Bebeng	-	102	-	-
	Putih	-	5	-	-
	Senowo	-	-	-	jembatan 1
	Krasak	-	-	-	Jembatan 6
25-Nov-76	Krasak	26	22	-	Jembatan 5
					Mobil 2
	Bebeng	-	2	-	
	Putih	-	-	-	Sekolah 1
30 Des 1986	Bebeng	1	-	-	Truk 1
1 - Jan - 87	Bebeng	-	-	-	Truk 1

C. GUNUNG SEMERU

Nama lain	: Smeru, Smiru
Tipe gunungapi	: Strato dengan kubah lava
Nama kawah	: Jonggring Seloko
Letak	: Kabupaten Lumajang Malang, Jawa Timur
Posisi geografi	: $80^{\circ} 6,5'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ} 55'$ Bujur Timur
Ketinggian	
Puncak Mahameru	: 3676 m diatas permukaan laut
Ketinggian kubah	
Lava Jonggring	
Seloko	: 3744,50 m diatas permukaan laut



GUNUNG SEMERU DILIHAT DARI SUNGAI BESUK KOBOAN

Gunung Semeru adalah gunungapi yang paling aktif di Indonesia. Puncak Gunung Semeru yang bernama Mahameru adalah merupakan puncak tertinggi di Pulau Jawa. Kawah yang sekarang adalah Jonggring Seloko yang terjadi pada tahun 1913 dan sejak tahun 1946 diisi suatu kubah lava.

Sejak abad ke-19 Gunung Semeru sangat giat. Pada umumnya letusannya hanya berlangsung sebentar dan hanya mengeluarkan bom dan abu, namun kadang-kadang terjadi juga lelehan lava. Kalau terjadi letusan besar disertai aliran lava, awan panas yang mengancam tempat yang ber elevasi tinggi di lereng gunung, seperti kejadian bencana pada tahun 1885 yang mengakibatkan perkebunan Kali Bening tertimbun batu dan pasir panas sehingga Administratur dan Opzichter serta 70 orang buruh meninggal disebabkan longsornya puncak karena dorongan lava.

Pada musim hujan setelah terjadi letusan, banjir lahar juga sering terjadi, yang meluncur di kaki gunung yang sering mengakibatkan terjadi banyak korban. Banjir lahar yang besar pernah terjadi pada 13 November 1976 di Kali Leprak yang telah menghancurkan Desa Kebondeli. Yang telah mengakibatkan 120 orang meninggal puluhan rumah rusak dan 600 ha sawah tertimun lumpur. Begitu pula banjir bandang yang terjadi pada 14 Mei 1981 yang mengalirkan lumpur sebanyak kurang lebih 6 juta m³ dan menyebabkan korban manusia 264 meninggal, 219 luka, 447 rumah rusak serta ratusan hektar tanah pertanian tertimbun pasir dan lumpur. Hampir setiap tahun bahkan tiap hari gunung ini meletus. Letusannya umumnya kecil merupakan letusan gas namun kadang kala terjadi letusan besar. Jumlah sabo dam yang telah dibangun lebih dari 30 buah, kantong lahar 6 buah, dan tanggul sepanjang kurang lebih 12 km.

D. GUNUNG KELUT

- Nama lain : Kelud, Klut.
- Tipe gunungapi : Strato dengan danau kawah (sebelum letusan tahun 2007)
- Letak : Kediri, Jawa Timur
- Posisi grografi : 7° 56' Lintang Selatan 112° 18,5' Bujur Timur
- Ketinggian puncak : 1.731 m diatas permukaan laut
- Danau kawah : 1.113,9 m diatas permukaan laut (sebelum letusan tahun 2007)

Gunung Kelut kawahnya mengandung sebuah danau, yang dalam tahun 1968 berisi 4,5 juta m³ air. Semula jumlah airnya sebanyak 38 juta m³, dan setelah dialirkan keluar melalui terowongan jumlah airnya terus berkurang.



KAWAH GUNUNG KELUT KEADAAN TENANG, 2005



SETELAH LETUSAN 2007, MUNCUL KUBAH LAVA BERDIAMETER 400M DAN TINGGI 210M.

Letusan gunung ini umumnya tidak berlangsung lama, namun sangat berbahaya karena disamping mengeluarkan awan panas juga

menimbulkan lahar primer yang dikarenakan adanya air danau kawah. Setelah letusan selesai sisa-sisa material yang ada di lereng gunung akan terbawa air pada waktu musim hujan dan menimbulkan banjir lahar sekunder.

Tahun-tahun letusan Gunung Kelut dan korban yang pernah tercatat adalah seperti tabel berikut:

TAHUN-TAHUN KEJADIAN LETUSAN GUNUNG KELUT YANG PERNAH TERJADI

1000	1311	1376	1385	1395	1411
1451	1462	1481	1548	1586 *	1641
1716	1752	1771	1776	1785	1811
1825	1826	1835	1848	1851	1864
1901 *	1919 *	1920	1951 *	1966 *	1990 *
2007					

Keterangan : * letusan besar

Korban diantara peristiwa letusan tersebut adalah seperti tabel berikut:

KORBAN LETUSAN GUNUNG KELUT

Tahun	Korban meninggal	Korban luka	Tanah rusak	Bahan dikeluarkan	Air yang ada
23 Mei 1901	?	?	?	200 juta m ³	38 juta m ³
20 Mei 1919	5137	?	?	190 juta m ³	40 juta m ³
31 Agust 1951	10	157	7000 ha	200 juta m ³	1,8 juta m ³
24-Apr-66	210	86	12.820,5 ha	90 juta m ³	21,6 juta m ³
10 Peb 1990	35	30	45.162 ha	120 juta m ³	4,3 juta m ³

Pada letusan tahun 2007 terjadi pembentukan kubah lava yang muncul di atas kawah danau sehingga pada bulan Nopember 2007 kawah danau tersebut sudah tidak ada.

Sabo dam di Gunung Kelut juga dibangun guna mengantisipasi turunnya aliran debris dari atas gunung.

E. GUNUNG GALUNGGUNG

- Tipe gunungapi : Sebelum letusan 1982 adalah srato dengan kubah lava, namun setelah letusan 1982 kubah lava hancur dan setelah selesai letusan terbentuk danau kawah yang kemudian terisi air.
- Letak : Priangan, Tatar Sunda Kabupaten Garut dan Tasikmalaya
- Posisi geografi : $7^{\circ} 1'$ Lintang Selatan, $108^{\circ} 3'$ Bujur Timur
- Ketinggian : 2168 m diatas permukaan laut



GUNUNG GALUNGGUNG

Kegiatan Gunung Galunggung yang tercatat adalah letusan tahun 1882, 1894, 1916 dan 1982, yang digambarkan seperti tabel berikut:

TAHUN-TAHUN LETUSAN GUNUNG GALUNGGUNG YANG PERNAH TERCATAT

Tanggal Kejadian	Material yang dikeluarkan	Awan panas	Lahar hujan	Keterangan
8 Oktober 1882	Semburan abu setinggi ribuan meter dan tersebar sampai 40 km ke arah timur	Mencapai 10 km ke Sungai Cikunir dan Cibanjaran	Mengalir ke arah tenggara (Arah Taskmalaya)	4.011 orang meninggal karena awan panas
17 Oktober 1894	Hujan abu sampai 30 dan 80 km di sebelah timur gunung	Awan panas terjadi	Mengalir ke arah tenggara	-
7 Juli 1918	Hujan abu tipis	Tidak ada awan panas	Tidak ada	Tidak ada kerusakan serius
5 April 1982- Januari 1983	Bahan piroklastika dan semburan abu setinggi 16.000-19.000 m	Awan panas sejauh 22,5 km ke arah Sungai Cikunir	Mengalir ke arah tenggara	Banyak kerusakan

KERUGIAN AKIBAT LETUSAN GUNUNG GALUNGGUNG PADA LETUSAN TAHUN 1982-1983

Sektor	Jenis kerusakan	Jumlah	Kerugian	Keterangan
			(juta rupiah)	
Sektor Ekonomi	Pertanian., hutan, perkebunan, perikanan, ternak dll		42.727,3	
Sektor Sosial	Rumah, sekolah, masjid, rumah sakit ,bangunan umum	8.419	7.819,9	
Sektor umum	Pendapatan daerah		1.752,2	
Total			52.298,4	

Letusan Gunung Galunggung terakhir yang dimulai bulan April 1982 dan berhenti bulan Januari 1983, telah menyebabkan kerusakan terhadap rumah penduduk, sekolah dan bangunan umum sawah dan ladang, kolam ikan, serta bangunan bangunan pencegah banjir.

Akibat letusan tersebut, abu yang dilontarkan ke angkasa terhisap oleh mesin sebuah pesawat komersial B-747 milik British Airways BA009 dengan rute penerbangan London - Kuala Lumpur - Perth yang secara kebetulan melintas pada saat terjadinya letusan pada tanggal 24 Juni 1982. Akibat abu itu, keempat mesin jet pesawat tersebut mati dan jatuh dari ketinggian sekitar 11.000 meter. Pilot akhirnya dapat menghidupkan kembali keempat mesin jet tersebut dan melakukan pendaratan darurat dengan selamat di Bandara Halim Perdanakusumah.

Untuk mengurangi jumlah air yang ada dalam danau kawah sejumlah 15,7 juta m³ akibat hujan lebat awal tahun 1995 sampai dengan awal tahun 1997 maka dibuat terowongan guna mengurangi jumlah air sampai dengan 3 juta m³.

Sabo dam yang dibangun untuk mengatasi aliran debris sebanyak kurang lebih 32 buah, sementara kantong lahar sebanyak 5 buah.

4

SABO UNTUK PENGENDALIAN EROSI, SEDIMENTASI, DAN PERGERAKAN TANAH

1. EROSI DAN SEDIMENTASI

Erosi dan sedimentasi adalah dua kejadian yang tidak dapat dipisahkan satu dengan lainnya. Kalau ada kejadian erosi di suatu tempat pasti akan ada kejadian sedimentasi (pengendapan) di tempat lain.

Erosi adalah hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut oleh aliran air, aliran es atau angin ke tempat lain.

Sedimentasi adalah proses pengendapan yang dihasilkan oleh proses erosi yang terbawa oleh suatu aliran pada suatu tempat yang kecepatannya lambat atau berhenti.

Dengan demikian kerusakan yang ditimbulkan oleh peristiwa erosi terjadi di dua tempat, yaitu:

1. Pada tanah tempat erosi (misalnya tanah longsor)
2. Pada tempat tujuan akhir dari tanah yang terangkut tersebut diendapkan

A. Erosi

Erosi berasal dari kata *erodete* yang artinya dimakan habis. Di daerah yang beriklim basah seperti di Indonesia, erosi oleh air harus lebih diwaspadai dari pada erosi yang disebabkan oleh angin.

Erosi menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur yang baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air. Harus diingat bahwa tanah yang pindah akan diendapkan di tempat lain, dan sering terjadi bahwa kerusakan timbul tidak hanya karena perpindahannya tetapi karena pengendapannya. Pergerakan tanah tersebut berlangsung dalam waktu yang tidak tentu, tergantung pada prosesnya.

Ada dua macam erosi tanah, yaitu:

1. Erosi normal: juga disebut erosi geologi atau erosi alami yang merupakan proses-proses pengangkutan tanah yang terjadi dibawah keadaan vegetasi alami tanpa gangguan dari kegiatan manusia. Erosi semacam ini biasanya terjadi dengan laju yang

lambat dan memungkinkan terbentuknya tanah yang tebal yang mampu mendukung pertumbuhan vegetasi secara normal. Dalam pengertian yang luas, erosi geologi adalah proses normal yang berjalan sejak benua muncul dari laut. Proses tersebut terjadi dalam rangka pembentukan kulit dan gunung-gunung dalam membentuk permukaan bumi yang sekarang ini. Erosi geologi ini sampai sekarang masih berlangsung yaitu berupa perpindahan tanah dalam jumlah yang besar di seluruh bumi, serta pengangkutan sedimen ke laut oleh aliran sungai.

2. Erosi dipercepat: adalah pengangkutan tanah yang menimbulkan kerusakan tanah sebagai akibat perbuatan manusia yang mengganggu keseimbangan antara proses pembentukan dan pengangkutan tanah. Pemotongan rumput yang berlebihan, penebangan hutan untuk pertanian, dan pekerjaan konstruksi biasanya meningkatkan erosi tanah sehingga laju erosi sangat dipercepat dan mengakibatkan kemunduran produktivitas lahan.

Meskipun kedua macam erosi tersebut dikenal, dalam buku ini hanya erosi dipercepat yang menjadi perhatian, dalam rangka konservasi tanah, yang selanjutnya dipergunakan istilah erosi.

Menurut bentuknya akibat proses erosi yang dihasilkan oleh aliran air di tanah dibedakan menjadi:

1. Erosi lembar/erosi permukaan (*sheet erosion/surface erosion*).

Erosi lembar adalah pengangkutan lapisan tanah yang merata tebalnya dari suatu permukaan tanah.

Kekuatan jatuh butir-butir hujan dan aliran air di permukaan tanah (*overland flow*) merupakan penyebab utama erosi ini. Dari segi energi, pengaruh butir-butir hujan lebih besar karena kecepatan jatuhnya sekitar 6-10 m/detik. Oleh karena kehilangan lapisan tanah (*subsoil*) menjadi tidak baik bagi pertumbuhan tanaman

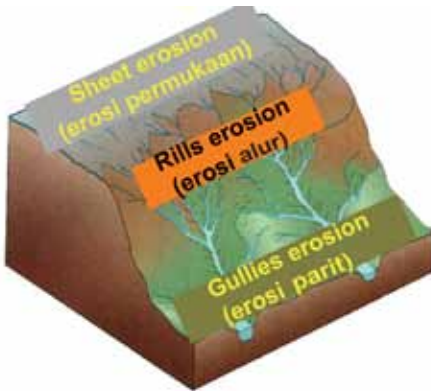
Laju pengupasan tanah tergantung pada :

- a. Intensitas hujan
- b. Tumbuhan penutup, serta
- c. Kekuatan tanah

Laju dari pengangkutan tanah ke hilir tergantung pada:

- a. Hujan
- b. Tumbuhan penutup
- c. Geometri lereng

Bentuk peralihan dari erosi lembar adalah *erosi alur* (*rill erosion*) yang karena air terkonsentrasi dan mengalir pada tempat-tempat tertentu di permukaan tanah sehingga pemindahan tanah lebih banyak terjadi pada tempat tersebut. Alur-alur yang terjadi masih dangkal dan dapat dihilangkan dengan



pengolahan tanah. Erosi alur dapat disebut sebagai bentuk embrio dari *erosi parit* (*gully erosion*) yang dimensinya terbatas karena kemiringan yang landai dan lereng yang pendek dimana erosi ini berkembang.

lereng atau bekas menarik balok-balok kayu. Erosi lembar dan erosi alur lebih banyak dan luas terjadi dibandingkan dengan bentuk erosi lain.

Erosi alur biasanya terjadi pada tanah-tanah yang ditanami dengan tanaman berbaris menurut lereng atau akibat pengolahan tanah menurut



2) Erosi parit (*gully erosion*)

Erosi parit terjadi akibat pengangkutan di alur yang terbatas pada sejumlah sedimen dasar dan mampu mengalir ke hilir.

Daya angkut ini tergantung pada debit air, kemiringan dasar dan diameter butir sedimen.

Bentuk peralihan dari erosi linier adalah erosi parit/*gully erosion* yang terjadi di sepanjang alur yang baru terbentuk akibat daya angkut yang besar dibandingkan pasokan sedimen dari daerah alirannya.

Proses terjadinya sama dengan erosi alur, tetapi saluran-saluran yang terbentuk sudah demikian dalamnya sehingga tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan tanah biasa.

Proses erosi parit yang baru terbentuk berukuran sekitar 40 cm lebarnya dengan kedalaman sekitar 25 cm.

Erosi parit yang berlanjut dapat mencapai 30 m dalamnya. Erosi parit dapat berbentuk V atau U, tergantung dari kepekaan erosi substratnya: mudah lepas, yang umumnya berasal dari batuan sedimen maka akan terjadi bentuk U.

Tanah-tanah yang telah mengalami erosi parit sangat sulit untuk dijadikan tanah pertanian. Diantara kedua bentuk tersebut di atas bentuk U lebih sulit diperbaiki dari pada bentuk V.



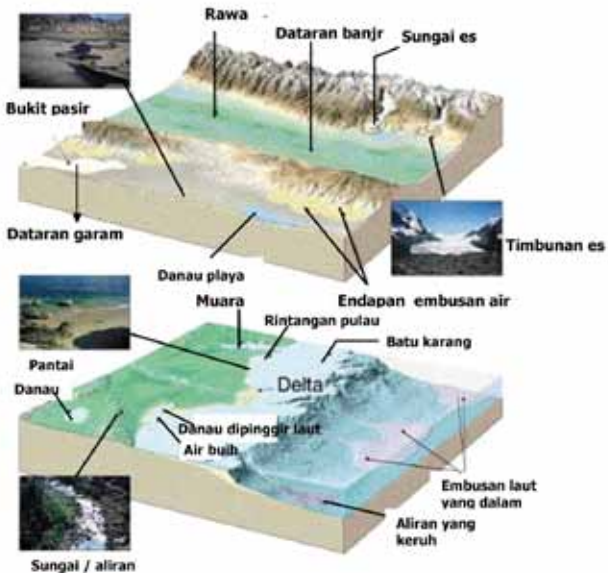
EROSI PARIT BENTUK U



EROSI PARIT BENTUK V

B. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh suatu aliran air, es dan atau angin pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti.



Berdasarkan sarana yang mengangkut hasil erosi yang akan menjadi endapan, maka tanah endapan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu :

- a. Tanah Alluvial: Tanah yang dihasilkan/dipindahkan oleh aliran air, umumnya berlapis-lapis dan seragam dari lapisan berbutir besar sampai lapisan berbutir halus.
- b. Tanah Aeolian: Tanah yang dihasilkan/dipindahkan oleh angin, ukuran butir-butirnya betul-betul seragam lihat gambar dibawah.
- c. Tanah Glacial: Tanah yang dihasilkan/dipindahkan oleh aliran es, ukuran butirnya tidak sama.



Di Indonesia masalah aliran sedimen terbanyak disebabkan oleh aliran air, tanah yang terangkut tersebut akan diendapkan di tempat lain. Seperti di dalam waduk, danau, sungai, saluran irigasi, di atas tanah pertanian, muara sungai dan sebagainya.

Semua ini akan menimbulkan kerugian/kerusakan bagi daerah yang terkena endapan tersebut, misalnya:

- a. Di waduk/danau: pendangkalan yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas/daya tampung yang kemudian akan mengakibatkan umur waduk menjadi jauh lebih pendek.
- b. Di sungai: dasar sungai menjadi dangkal sehingga daya penyaluran air berkurang karena luas penampang sungai berkurang sehingga fungsi untuk navigasi dari sungai tersebut menjadi menjadi berkurang atau hilang.
- c. Pada saluran irigasi: dasar saluran menjadi dangkal mengakibatkan debit air berkurang, sehingga areal sawah yang diairi akan berkurang.
- d. Di muara: dasar sungai di muara menjadi dangkal, akibatnya kapal-kapal tidak dapat masuk ke arah hulu, selain itu akan menimbulkan banjir di sekitar muara karena air yang akan dibuang ke laut tidak lancar.

C. Pergerakan Tanah

Masalah stabilitas lereng baik yang secara alami maupun disebabkan oleh penggalian tanah, telah muncul di berbagai bidang kegiatan manusia, yang manakala stabilitas lereng terganggu, berbagai macam pergerakan tanah akan terjadi.

Pergerakan tanah secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu tanah gerak (*land slide*), tanah longsor (*slope failure*) dan aliran runtuh/rombakan (*debris flow*).

Tanah gerak (*land slide*)

adalah suatu gerakan tanah yang disebabkan oleh kondisi tanah yang ada di daerah itu sukar dilalui air (misal, lempung) sehingga air seolah-olah terbungung/terkumpul dan menimbulkan genangan yang besar serta tekanan/gaya geser yang besar dan menggerakkan tanah yang ada di daerah tersebut.

Di sini dapat terlihat adanya bidang pergeseran, yang ada di permukaan dari jenis tanah yang sukar dilalui/ditembus air.



SALAH SATU BENTUK TANAH LONGSOR DI
SUATU LOKASI/TEBING SUNGAI DINOYO
KABUPATEN JEMBER AKIBAT BANJIR BANDANG
2 JANUARI 2006

Tanah longsor (*slope failure*)

disebabkan tanah yang terdiri dari beberapa lapisan dan bermacam-macam jenis kekerasannya, setelah hujan deras dan lama, banyak air hujan yang masuk ke bawah tanah, kemudian tanah menjadi jenuh air dan bertambah berat. Terjadilah longsor. Kalau tanah tersebut ada yang mengikat, akar misalnya, maka gaya longSORan tersebut dapat dipertahankan.

Aliran runtuh/rombakan (*debris flow*)

adalah aliran air yang mempunyai kecepatan tinggi yang membawa bahan-bahan sedimen campuran terdiri dari bermacam bahan, antara lain batu, tanah, pasir dan batang-batang kayu.

1. Tanah gerak (*land slides*)

Tanah gerak dapat diklasifikasikan dalam banyak cara, yaitu berdasarkan kecepatan, tipe material serta sifat gerakan.

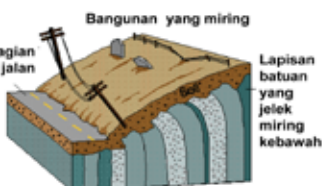
- kecepatan gerakan, yang dapat dibedakan dari kecepatan rendah (creep) yang dinyatakan dalam milimeter/tahun hingga kecepatan ekstrim yang dinyatakan dalam meter/detik.
- tipe material. Tanah gerak yang tersusun dari batuan yang tidak baik (jelek), sedimen yang tidak padat (*unconsolidated sediment*) dan atau sampah organik (*organic debris*)
- sifat gerakan. gerakan runtuhan dapat meluncur (*slide*), merosot (*slump*), mengalir (*flow*)

Tipe/macam tanah gerak

Tipe tanah gerak dapat bermacam-macam, yaitu luncuran (*slide*), merambat (*creep*), merosot (*slump*), runtuh (*topple*), jatuh (*fall*), aliran (*flow*) dan aliran air yang deras (*torrent*). Berikut adalah ilustrasi yang menjelaskan masing-masing proses di atas.



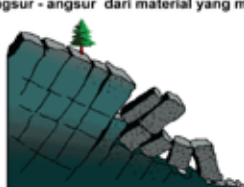
Slide (luncuran): gerakan sejajar ke arah yang lemah dan kadang - kadang searah lereng



Creep (merambat): gerakan pelan berangsur - angsur dari material yang miring



Slump (merosot): Gerakan yang kompleks dari material yang pada lereng perosotan yang berputar



Topple (runtuhan): Akhir dari gerakan akhir dari runtuhan batu sebuah lereng



Fall (jatuh): materiak yang jatuh bebas



Flow (aliran): Kekentalan dari cairan seperti gerakan runtuhan



Torrent (aliran air yang deras): sebuah sporadis dan pengaliran yang mendadak dari air dan runtuhan

Penyebab tanah gerak

Tanah gerak disebabkan oleh beberapa faktor:

1. Faktor geologi

- Jenis material yang lemah (tidak kuat) dan mudah terkena pengaruh
- Jenis material yang rusak karena pengaruh hujan dan angin
- Terletak pada lipatan atau celahan material
- Keadaan yang terputus dan arah yang berlawanan (penutup, *schistosity*, tidak sesuai, kontras, dan sebagainya) atau *swelling and shrinkage*
- Berlawanan dalam sifat kelulusan (*permeability*) air dan kekuatan material

2. Faktor morfologi

- Gaya angkat tektonik atau vulkanik
- Pantulan aliran es
- Erosi fluvial, gelombang, atau sungai es dari kaki lereng atau garis tepi samping
- Erosi bawah tanah (larutan, rembesan)
- Penumpukan muatan pada lereng, atau pada puncak lereng
- Tanaman yang terbongkar oleh api atau karena kekeringan
- Pencairan es atau salju
- Kerusakan karena hujan dan panas sehingga terjadi pembekuan dan pencairan
- Kerusakan karena hujan dan angin sehingga terjadi kembang susut

3. Faktor kegiatan manusia

- Penggalian pada lereng atau kaki lereng
- Muatan pada lereng atau puncak lereng
- Penurunan air bendungan
- Penggundulan hutan
- Irigasi di daerah perbukitan daerah atas
- Penambangan
- Getaran buatan
- Tata aliran air dari pemanfaatan air di daerah atas (perbukitan)

Tanah gerak dapat menyebabkan kerugian-kerugian sebagai berikut:

- a. rumah atau perumahan yang berdiri di atasnya
- b. tanah pertanian atau hutan
- c. kegiatan pertambangan
- d. sarana perhubungan
- e. bangunan terowongan
- f. saluran air, telepon, listrik, dll.

2. Tanah longsor/*slope failure*

Kejadian dan penyebab dari tanah gerak (*landslide*) dan tanah longsor (*slope failure*) hampir sukar dibedakan. Hal ini baru dapat diketahui apabila telah dilakukan dengan pengamatan yang cermat.

Tanah longsor penyebab utamanya adalah:

- Material yang membentuk tanah tersebut tidak baik dan tidak padat
- Topografinya kurang menguntungkan, yaitu lerengnya terjal melampaui lereng alam dari tanah yang disusun tersebut
- Kondisi lingkungan daerah tersebut rusak, misalnya dikarenakan penggundulan hutan
- Tata guna lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya
- Terjadi hujan dalam waktu lama dan intensitas tinggi yang menyebabkan tanah jenuh air

No	URAIAN	LANDSLIDES (Tanah Gerak)	SLOPE FAILURE (Tanah Longsor)
1	Kondisi Lahan	Seringkali terjadi di tempat-tempat yang kondisi geologisnya spesifik	Tidak banyak berhubungan dengan geologi
2	Karakteristik dari tanah	Luncuran terjadi dengan bidang lurus terutama pada tanah lempung	Sering terjadi pada tanah berpasir(decomposed granite, tanah atau vulkanis)
3	Topografi	Terjadi pada lereng landai dengan sudut 5° - 20° dan sangat sering membentuk suatu bidang datar seperti topografi di bagian hulu.	Sering terjadipada lereng curam dengan sudut kemiringan lebih dari 20°
4	Kegiatan luncuran	Menerus dan berulang kali terjadi	Terjadi mendadak
5	Kecepatan perpindahan/ luncuran	Biasanya kecepatannya rendah 0.001 s/d 10 mm/hari	Kecepatannya tinggi 10 mm / hari
6	Massa tanah	Perubahan massa tanah kecil, seringkalibergerak sambil mempertahankan bentuk aslinya	Massa tanah berubah bentuk
7	Penyebab longsor	Pengaruh dari air tanah sangat besar	Disebabkan terutama oleh hujan, khusus-nya intensitas curah hujan
8	Ukuran longsor	Ukurannya besar 1–100 ha	Kurang dari 1 ha
9	Indikasi	Perkembangan kejadian mulai dari retakan, penurunan, timbulnya air tanah dapat diamati sebelum longsor	Terjadi mendadak dengan tanda-tanda yang tidak jelas.

Tanah longsor biasanya terjadi pada skala kecil dan sangat mendadak hingga sangat berbahaya jika di bawah area tersebut terdapat pemukiman.

3. Aliran debris/runtuhan/rombakan

Seperti telah dijelaskan diatas aliran debris adalah aliran air yang mempunyai kecepatan tinggi yang membawa bahan-bahan sedimen campuran terdiri dari macam bahan antara lain: batu, tanah, pasir dan batang-batang kayu

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penyebabnya adalah:

- Rusaknya lingkungan di daerah tersebut
- Curah hujan yang tinggi
- Faktor run off yang tinggi karena daerah tersebut gundul
- Topografi daerah tersebut yaitu kemiringan lereng yang terjal

Banjir rombakan dapat pula terjadi karena adanya longsor yang membendung aliran sungai dan membentuk danau kecil dan manakala bendungan tersebut jebol akan menyebabkan banjir bandang.

Dengan demikian dapat disimpulkan meskipun gaya gravitasi penyebab utama dari gerakan tanah, tetapi ada faktor-faktor lain yang sifatnya mempercepat proses terjadinya gerakan tanah tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut :

- Erosi oleh aliran air, sungai, ombak laut yang akan menyebabkan lereng yang kemiringannya berlebih menjadi tidak stabil.
- Erosi oleh pengolahan tanah pertanian di lereng bukit (lahan kering), tanah akan menjadi gembur selanjutnya kalau kena aliran air hujan akan mudah terbawa.
- Batuan dan tanah yang tidak ada penutup/pelindungnya akan menjadi lemah oleh hantaman air dari hujan lebat, air sumber, salju cair akan menjadi jenuh dan mudah gerak
- Gempa akan menimbulkan tegangan lebih-lebih pada tanah miring akan menjadi menjadi lemah
- Letusan gunungapi yang menghasikan endapan debu butiran lepas apabila terjadi hujan lebat akan hanyut terbawa aliran
- Daerah lereng yang mendapat beban atas yang melebihi daya dukung tanah akan timbul gerakan tanah
- Berkurangnya daya ikat antar butiran tanah oleh ketiadaan akar pohon yang semula ada.
- Pekerjaan konstruksi dan galian penambangan

2. PENANGANAN EROSI, SEDIMENTASI DAN TANAH GERAK

A. Kompetensi Penanganan

Seperti telah diuraikan di depan, ada dua masalah tentang aliran sedimen yaitu erosi dan sedimentasi serta pergerakan tanah (*mass movement*). Dari masing-masing masalah tersebut ada kompetensi dari bidang-bidang yang berbeda-beda yaitu:

- *Surface erosion* atau erosi permukaan tanah yang merupakan kompetensi dari bidang pertanian dan kehutanan yang mempunyai tanggungjawab untuk konservasi lahan pertanian dan hutan yang di Indonesia merupakan tugas dari Departemen Pertanian dan Departemen Kehutanan.
- *Linier erosion/gully erosion* atau erosi alur sungai, memerlukan disiplin ilmu di bidang persungai, dimana untuk sungai-sungai yang besar dilaksanakan oleh Departemen Pekerjaan Umum sedangkan untuk sungai atau alur kecil di wilayah hutan dikerjakan oleh Departemen Kehutanan.
- *Mass movement* yang berkaitan dengan stabilitas lereng memerlukan disiplin ilmu mekanika tanah, dimana pelaksanaannya baru terbatas untuk pengamanan bangunan tertentu, seperti jalan kereta api oleh PT. KAI serta pengamanan jalan raya oleh Departemen PU.

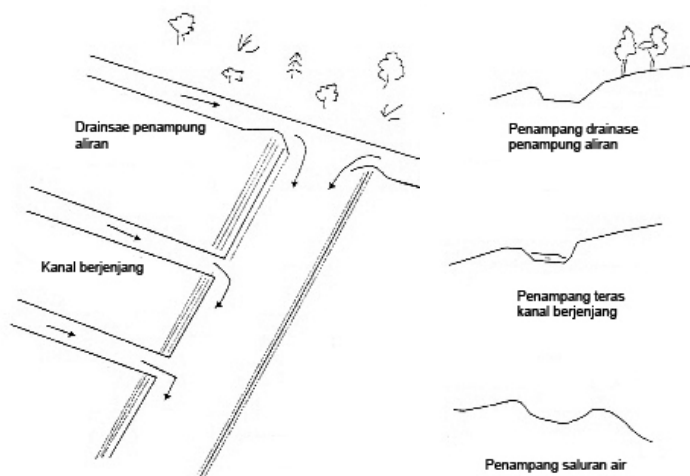
B. Penanganan Dengan Cara Pendekatan Teknis

1. Penanganan Erosi (Permukaan) Tanah

Penanganan erosi permukaan secara teknis dilakukan dengan teknik pertanian baik dengan cara pengolahan tanah (*land management*) ataupun dengan cara penanaman pepohonan atau rerumputan (*crop management*). Berbagai cara pengolahan lahan telah banyak dilaksanakan dalam rangka pelaksanaan program pengendalian erosi tanah. Nama dari masing-masing cara yang sama kadang-kadang berbeda antara satu daerah dengan daerah yang lain. Adapun cara atau bangunan yang umum dipakai adalah sebagai berikut:

a. Drainase Penampung Aliran (*Storm Water Diversion Drain*)

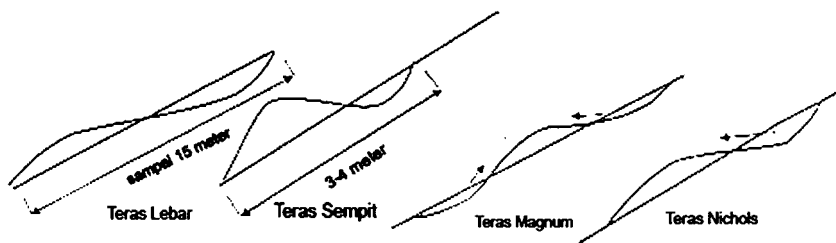
Drainase ini berupa parit (*drainage channel*) yang menangkap atau mengalihkan aliran air permukaan (*storm runoff*) yang mengalir dari lokasi lahan yang lebih tinggi pada daerah pertanian yang akan dilindungi.



b. Teras Kanal (*Channel Terrace*)

Kalau aliran air permukaan mengalir kebawah tanpa rintangan pada lahan pertanian, dapat membahayakan dikarenakan oleh kecepatan serta volume air atau kedua-duanya, yang dapat mengakibatkan penggerusan. Untuk menghindari hal ini dapat dibuatkan galian tanah berupa parit yang tegak lurus dengan lereng yang paling miring guna menampung aliran air.

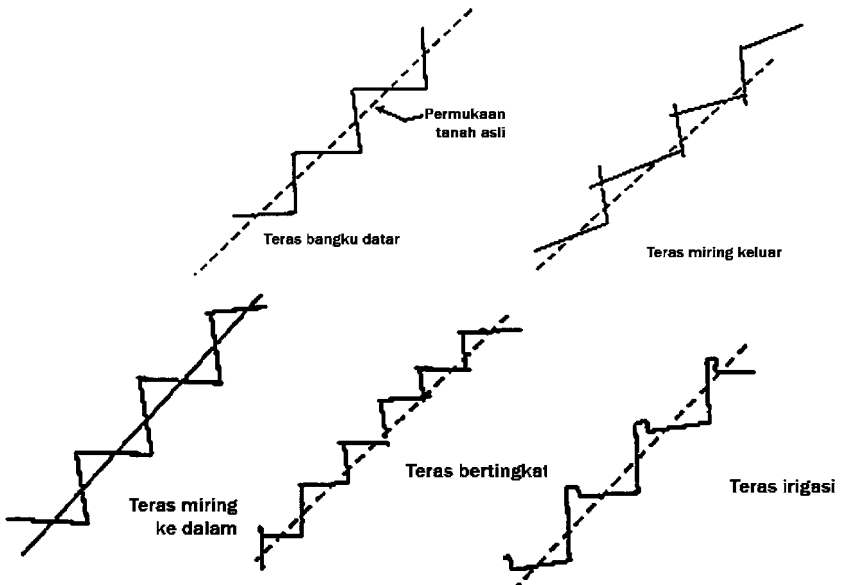
Nama bangunan semacam ini adalah teras kanal. Jenis teras yang lain yang semacam diberi nama sesuai dengan orang yang menciptakan seperti Teras Magnum atau Teras Nichols.



c. Teras Bangku (*Bench Terrace*)

Teras bangku adalah suatu cara pengelolaan lahan atau tanah dengan cara mengubah lereng yang curam menjadi beberapa seri atau deretan tanah datar serta bagian yang tegak yang terletak diantara tanah yang datar tersebut. Untuk memperkuat bagian yang tegak sering digunakan kayu, batu bata atau pasangan batu kosong (tanpa semen). Kalau tanahnya cukup kuat kadang hanya dilindungi dengan tanaman seperti rumput-rumputan. Kadang-kadang batas tanah yang datar tersebut dibuat galengan yang

sedikit dinaikkan untuk dapat menahan air irigasi yang kemudian digunakan untuk menanam padi di sawah. Teras semacam ini disebut teras irigasi



2. Pengendalian Sedimen di Daerah Non Vulkanik

a. Aliran sedimen di daerah non vulkanik

Di Indonesia pengendalian sedimen telah banyak dikerjakan di daerah gunungapi yang masih aktif atau daerah vulkanik. Di beberapa daerah non vulkanik juga banyak yang mempunyai aliran sedimen yang cukup serius, baik di provinsi-provinsi di Pulau Jawa maupun beberapa provinsi lain seperti di Sumatera Barat, Lampung, Flores di Nusa Tenggara Timur, serta Sulawesi Tengah dan sebagainya. Sungai-sungai di daerah tersebut saat musim hujan, disamping membawa sedimen yang sangat banyak, juga sering mengalirkan debris yang banyak menimbulkan bencana pada masyarakat yang tinggal di sepanjang sungai. Aliran debris ini sering diberi nama sendiri sesuai dengan daerahnya, seperti di Sumatera Barat dinamakan "galodo", sedangkan di Jawa sering disebut "banjir bandang".

Sebagai contoh bencana alam yang diakibatkan oleh aliran debris yang pernah terjadi di Provinsi Sumatera Barat adalah seperti dalam tabel berikut:

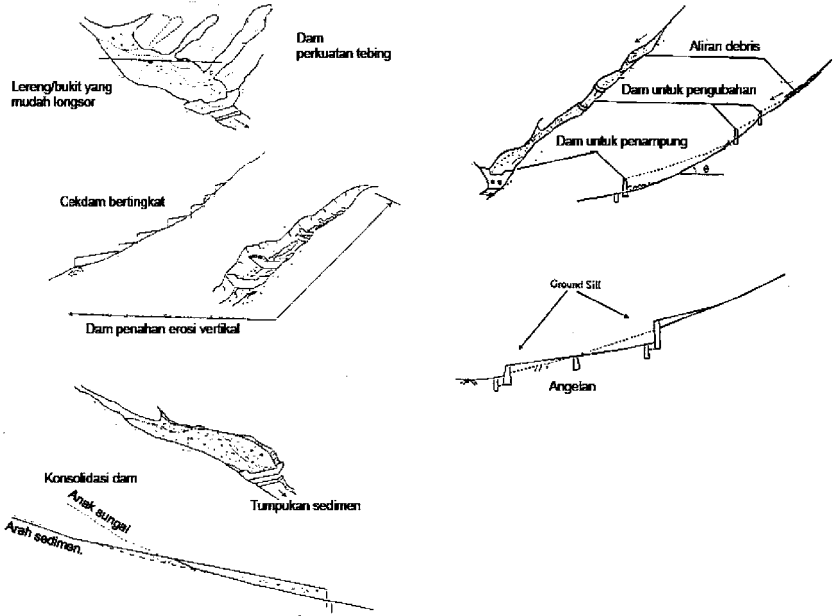
Mengatasi masalah ini perlu usaha khusus dengan pembangunan sistem pengendalian sedimen yang sudah dikenal dengan Sabo *Works* atau Bangunan Sabo. Tipe bangunan sabo untuk daerah non vulkanik sama dengan bangunan sabo untuk daerah vulkanik, dimana bangunan yang dibuat adalah sabo dam, *ground sill*, *revetment*, *channel works*, dan sebagainya. Bangunan sabo di daerah non vulkanik dapat diklarifikasikan sebagai berikut:

BENCANA ALAM AKIBAT ALIRAN DEBRIS/GALODO DI PROVINSI SUMATERA BARAT

Tgl/Bln/Thn	Nama Sungai	Lokasi	Korban Jiwa	Kerusakan
28-3-1991	Bt. Timbulun	Surian, Muaralabuh, Solok	-	Rumah 12bh Bend 1 bh Sawah 30 ha Jembatan 1 bh
1-2-1995	Bt. Lolo	Alai, Sako Muaralabuh	8 orang	Rumah 32 bh Sekolah 3 bh Sawah 100 ha
9-2-1999	Anak.Bt Arau	Bukit Lantik Padang	48 orang	Rumah 10 bh
2-10-2000	Bt. Malao	Duo Koto, Batipuh, Tanah Datar	11 orang	Puruhan rumah hancur Jembatan 1 bh Sawah 10 ha

- Bangunan untuk manahan debris/sedimen di daerah sedimen: dam, *hillside works*
- Bangunan untuk menahan debris/sedimen di tebing: *ground sill*, *revetment*
- Bangunan untuk menahan debris/sedimen di dasar sungai: dam, *ground sill*, *channel works*
- Bangunan untuk menampung debris/sedimen di sungai: dam, kantong pasir (*sand pocket*)
- Bangunan untuk mengatur aliran debris/sedimen: dam, *ground sill*

BANGUNAN-BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DAERAH NON VULKANIK

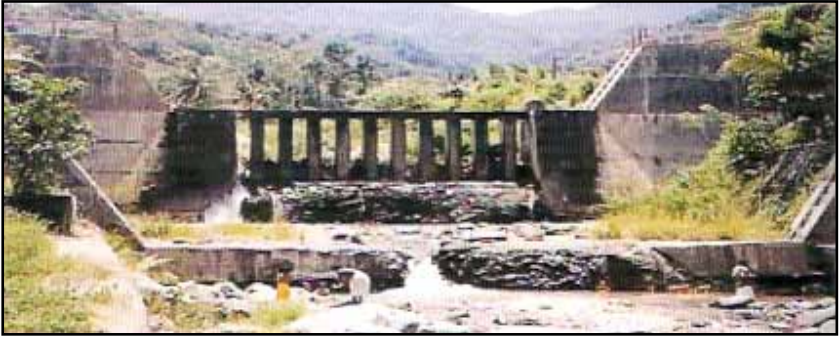


b. Daerah yang sudah ditangani

Penanganan pengendalian aliran sedimen di daerah non vulkanik telah dilaksanakan di beberapa provinsi di Indonesia, seperti Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah dan sebagainya. Tabel berikut menunjukkan jenis serta jumlah bangunan pengendali sedimen yang telah didirikan di daerah-daerah tersebut.

BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DAN DASAR SUNGAI DI DAERAH NON VULKANIK

Bangunan Provinsi	Bangunan Pengendali Sedimen	Bangunan Pengendali Dasar Sungai
Sumatera Barat	9 buah	1 buah
Lampung	12 buah	1 buah
Sulawesi Tengah	15 buah	15 buah
Bengkulu	1 buah	-



SABO DAM BATANG LOLO I



MATERIAL DEBRIS DI HULU BPS BATANG LOLO I



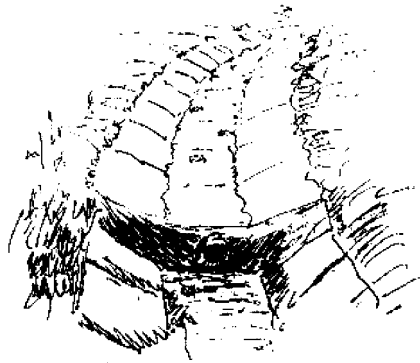
BENDUNG PENAHAN SEDIMEN BATANG MALOLO

c. Penanganan/pencegahan tanah gerak (*land slides*)

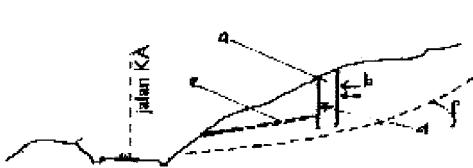
Ada beberapa metode yang biasa dilaksanakan guna mencegah masalah tanah gerak

a) pembuatan drainase

- Drainase permukaan yang berfungsi mencegah atau mengurangi aliran air di permukaan ke dalam tanah yang dapat menambah kejenuhan air tanah.
- Drainase sumur yaitu dengan membuat sumur yang berfungsi untuk mengumpulkan air tanah di daerah sliding serta dilengkapi dengan pipa horisontal untuk mengeluarkan air



SALURAN DRAINASE PERMUKAAN

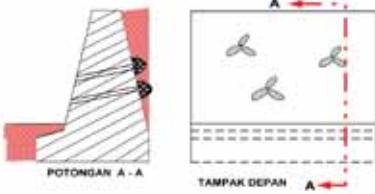


- a. sumur drainase
- b. air tanah masuk sumur
- c. pipa untuk mengeluarkan air
- d. muka air
- f. bidang gelincir

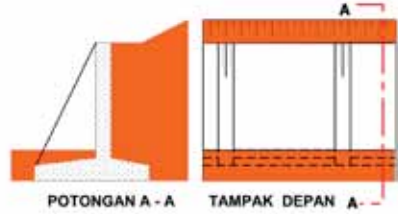
PENGAMANAN TANAH GERAK DENGAN SUMUR DRAINASE

b) tembok penahan

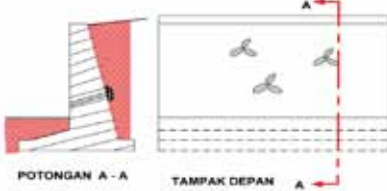
TEMBOK PENAHAN TIPE GRAVITASI



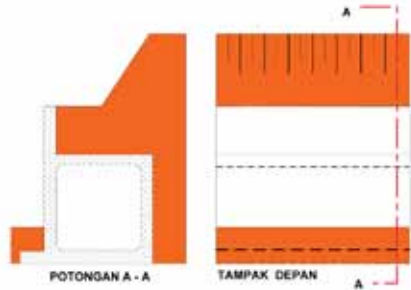
TEMBOK PENAHAN TIPE TOPANGAN DARI BETON BERTULANG



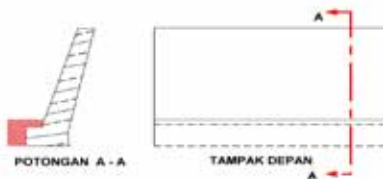
TEMBOK PENAHAN TIPE SEMI GRAVITASI



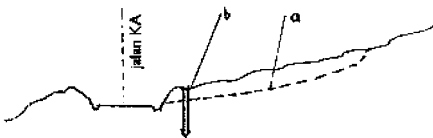
TEMBOK PENAHAN TIPE KOTAK DARI BETON BERTULANG



TEMBOK PENAHAN DARI BETON TIPE MENDATAR



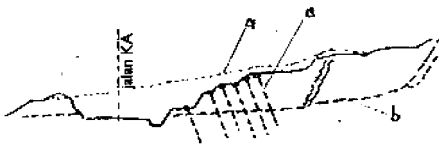
c) stabilisasi lereng dengan tiang pancang



STABILITAS TANAH GERAK DENGAN TIANG PANCANG

- a. bidang gelincir
- b. tiang pancang

d) pembuatan angker



- a. tanah asli
- b. bidang gelincir
- c. angker

PENGAMANAN TANAH GERAK DENGAN
ANGKER

d. Penanganan Tanah Longsor (*Slope Failure*)

Di Indonesia akhir-akhir ini banyak terjadi tanah longsor yang banyak menimbulkan korban jiwa. Tanah yang rawan longsor ini tidak terhitung banyaknya. Kalau ditangani secara teknis akan membutuhkan dana yang sangat besar. Maka penanganan tanah longsor dilakukan secara non-teknis.

C. Penanganan Dengan Cara Pendekatan Non-Teknis

1. Isu yang sedang berkembang

Pada akhir tahun 2007 di banyak tempat di Indonesia seperti Pulau Jawa serta Pulau-pulau lain tertimpa bencana seperti banjir yang telah menggenangi pemukiman masyarakat sampai berhari-hari dan tidak jarang mengakibatkan bencana tanah longsor. Ada beberapa penyebab terjadinya fenomena banjir, yaitu:

- a. Banjir karena gelombang pasang seperti yang terjadi di pantai Teluk Jakarta, pantai utara Jawa serta di banyak tempat lainnya yang menggenangi ribuan rumah.
- b. Banjir karena meluapnya sungai Bengawan Solo dan Kali Madiun di beberapa kota seperti Surakarta, Sragen, Madiun, Ngawi, Bojonegara.
- c. Peristiwa tanah longsor yang terjadi di Tawangmangu, Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007 yang telah menelan korban jiwa sebanyak 35 orang.

Salah satu alasan yang banyak dituduhkan masyarakat sebagai pemicu kejadian-kejadian tersebut adalah penggundulan hutan, baik yang terletak di hulu sungai maupun penebangan hutan bakau yang ada di wilayah pantai.

Erosi terangkut oleh air yang kemudian mengendap di daerah rendah di sepanjang sungai yang kemudian menyebabkan banjir. Untuk menangani masalah ini, disamping melakukan upaya teknis, perlu pula usaha yang bersifat non-teknis.

2. Manajemen daerah aliran sungai bagian hulu

Guna pelaksanaan kegiatan manajemen maka instansi yang terkait dalam pengendalian erosi harus berperan sepenuhnya dalam kegiatan yang masing-masing kegiatan diuraikan sebagai berikut:

a) Pengaturan tataguna lahan

Dalam menetapkan Peraturan Tataguna Lahan perlu kriteria tentang fungsi pemanfaatan lahan serta faktor-faktor alam seperti kemiringan lahan, jenis tanah, serta curah hujan. Sedangkan fungsi pemanfaatan lahan adalah sebagai berikut:

- i. Kawasan lindung
- ii. Kawasan penyangga
- iii. Lahan untuk tanaman keras
- iv. Lahan untuk tanaman musiman
- v. Lahan untuk pemukiman

Matrik dari tataguna lahan adalah sebagai berikut:

Aspek Biofisik	Kawasan Lindung	Kawasan Penyangga	Lahan Tan. Keras	Lahan Tan.. Musiman	Lahan Pemukiman
Kemiringan	> 40 %	30-40 %	8-30 %	< 8%	< 8%
Hujan	> 2500 mm/tahun	1500-2500 mm/tahun	-	-	-
Elevasi	> 1000 M	500-1000 M	100-500 M	25-100 M	< 25 M
Peka terhadap erosi	Sangat peka	Peka	Agak peka	Tidak Peka	Aman
Kesuburan	-	-	Subur	Sangat Subur	Tidak Subur

b) Penanaman hutan dan penghutan kembali

Kegiatan penanaman hutan meliputi:

- i. Penanaman hutan dan penghutan kembali serta pengembangan/regenerasi pepohonan

- ii. Mempromosikan tanaman ladang serta tanaman perdu dengan menanam tanaman yang laku dijual seperti buah-buahan, tanaman obat-obatan dan tanaman bahan minyak wangi. Mengelola tanaman komersial juga diperlukan untuk mencegah erosi di daerah aliran sungai (DAS) yang berarti memajukan kegiatan manajemen DAS serta menaikkan pendapatan masyarakat.
 - iii. Menanam rumput untuk ternak pada lereng, pohon pakan ternak di teras-teras serta membatasi jumlah ternak sesuai dengan ketersediaan bahan pakan.
 - iv. Konservasi tanaman obat-obatan liar, dengan tidak melakukan pengambilan yang berlebihan.
 - v. Pengurangan penggunaan kayu bakar.
 - vi. Melatih pemimpin lokal dalam tataguna lahan dan manajemen hutan serta meningkatkan pengetahuan pada masyarakat.
- c) Deseminasi/penyuluhan

Untuk meningkatkan manajemen DAS, saling pengertian dan kerjasama antar-masyarakat setempat sangatlah diperlukan. Diseminasi atau penyuluhan harus diperluas dengan pelaksanaan kegiatan sebagai berikut:

- i. Mengadakan acara khusus seperti acara penanaman pohon baik di tingkat lokal maupun nasional dan mengadakan kampanye penanaman pohon untuk hutan atau penghutanan kembali dalam rangka konservasi hutan.
- ii. Mengadakan peringatan dengan menanam pohon dalam suatu upacara yang dilakukan oleh para pejabat serta tokoh masyarakat.
- iii. Pendidikan tentang lingkungan, kerusakan pohon serta membuat taman kecil di sekolah.
- iv. Pemberian penghargaan bagi pelaku penanaman pohon atau pelestari lingkungan yang bagus, termasuk *agro-forestry*, penanaman tanaman hutan sungai serta kegiatan masyarakat lainnya.

- v. Kombinasi dari pelestarian alam dan atau penghutan dengan pariwisata dan proyek pengembangan daerah.
- vi. Kampanye penanaman pohon melalui media masa.
- vii. Membentuk yayasan dan pengumpulan dana untuk menganjurkan kegiatan penanaman pohon.
- viii. Mengorganisir kelompok relawan penanam pohon dan memberi fasilitas kepada relawan asing untuk ikut serta.
- ix. Mengadakan studi tour ke proyek yang sedang berjalan guna belajar dari pengalaman yang sudah ada.

3. Manajemen daerah bantaran sungai

Kecelakaan bencana kadang-kadang menjadi sangat serius karena rentannya masyarakat terhadap bencana, seperti kesadaran serta motivasi untuk kesiap-siagaan, tidak cukupnya sumber daya manusia guna mengurangi resiko, kurangnya akses terhadap sumber bagi mata pencaharian mereka. Kegiatan manajemen bantaran sungai dimaksudkan untuk mengurangi kerentanan masyarakat terhadap bencana. Manajemen bantaran sungai mengusulkan kegiatan yang harus dikerjakan oleh masyarakat atau perorangan yang ada kaitannya dengan mitigasi bencana, seperti:

a) Mobilisasi masyarakat

Mobilisasi masyarakat merupakan langkah awal dari manajemen bantaran sungai, guna memperkuat keorganisasian yang berbasis pada inisiatif mitigasi bencana. Adapun kegiatannya adalah sebagai berikut:

- i. *Workshop* bagi para pemimpin masyarakat.
Para pemimpin masyarakat akan memainkan peran yang penting dalam manajemen bantaran sungai. Tanggungjawab utama dari pimpinan organisasi adalah mendorong serta memobilisasi penduduk setempat untuk ikut dalam kegiatan. Agar mendapat pimpinan yang dapat melaksanakan tugas, berbagai *training/workshop* perlu diberikan kepada mereka di awal dan selama masa pelaksanaan manajemen.

- ii. Membentuk pusat organisasi di masyarakat
Manajemen bantaran sungai kemudian akan memobilisasi pimpinan masyarakat untuk membentuk organisasi tingkat masyarakat. Hal ini akan mencapai tiga sasaran, pertama bentuk organisasi masyarakat, kedua menimbulkan kesadaran, menambah penge-tahuan, dan keahlian masyarakat, serta yang terakhir mendapatkan sumber finansial dari organisasi masyarakat.
- iii. Usaha penanggulangan oleh masyarakat
Penting bagi masyarakat untuk sadar akan perlunya membuat usaha penanggulangan sendiri, berupa bangunan fisik. Lebih jauh hal itu adalah sebagai penolong dalam meningkatkan kesadaran penduduk akan kerawanan terhadap bencana. Setiap tempat mempunyai kepentingan tertentu dalam usaha tersebut. Program tentang usaha tersebut akan dilaksanakan oleh masyarakat .
- iv. Membentuk masyarakat tahan bencana Hal ini akan membantu baik masyarakat maupun perorangan yang berada di daerah rawan bencana dalam membuat kesiapsiagaan dalam usaha mengurangi kerugian akibat bencana dengan usaha mereka sendiri. Cara yang biasa dilaksanakan adalah dengan memperkecil resiko terhadap kerusakan, dan dengan memperkuat bangunan. Beberapa cara lain adalah sebagai berikut:
 - i). Penyesuaian bangunan rumah
 - Di daerah yang tanahnya tidak stabil jangan membuat fondasi rumah dengan menggali tebing dan bangunan dibuat fleksibel misal dengan kayu
 - Di daerah yang elevasinya rendah sebaiknya membuat rumah dengan sistem panggung, serta menyediakan tempat untuk menyelamatkan barang, misalnya di bawah atap.
 - Pusatkan rumah-rumah penduduk di tempat yang mempunyai elevasi tinggi.
 - Jangan membuat rumah di kaki lereng yang terjal.
 - Di daerah sepanjang sungai yang sering membawa aliran debris dan jangan membuat rumah di dekat tikungan luar sungai.
 - ii). Mengurangi energi banjir
 - Penanaman pohon tertentu di tepi sungai untuk mengurangi kekuatan aliran banjir/debris.

- Membuat drainase di daerah yang berelevasi rendah.
- iii. Menghidupkan kearifan lokal daerah
- Di Purworejo, Jawa Tengah, tidak boleh membuat rumah di tadah luh (daerah jatuhnya tanah longsor).
 - Di daerah Gunung Merapi,
 - tidak boleh membuat rumah membelakangi Gunung Merapi
 - tidak boleh menebang hutan serta memindahkan batu besar
 - tidak boleh berburu serta merumput di lereng Gunung Merapi
- b) Perkiraan dan pemberitaan bencana serta evakuasi

Masyarakat perlu diberi tahu daerah yang rawan bencana (land slides, longsor, aliran debris), sehingga mereka tidak bermukim di situ atau mereka dapat siap dalam usaha untuk memperkecil kerugian atau mengungsi, setelah mendapat informasi yang akurat akan datangnya bahaya. Khusus untuk bencana tanah longsor, karena sulitnya memprediksi waktu kejadian disarankan agar mereka tidak tinggal di tempat yang rawan longsor.

Penduduk yang tinggal di sepanjang sungai sering mempunyai cara untuk meramalkan serta memberitakan seandainya terjadi banjir (aliran debris). Hal ini disebabkan pengalaman yang pernah terjadi, misalnya dengan adanya suara gemuruh sebelum banjir sampai di tempat tersebut, atau tanda bunyi kentongan dari masyarakat yang tinggal di daerah lebih hulu.

Dalam era kemajuan bidang komunikasi yang ditunjang oleh peralatan canggih, pada waktu ini lebih banyak lagi hal yang dapat dicapai, meskipun cara lama yang kadang-kadang sudah membudaya tidak boleh dilupakan. Berikut uraian tentang hal-hal tersebut:

- i. Prediksi daerah rawan longsor
- Dengan adanya komunikasi lewat satelit maka daerah yang kritis terhadap longsor di seluruh permukaan bumi bisa diketahui. Dengan ditambah dengan penelitian mendetail tentang jenis tanah maka daerah yang rawan longsor ini dapat dibuat peta dengan berbagai macam tingkat kelongsoran, dimana peta ini dapat digunakan baik oleh masyarakat ataupun Pemerintah Daerah untuk dapat memilih/mengijinkan lahan yang dapat digunakan sebagai tempat tinggal.

- ii. Perkiraan hujan
Oleh Badan Meteorologi dan Geofisika dengan menggunakan peralatan yang canggih, telah dapat diperkirakan akan datangnya hujan, baik lokasi, waktu, maupun intensitasnya. Perkiraan hujan ini dapat disebar luaskan lewat media masa baik televisi maupun radio yang dilakukan beberapa kali dalam sehari. Hal ini dapat dipergunakan baik oleh masyarakat maupun instansi yang berkaitan dengan penanganan bencana alam untuk mengadakan persiapan.
- iii. Pemberitaan kejadian bencana longsor
Bencana tanah longsor umumnya terjadi sangat cepat, hanya dalam hitungan detik. Maka dari itu tidaklah mungkin dikabarkan saat bencana terjadi. Tanda-tanda akan terjadinya tanah longsor juga sulit untuk diamati. Maka untuk mencegah bencana akibat tanah longsor, agar tidak tinggal di daerah rawan longsor adalah satu-satunya cara untuk menghindari bencana tersebut.
- iv. Pemberitaan banjir (aliran debris)
Aliran debris mempunyai kecepatan sangat tinggi, berdasar pengalaman sekitar 30-50 km per jam, serta memiliki waktu kejadian yang sangat singkat, biasanya kurang dari 30 menit. Dengan kecepatan tersebut, maka masyarakat yang tinggal 5 atau 10 km dari titik asal aliran debris masih memiliki kemungkinan untuk diamankan, asal ada sarana pemberitaan banjir. Untuk itu di daerah hulu sungai perlu dipasang sensor yang kalau terkena banjir besar dapat memberikan tanda ke daerah hilir dengan bebunyian seperti sirine.
- v. Evakuasi
Guna keperluan proses evakuasi untuk menghindar dari bencana yang sangat mendadak seperti banjir debris (Evakuasi tanggap darurat), maka masyarakat sebelumnya harus sudah tahu tempat-tempat yang akan dipergunakan untuk pengungsian, kalau belum maka harus mencari di wilayah terdekat yang cukup tinggi dan aman. Untuk itu perlu dibuatkan jalan-jalan khusus yang akan digunakan untuk mengevakuasi. Perlu diperhatikan, jangan lari memotong sungai. Untuk evakuasi selanjutnya perlu diadakan latihan secara rutin agar masyarakat memahami hal ini, dengan diatur oleh panitia setempat yang ada.

c) Mitigasi Bencana Berbasis Masyarakat

Masyarakat perlu memberi kontribusi dalam mitigasi bencana, seperti keikutsertaan dalam menjaga bangunan pengendali aliran sedimen dimana masyarakat juga akan mendapat keuntungan. Ada beberapa fasilitas fisik yang dapat berfungsi untuk pengamanan terhadap bencana, namun juga mempunyai manfaat bagi masyarakat, seperti:

- i. Hutan/tanaman sebagai barikade
Tanaman hutan rakyat sepanjang sungai atau kebun di sekitar desa tidak hanya dapat berfungsi menahan banjir lahar atau debris, namun juga mempunyai manfaat lain bagi penduduk.
Lebih jauh seandainya masyarakat memilih suatu jenis tanaman yang hasilnya baik dan ternyata dapat menjadi andalan daerah seperti kebun salak di lereng Gunung Merapi, maka organisasi dapat membantu menyediakan bibit untuk ditanam masyarakat.
- ii. Bangunan sabo sebagai sarana pengungsian
Bangunan sabo dapat berupa tanggul atau cekdam. Guna keperluan komunikasi atau jalan pengungsian maka tanggul dapat ditingkatkan fungsinya sebagai jalan, demikian pula cekdam sebagai sarana penyeberangan saat sungai sedang tidak banjir.
- iii. Pemanfaatan material di sungai
Banyak material sungai terutama yang ada di lereng gunungapi sangat baik sebagai bahan bangunan. Pengambilan material yang diatur secara baik disamping memberikan mata pencaharian bagi masyarakat dapat pula meningkatkan fungsi penampungan material untuk mengurangi bencana.
- iv. Pemeliharaan bangunan pengendali
Meskipun ada bangunan yang sudah dilengkapi peralatan canggih, namun untuk menjamin stabilitasnya diperlukan monitoring secara terus menerus. Untuk keperluan ini penduduk setempat dapat diikutsertakan dalam bertanggung jawab. Hal ini dapat memberikan keuntungan langsung bagi masyarakat

v. Manajemen tataguna tanah

Maksud dari tataguna tanah adalah untuk menjamin resiko kerusakan lahan akibat penggunaan yang tidak benar. Hal ini kadang-kadang menjadi krusial bagi masyarakat untuk dapat menyetujui peraturan setempat yang akan melarang pengunaan lahan secara kurang benar untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka. Untuk itu perlu pengaturan kebijakan oleh pemerintah daerah setempat.

