

## Model Starlet, suatu Usulan untuk Mitigasi Bencana Longsor dengan Pendekatan Genetika Wilayah (Studi Kasus: Longsor Citatah, Padalarang, Jawa)

Z. Zakaria

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jln. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363

### Sari

Para ilmuwan, pemerintah, pengusaha, dan masyarakat mempunyai pandangan yang sama terhadap bencana longsor, yaitu perlunya mengurangi kerugian yang timbul dan menghindari korban jiwa. Untuk menghadapi bencana longsor diperlukan pemahaman terhadap suatu daerah, terutama untuk mitigasi (limitasi dan stabilisasi). Untuk menangani lereng-lereng rawan terhadap longsor, diperlukan suatu pendekatan yang terpadu. Stabilisasi dan rancang bangun lereng terpadu (model starlet) merupakan suatu usulan dalam penanganan lereng rawan longsor dengan keterpaduan antara: (1) sistem pemetaan, (2) analisis kestabilan lereng, (3) simulasi rancang bangun lereng stabil, dan (4) arahan manajemen lingkungan yang disertai monitoring lingkungan. Selain hal di atas, diperlukan pula partisipasi para ilmuwan, aparat pemerintah, masyarakat, dan pengusaha dalam menghadapi bencana longsor ini. Longsor Citatah membentuk suatu sistem longsor dengan ukuran terbesar sampai terkecil yang merupakan suatu kesatuan. Longsor di Pasir Pabeasan bagian barat (Pasir Pabeasan - Citatah) merupakan longsor majemuk dengan jenis (*lateral spread*) bentangan lateral (*lateral spread*). Di sekitarnya terdapat longsor lain, yaitu: jatuhan batuan, jungkiran batu, nendatan, luncuran bahan rombakan, dan luncuran tanah. Longsor tersebut memperlihatkan sistem dan dimensi longsor dari terkecil sampai terbesar. Kemiringan lereng (tanah) di atas 22,29° sampai 44,28° patut diwaspadai karena umumnya kritis. Untuk itu diperlukan stabilisasi. Sistem pemetaan wilayah longsor perlu mempertimbangkan genetika wilayah. Peta genetika wilayah akan menampilkan satuan genetika wilayah (SGW) yang sangat mendukung peta zonasi gerakan tanah. Berdasarkan simbol SGW (Satuan Genetika Wilayah), longsor Citatah banyak terdapat di SGW 2331, SGW 2232, lokasi antara SGW 2231 dan SGW 2331, lokasi antara SGW 2232 dan SGW 2331, serta lokasi antara SGW 2233 dan SGW 2331, di sekitar perpotongan dua sesar (Sesar naik Cimandiri dipotong oleh sesar mendatar dekstral).

**Kata kunci:** stabilisasi, rancang bangun lereng, mitigasi, longsor, satuan genetika wilayah, longsor Citatah

### Abstract

*Scientists, governments, employers, and communities have the same view on landslide disasters, that is the need to cut losses and to avoid loss of men. To deal with landslide disasters, an understanding of an area is required, especially for mitigation (limitations and stabilization). To handle the slope-prone to landslides, an integrated approach is needed. A stabilization and integrated design (Starlet model) is a proposal in the handling landslide-prone slopes the integration among: (1) mapping system, (2) slope stability analysis, (3) simulation design of stable slope, and (4) guidance with environmental management along with monitoring. In addition, this also requires the participation of scientists, government officials, communities, and employers in facing these avalanche disasters. Citatah landslides formed a system with the largest to the smallest sizes that is a unity. The landslide in the western part of Pasir Pabeasan (Pasir Pabeasan - Citatah) is a complex one with the type of lateral spread. There are other landslides in the surrounding area, i.e.: rock fall, rock toppling, slump, debris slide, and slide. The*

landslide shows the system and dimensions of landslide from the smallest to the largest one. Slopes in 22.29° to 44.28° should be noted because in general they are critical. They need stabilizations. Landslide area mapping system should consider the genetic region. A terrain genetic map will show areas of terrain genetic unit (TGU) which strongly supports the zoning maps of land movements. Based on terrain genetic unit (TGU), the Citatah landslides are common at symbol TGU 2331, 2232, locations between 2231 and 2331, locations between 2232 and 2331, and locations between 2233 and 2331, around the intersection of two faults (Cimandiri thrust fault cut by dextral strike - slip fault).

**Keywords:** model of stabilization, slope design, mitigation, landslides, terrain genetic unit, Citatah Landslide

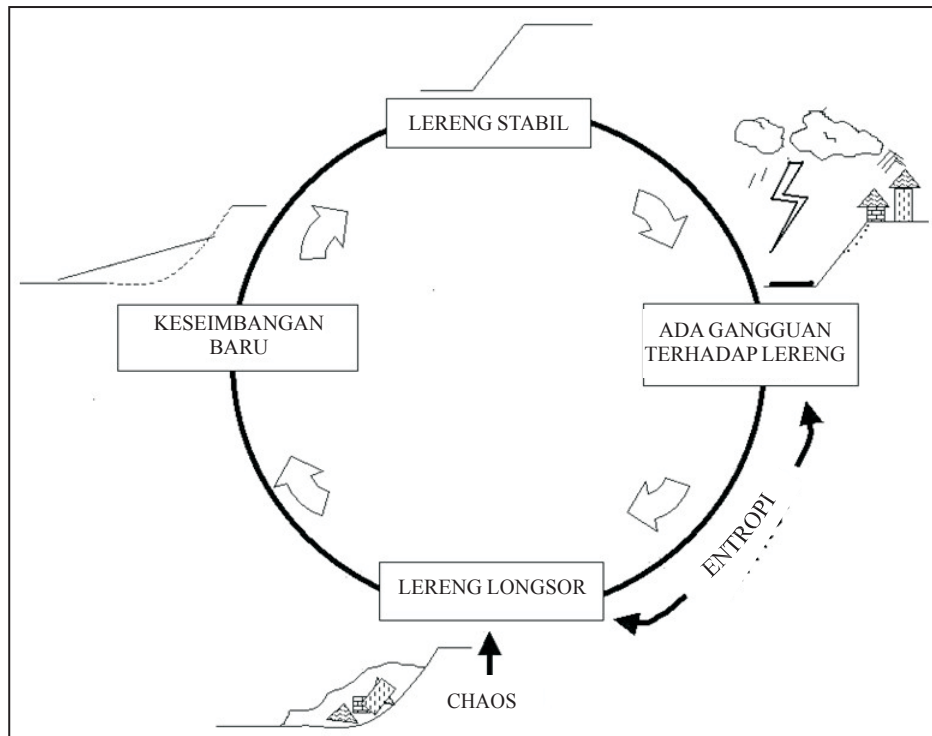
## Pendahuluan

### Latar Belakang

Longsor merupakan suatu proses dalam pencapaian keseimbangan baru pada suatu lereng. Lereng yang tidak longsor atau lereng yang stabil merupakan lereng yang 'seimbang'. Ketika muncul gangguan terhadap keseimbangan lereng (akibat berbagai hal), maka muncul suatu kondisi tidak seimbang. Ketika muncul ketidakseimbangan, lahirlah kondisi ketidakteraturan, namun kondisi ketidakteraturan tersebut adalah suatu upaya untuk mencari keseimbangan baru (Gambar 1).

Kejadian longsor perlu ditangani terutama jika berisiko merugikan secara materil dan menyebabkan korban jiwa. Penanganan diperlukan terutama di wilayah-wilayah produktif, wilayah jalur ekonomi, wilayah pemukiman, atau wilayah yang dilalui infrastruktur. Dalam menghadapi kejadian longsor ini, para ilmuwan, aparat pemerintah, pengusaha, dan masyarakat mempunyai pandangan yang sama, yaitu perlunya mengurangi kerugian yang timbul dan menghindari korban jiwa.

Beberapa konsep penanganan lereng rawan longsor ditawarkan oleh para peneliti, seperti mengubah geometri lereng, mengontrol permukaan air tanah,



Gambar 1. Siklus keseimbangan lereng.

membuat penahan, meningkatkan kekuatan tanah dengan menginjeksi dan kapur (*quicklime*, CaO) pada lempung (Handy dan William, 1967, dalam Hunt, 2007). Cara terakhir merupakan cara stabilisasi tanah. Reaksi kimia antara lempung dengan kapur, yaitu substitusi ion  $\text{Ca}^+$  terhadap  $\text{Na}^+$  akan meningkatkan kekuatan dan daya tahan, serta menurunkan sifat mengembang lempung (Ma'mun dan Suratman, 1990). Pencampuran kapur (CaO) adalah sebagai upaya mengurangi kadar Na pada mineral lempung dengan disubstitusi oleh Ca dari kapur (CaO).

Lereng yang longsor dianalisis kestabilannya dan dibuat rekayasa stabil. Untuk menangani masalah lereng rawan longsor, diperlukan serangkaian cara yang lebih terpadu. Pada beberapa kasus, seperti rekayasa lereng stabil di Km 23 Citatah, penanganan berhenti setelah penanganan stabilisasi lereng tanpa dilakukan monitoring yang berkelanjutan.

Model Starlet (Stabilisasi dan rancang bangun lereng terpadu) merupakan salah satu konsep model dalam penanganan masalah longsor yang tidak berhenti pada stabilisasi lereng saja, melainkan diteruskan dengan arahan manajemen lingkungan yang disertai monitoring lingkungan. Konsep model ini memerlukan data wilayah longsor. Untuk mengenal wilayah longsor, diperlukan analisis genetika wilayah. Satuan Genetika Wilayah (SGW) muncul sebagai penjelasan singkat mengenai wilayah yang bersangkutan, khususnya mengenai geomorfologi, litologi, dan proses tektonik yang terlibat.

### Faktor Penyebab Longsor

Beberapa peneliti mengemukakan faktor penyebab yang beragam, antara lain: kegempaan, iklim (curah hujan), vegetasi, morfologi, batuan/tanah maupun situasi setempat (Anwar dan Kesumadharma, 1991; Hirnawan, 1994), kadar air tanah (*water content*) atau kelembaban tanah (*moisture*), adanya rembesan, dan aktivitas geologi, seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan, dan liniasi.

Pada umumnya, faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri, seperti material tubuh lereng dan sifat fisik - mekaniknya) maupun faktor eksternal (dari luar lereng). Faktor eksternal di antaranya: pelapukan (fisika, kimia, dan biologi), erosi, penurunan tanah (*ground subsidence*), pengendapan (fluviatil, glasial,

dan gerakan tanah), getaran dan aktivitas seismik, jatuhnya tepra, dan perubahan rejim air (Brunsdan, 1993). Pelapukan dan erosi sangat dipengaruhi oleh iklim yang diwakili oleh kehadiran hujan di daerah setempat, curah hujan, kadar air (*water content*; %), dan kejenuhan air (*saturation*; Sr, %). Hujan sering sebagai pemicu karena dapat meningkatkan kadar air tanah yang menyebabkan kondisi fisik/mekanik material tubuh lereng berubah. Kenaikan kadar air akan memperlemah sifat fisik-mekanik tanah dan menurunkan Faktor Keamanan lereng (Hirnawan dan Zakaria, 1991).

Distribusi beban di tubuh lereng dapat berisiko mengakibatkan longsor, misalnya posisi dan letak tanaman keras, penambahan beban di puncak lereng dengan bangunan berupa perumahan atau vila. Distribusi beban di dalam tubuh lereng sendiri dapat berubah dengan pemotongan lereng seperti pada pekerjaan *cut dan fill*, jika dilakukan tanpa perencanaan, dapat menyebabkan perubahan keseimbangan tekanan pada lereng.

Faktor internal merupakan gangguan-gangguan internal yang datang dari dalam tubuh lereng sendiri, terutama karena adanya peran air dalam tubuh lereng yang tak lepas dari pengaruh luar, yaitu iklim yang diwakili oleh curah hujan. Jumlah air yang meningkat dicirikan oleh peningkatan kadar air, derajat kejenuhan, atau kenaikan permukaan airtanah. Kenaikan kadar air tanah akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah dan meningkatkan tekanan pori ( $\mu$ ), yang berarti memperkecil ketahanan geser massa lereng. Debit air tanah juga dapat membesar dan erosi di bawah permukaan (*piping* atau *sub-aqueous erosion*) dapat meningkat. Akibatnya lebih banyak fraksi halus (lanau) massa tanah yang dihanyutkan, lebih jauh ketahanan massa tanah akan menurun (Bell, 1984, dalam Hirnawan, 1993).

## Metodologi

### Konsep Starlet

Stabilisasi dan rancang bangun lereng terpadu (Starlet) yang dirumuskan oleh Zakaria (2004) merupakan suatu usulan dalam penanganan lereng rawan longsor yang melibatkan keterpaduan antara (1) sistem pemetaan longsor dan lereng rawan longsor, (2) analisis kestabilan lereng sebagai peringatan

dini maupun untuk stabilisasi, (3) simulasi rancang bangun lereng stabil, dan (4) arahan manajemen lingkungan yang disertai monitoring lingkungan, dengan melibatkan peran para ilmuwan, aparat pemerintah, masyarakat, dan pengusaha dalam menghadapi bencana longsor ini (Zakaria, 2004).

Tahap konsep Starlet meliputi kegiatan studi, rekayasa, pemeliharaan, dan monitoring, yaitu: Tahap studi pemetaan, yang mencakup pemetaan longsor skala kecil dan pemetaan longsor skala besar atau pemetaan orde longsor. Pemetaan longsor skala besar (1 : 10.000) diperlukan untuk mengetahui lokasi-lokasi longsor kecil di daerah rawan longsor. Skala peta dapat disesuaikan dengan keperluan (Tabel 1). Untuk kondisi yang memerlukan kajian detail dengan skala lebih besar lagi, tentunya diperlukan kajian pemetaan detail (berskala 1 : 5.000). Khusus untuk peta dengan skala detail, jenis-jenis longsor (dengan dimensi longsor sampai ukuran terkecil) yang terjadi di daerah yang bersangkutan hendaknya dicantumkan. Dalam pemodelan Starlet, pemetaan merupakan tahap awal kegiatan/pekerjaan rancang bangun.

Tahap studi analisis kestabilan lereng merupakan langkah awal yang dilakukan sejalan dengan pemetaan lereng rawan longsor maupun pemetaan longsor. Pemetaan lereng rawan longsor diperlukan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang memiliki kestabilan lereng dengan faktor keamanan lereng ( $F$ , *factor of safety*) yang kurang dari 1,07 (lereng biasa longsor atau longsor sering terjadi atau disebut sebagai daerah labil), maupun lereng dengan faktor keamanan 1,07 hingga 1,25 (lereng rawan longsor, longsor pernah terjadi, daerah kritis). Lereng dengan faktor keamanan lebih dari 1,25 biasanya jarang terjadi longsor, namun dengan adanya berbagai pemicu longsor, kondisi-kondisi faktor keamanan ( $F$ ) di atas dapat berubah. Dalam analisis kestabilan lereng, tercakup pula di dalamnya adalah analisis hubungan antarvariabel material tubuh lereng dan perhitungan faktor keamanan lereng.

Tahap rekayasa rancang bangun lereng stabil terhadap lereng rawan longsor dapat dilakukan melalui simulasi desain lereng stabil (Zakaria, 2000), yaitu dengan menghitung Faktor Keamanan lereng secara berulang kali dari beberapa model yang didesain sesuai dengan keperluan ataupun kondisi setempat. Untuk hal ini diperlukan serangkaian kegiatan sebelum simulasi dilakukan, yaitu: persiapan/studi

pustaka (hasil peneliti terdahulu), survei lapangan, analisis mekanika tanah di laboratorium, editing dan tabulasi data, analisis hasil uji mekanika tanah (termasuk analisis statistik: uji normalitas dan analisis regresi - korelasi), pembuatan model-model lereng, analisis kestabilan lereng atas model yang dirancang berdasarkan kadar air maksimum.

Aplikasi pembuatan undak-undak lereng (terasering) dengan atau tanpa memperlandai sudut lereng merupakan bagian rekayasa yang dilakukan sesuai simulasi lereng stabil. Besar sudut lereng dan lebar teras maupun jumlah teras lereng dapat direncanakan sesuai simulasi lereng stabil pada tahap sebelumnya. Hasil rancangan dengan nilai Faktor Keamanan yang stabil dari hasil simulasi, dapat dihimpun untuk dipilih dan dianalisis lebih lanjut. Pada simulasi lereng stabil ini sifat fisik-mekanik tanah yang terlibat diambil pada kondisi-kondisi terlemah, misalnya pada kadar air tanah maksimum, sehinggaantisipasi lereng rawan longsor diharapkan optimal. Faktor Keamanan  $F > 1,25$  dihimpun (Gambar 2), misalnya Faktor Keamanan dengan nilai sekitar 2 dapat dipilih sebagai nilai yang aman.

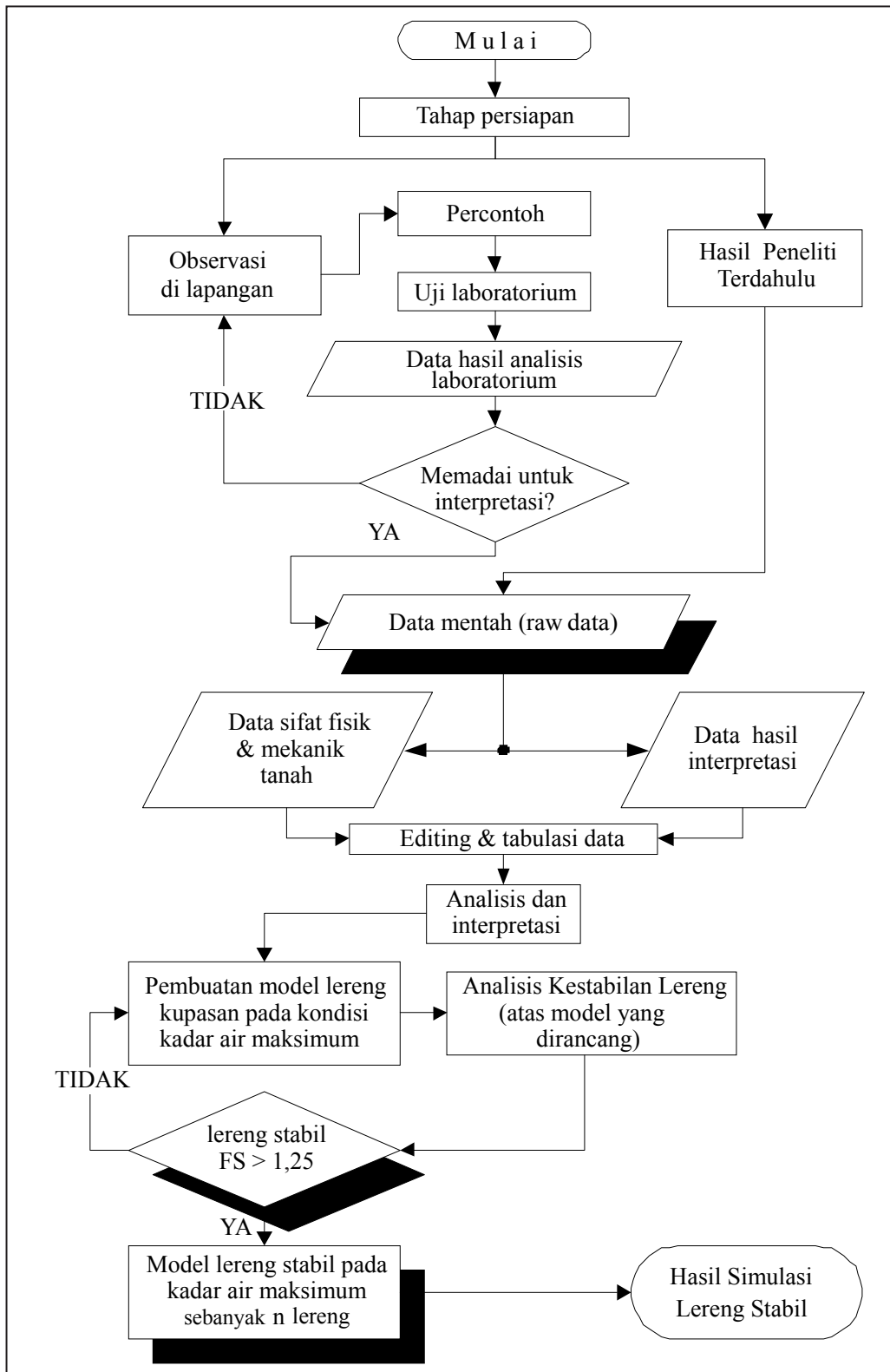
Tahap terakhir adalah pemeliharaan lingkungan lereng rekayasa yang dimulai dengan arahan manajemen lingkungan dan arahan monitoring lingkungan. Hal tersebut perlu dilakukan agar lereng rekayasa berumur panjang dan terhindar dari kerusakan-kerusakan yang akan menjadikan pemicu longsor baru. Pengelolaan dan pemantauan lingkungan sangat diperlukan untuk daerah-daerah prioritas berisiko bencana, terutama untuk daerah wisata andalan, daerah dengan pengembangan fisik wilayah yang pesat, dan daerah dengan penduduk yang cepat berkembang (padat penduduk).

Manajemen lingkungan dan monitoring lingkungan dilakukan sebagai antisipasi untuk menanggulangi kemungkinan terjadinya dampak lingkungan negatif, yaitu dengan cara memperkecil dampak negatif (memperkecil faktor kendala) dan memperbesar dampak positif (memperbesar faktor pendukung). Dengan demikian, manajemen lingkungan diarahkan sebagai upaya mengurangi dampak negatif yang diperkirakan akan timbul dan harus dikelola, sekaligus memperbesar dampak positif yang bisa dikelola.

Monitoring lingkungan diarahkan untuk memantau secara berkala kondisi-kondisi yang mengarah kepada timbulnya dampak, sekaligus sebagai informasi bagi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Tabel 1. Jenis Peta Geologi Teknik (modifikasi dari Dearman, 1991) yang dapat dianalogikan untuk Peta Longsor Sesuai Kondisi dan Keperluan

No.	Tipe Peta	Skala	Keterangan
1	<i>Engineering Type</i>	1 : 5.000	Informasi yang didapat sangat detail. Jenis peta ini identik dengan Peta Singkapan Detail berskala besar yang memuat sifat fisik - mekanik material, derajat pelapukan, konsistensi dan lain-lain. Longsor kecil sampai longsor terkecil yang biasanya masih aktif dapat dipetakan, biasanya terdapat sepanjang sungai, tebing maupun lereng sekitar jalan. Jenis dan arah longsor, retakan dan kemiringan bangunan maupun jalan, dapat dibedakan dan dicantumkan. Pemetaan dilakukan melalui survei lapangan.
2	<i>Lithological Type</i>	1 : 5.000 sampai dengan 1 : 10.000	Peta detail memuat geologi detail yang menonjol. Batas pengujian <i>insitu</i> seperti uji geofisik, pemboran dan pemercontohan lainnya termasuk uji laboratorium secara sistematis dapat dicantumkan. Longsor kecil sampai sedang dapat dimuat dalam peta ini. Pemetaan melalui survei lapangan.
3	<i>Engineering Formation</i>	1 : 10.000 sampai dengan 1 : 200.000	Memuat daerah pemetaan dengan analisis fasies. Satuan peta dicirikan dengan penyelidikan petrografi, geofisik, pemboran, pemercontohan dan sifat indeks. Metode pemetaan dapat melalui <i>remote sensing</i> (foto udara maupun citra satelit). Longsor yang dipetakan berdimensi sedang sampai besar ( <i>gigantic landslide</i> ). <i>Trend</i> arah longsor dapat ditelusuri terutama longsor lama (fosil longsor menurut Zaruba dan Menel, 1979). Untuk bencana longsor yang luas penyebarannya pemetaan dapat memanfaatkan <i>remote sensing</i> (foto udara maupun citra satelit).
4	<i>Engineering Groups</i>	lebih kecil dari 1:200.000	Pemetaan dapat melalui citra satelit untuk memetakan wilayah longsor yang lebih luas penyebarannya. Hanya indikasi longsor-longsor terbesar ( <i>gigantic landslide</i> ) terutama sekitar gunung api yang dapat jelas terlihat (dibedakan).



Gambar 2. Diagram alir simulasi lereng stabil.

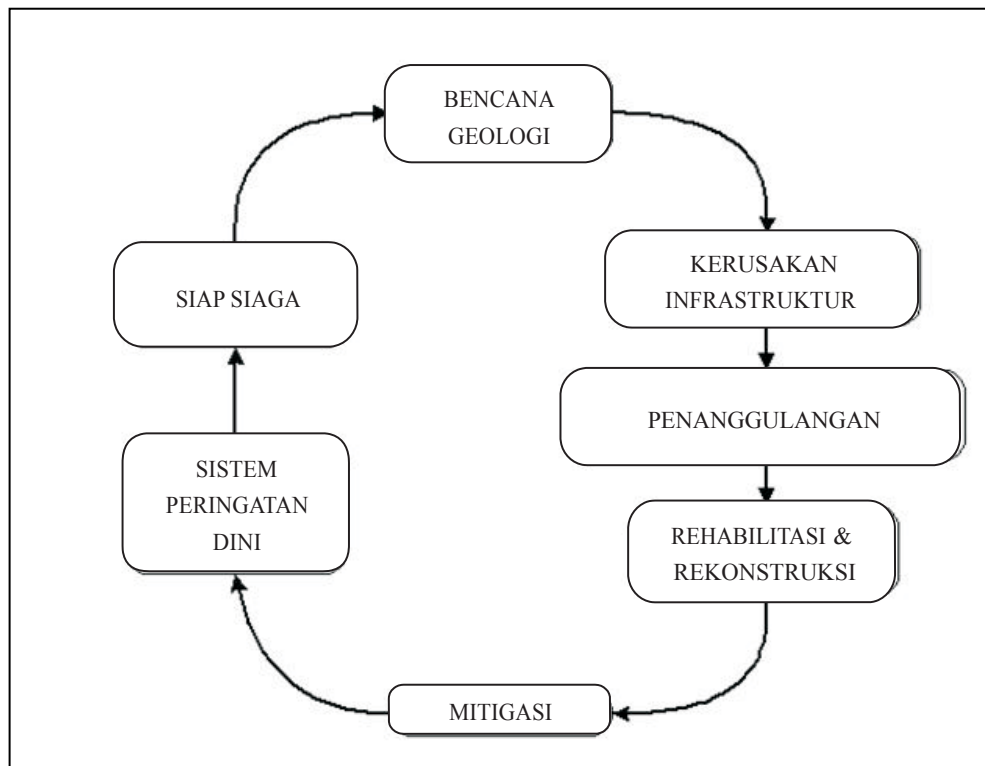
Manajemen dan monitoring lingkungan dapat diarahkan pada semua kegiatan pembuatan infrastruktur lereng rekayasa, baik pada saat prakonstruksi, saat konstruksi, maupun saat pascakonstruksi. Dengan melibatkan studi lingkungan, diharapkan infrastruktur yang telah dibangun dapat dimonitor. Hal ini diperlukan. Jika terjadi kerusakan sekecil apapun pada infrastruktur, kerusakan dapat segera ditangani.

Ilmuwan, aparat pemerintah, masyarakat, dan pengusaha diperlukan sebagai agen dalam mitigasi sesuai dengan perannya masing-masing. Diharapkan mereka dapat bekerja sama. Mitigasi longsor diperlukan untuk memperkecil kerusakan maupun kerugian yang timbul akibat bencana longsor. Secara umum, penanganannya dilakukan melalui siklus: Mitigasi Longsor - Sistem Peringatan Dini - Kesiapsiagaan - Bencana Longsor - Penanggulangan - Rehabilitasi dan konstruksi - kembali ke Mitigasi (Gambar 3).

Untuk menghadapi bencana longsor diperlukan pemahaman terhadap suatu daerah terutama dalam pelaksanaan mitigasi, sebagai upaya mengurangi maupun menghilangkan dampak akibat bencana longsor tersebut. Termasuk dalam mitigasi adalah

limitasi dan/atau stabilisasi. Limitasi dilakukan, jika tingkat kemungkinan longsor cukup tinggi dan perlu dihindari. Sementara stabilisasi dilakukan untuk mengurangi faktor-faktor kendala terhadap keruntuhan lereng, sekaligus meningkatkan faktor-faktor pendukung agar lereng tidak mudah runtuh. Pada pekerjaan stabilisasi dan rancang bangun lereng terpadu, seluruh tahap pekerjaan yang dilaksanakan adalah bagian dari mitigasi.

Peran aktif masyarakat maupun kesiapsiagaan aparat pemerintah tentu memerlukan masukan informasi dari para ilmuwan/ahli geologi teknik atau geologi lingkungan. Informasi ilmuwan diperlukan juga untuk para pengusaha di daerah zona longsor ataupun di areal wisata, sehingga kasus longsor dan banjir bandang seperti yang terjadi di daerah wisata Pacet, Jawa Timur, 11 Desember 2002 (Kompas Cyber Media, 12 Desember 2002; <http://www.kompas.com>) tidak terulang lagi. Masyarakat, aparat pemerintah, dan pengusaha perlu mendapatkan pengetahuan praktis yang memadai agar mengenal kondisi daerahnya dilihat dari aspek geologinya (Zakaria, 2003).



Gambar 3. Siklus mitigasi bencana longsor.

Pengetahuan praktis tersebut sangat diperlukan, sehingga kesiapsiagaan dapat ditingkatkan. Jika bencana longsor terjadi, penanggulangan diperlukan segera untuk memperbaiki dan memperkuat infrastruktur (lereng, bangunan, jalan, dll.), sekaligus mengurangi faktor-faktor kendala terhadap keruntuhan lereng dan meningkatkan faktor-faktor pendukung agar lereng tidak mudah runtuh. Setelah penanggulangan, dilakukan rehabilitasi agar infrastruktur, sarana, dan prasarana yang rusak dapat kembali berfungsi antara lain melalui kontruksi dan pembangunan fisik di wilayah yang bersangkutan.

Para ilmuwan dapat memberikan rekomendasi kepada pemerintah pusat maupun daerah agar dapat membuat suatu peraturan terhadap pemanfaatan lahan yang rawan longsor. Ilmuwan dan aparat pemerintah dapat pula bersama-sama memberikan penyuluhan kepada masyarakat maupun pengusaha. Pengusaha dan masyarakat dapat memanfaatkan hasil rekomendasi maupun hasil penyuluhan tersebut untuk berbagai keperluan. Pemanfaatan lahan miring dapat dilakukan secara optimal dengan tidak melupakan peraturan pemerintah. Dengan demikian, masyarakat, pengusaha, dan aparat pemerintah dapat mengenal wilayahnya, sehingga jika terjadi bencana longsor maka kerugian yang timbul kelak bisa diperkecil.

Peningkatan kemampuan aparat pemerintah dan kemampuan masyarakat untuk membaca perubahan gejala alam perlu dibantu oleh para ilmuwan (ahli geologi, misalnya), sehingga kemungkinan datangnya bencana di daerah masing-masing dapat dibaca. Dengan memperkirakan kemungkinan-kemungkinan terjadinya longsor, maka para pemangku - kepentingan dapat ikut berperan dalam membangun infrastruktur yang kuat dan aman.

Peran masyarakat dan aparat pemerintahan setempat sangat diperlukan, terutama dalam pemantauan gejala-gejala longsor. Hal-hal mengenai longsor dan gejala-gejala indikasi longsor secara umum dapat disampaikan kepada masyarakat melalui penyuluhan atau kegiatan lain (seminar, pembagian brosur, dll.), atau melalui metode PRA (*Participation Rural Appraisal*) langsung kepada masyarakat. Tugas pemantauan oleh aparat pemerintah akan optimal dengan dibantu oleh masyarakat setempat.

### Satuan Genetika Wilayah

Setiap wilayah memiliki karakter masing-masing bergantung pada sejarah geologi pem-

bentukannya. Dalam penentuan Satuan Genetika Wilayah (SGW), terlibat tiga faktor, yaitu litologi (jenis batuan), pola deformasi akibat kerja tektonik setempat dalam kaitannya dengan tektonik regional, dan morfologi yang terbentuk sebagai hasil proses akhir. Dari tiga faktor tersebut, dapat dikenali sekitar 72 jenis SGW (Tabel 2) yang masih bisa ditambah sesuai dengan kondisi batuan di daerah masing-masing (Hirnawan, 2004).

Karakteristik fisik-mekanik setiap massa batuan/tanah terbentuk sebagai sifat bawaan (genesis). Dalam proses pembentukan suatu morfologi perbukitan termasuk lereng-lerengnya, massa batuan/tanah menentukan ukuran geometris morfologi lereng yang dibentuknya, bisa curam atau landai.

Massa batuan yang kuat dan resisten terhadap pelapukan, yakni bernilai parameter ketahanan yang tinggi mampu membentuk profil lereng yang curam dan panjang, sebaliknya massa batuan/tanah yang berketahanan rendah hanya mampu membentuk lereng yang landai dan pendek-pendek.

### Geologi Citatah


Berdasarkan peta geologi (Gambar 4), batuan di wilayah longsor Citatah pada umumnya terdiri atas batuan sedimen yang sudah terkena tektonik kuat, dicirikan dengan adanya sesar naik dan sesar mendatar dekstral memotong sesar naik. Karena jenisnya sedimen, dalam SGW batuan diberi simbol angka 2. Satuan batuannya terdiri atas tuf dan breksi umur Kuartar (Hasil Gunungapi Tua) diberi simbol angka 1, batugamping umur Oligosen (Formasi Rajamandala) diberi simbol angka 2, dan batulempung (Formasi Batuasih) diberi simbol angka 3 (Tabel 3). Dari aspek morfologi (Gambar 5), bentangalam dibagi menjadi tiga satuan, yaitu: 1) Satuan geomorfologi landai - sangat landai, 2) Satuan geomorfologi perbukitan agak curam, dan 3) Satuan geomorfologi perbukitan curam sampai dengan sangat curam. Satuan genetika wilayah (SGW) yang terbentuk di daerah Citatah dan sekitarnya terdiri atas: 2131 (perbukitan landai - sangat landai tuf dan breksi tertektonik kuat), 2132 (perbukitan agak curam tuf dan breksi tertektonik kuat), 2231 (perbukitan landai - sangat landai batugamping tertektonik kuat), 2232 (perbukitan agak curam batugamping tertektonik kuat), 2233 (perbukitan curam - sangat curam batugamping tertektonik kuat), 2331 (perbukitan landai-sangat landai batulempung tertektonik kuat), 2332



Tabel 2. Kategori Jenis-jenis Satuan Genetika Wilayah, SGW (Hirnawan, 1984)

Jenis Batuan	Intensitas Tektonik			Kategori Bentang Alam			
	Lemah (1)	Sedang (2)	Kuat (3)	Pedataran (1)	Perbukitan (2)	Pegunungan (3)	
Batuan Beku (1)	Asam (1)	111	112	113	1111	1112	1113
					1121	1122	1123
					1131	1132	1133
	Menengah (2)	121	122	123	1211	1212	1213
					1221	1222	1223
					1231	1232	1233
	Basa (3)	131	132	133	1311	1312	1313
					1321	1322	1323
					1331	1332	1333
Batuan Sedimen (2)	Klastika halus (1)	211	212	213	2111	2112	2113
					2121	2122	2123
					2131	2132	2133
	Klastika kasar (2)	221	222	223	2211	2212	2213
					2221	2222	2223
					2231	2232	2233
	Karbonat (3)	231	232	233	2311	2312	2313
					2321	2322	2323
					2331	2332	2333
Batuan metamorf (3)	Masif (1)	311	312	313	3111	3112	3113
					3121	3122	3123
					3131	3132	3133
	Foliasi (2)	321	322	323	3211	3212	3213
					3221	3222	3223
					3231	3232	3233

Keterangan :

 Pegunungan klastika halus, jarang ditemukan

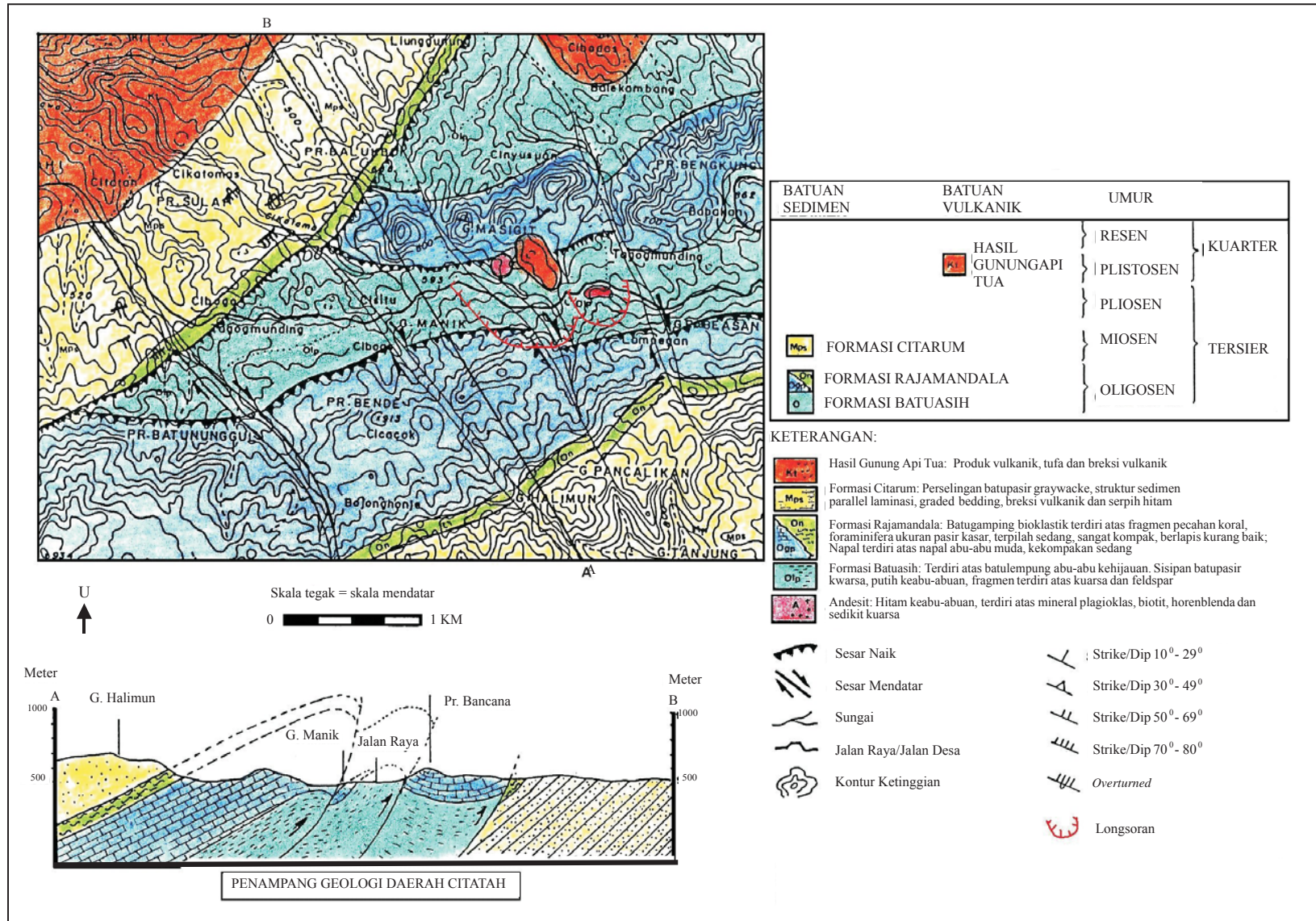
Tabel di atas ini masih bisa ditambah (dimodifikasi) sesuai dengan kondisi batuan di daerah masing-masing (Hirnawan, 2004), namun sesuai dengan penomoran: Digit-1 dan digit-2 untuk jenis batuan; digit-3 untuk tektonik; dan digit 4 untuk bentang alam.

Contoh nomor digit:

2131: SGW Pedataran batuan sedimen klastika halus intensitas tektonik kuat

2212: SGW Perbukitan batuan sedimen klastika kasar intensitas tektonik lemah

2323: SGW Pegunungan batuan sedimen karbonatan intensitas tektonik sedang

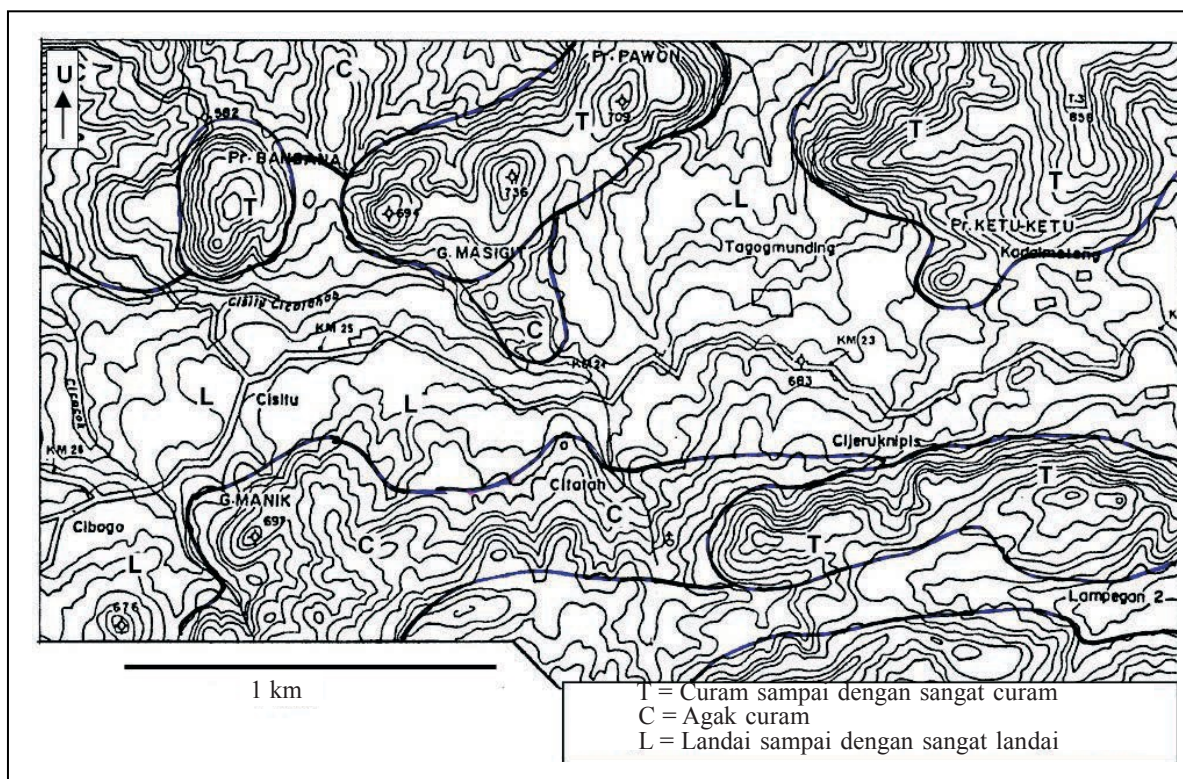


Gambar 4. Peta geologi wilayah Citatah (kompilasi/modifikasi dari Sudjatmiko, 1972; Koesoemadinata dan Siregar, 1984; Stady, 1995).

Tabel 3. Kategori Jenis-jenis SGW untuk Identifikasi di Wilayah Longsor Citatah (modifikasi dari Tabel SGW, Hirnawan 1984; Hirnawan, 2004)

Jenis Batuan	Intensitas Tektonik			Kategori Bentang Alam			
	Lemah (1)	Sedang (2)	Kuat (3)	Perbukitan Landai - Sangat landai (1)	Perbukitan Agak Curam (2)	Perbukitan Curam - Sangat Curam (3)	
Batuan Sedimen (2)	Tuf dan breksi (1)	211	212	213	2111	2112	2113
					2121	2122	2123
					2131	2132	2133
Batugamping (2)	221	222	223	2211	2212	2213	
				2221	2222	2223	
				2231	2232	2233	
Batulempung (3)	231	232	233	2311	2312	2313	
				2321	2322	2323	
				2331	2332	2333	

Keterangan:  Satuan Genetika Wilayah yang terdapat di daerah Citatah dan sekitarnya.



Gambar 5. Peta morfologi wilayah Citatah.

(perbukitan agak curam batulempung tertektonik kuat) (Gambar 6).

**Hasil dan Analisis**

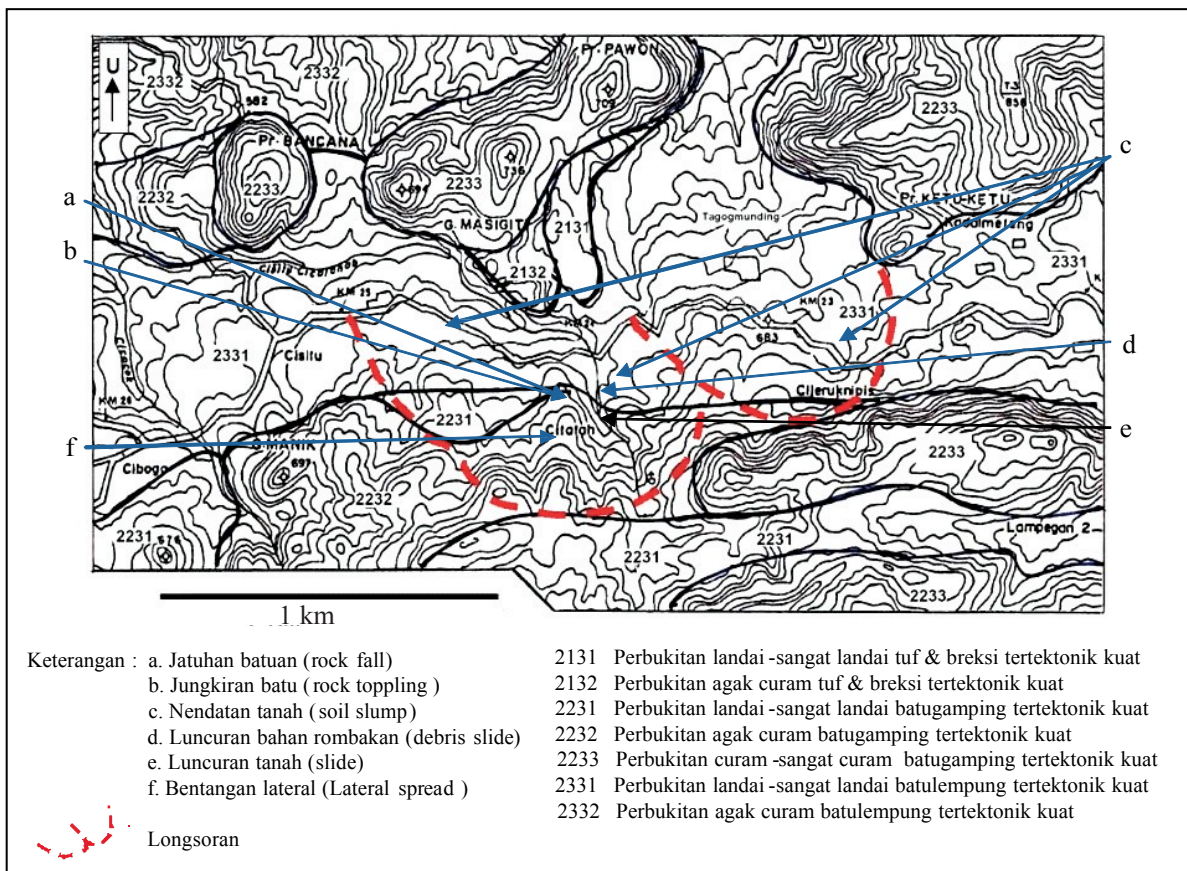
**Longsor Citatah**

Berdasarkan simbol SGW (Satuan Genetika Wilayah), longsor Citatah banyak terdapat di SGW 2331 (perbukitan landai - sangat landai batulempung tertektonik kuat), SGW 2232 (perbukitan agak curam batugamping tertektonik kuat), lokasi antara SGW 2231 dan SGW 2331 (antara perbukitan landai - sangat landai batugamping tertektonik kuat dan perbukitan landai-sangat landai batulempung tertektonik kuat), lokasi antara SGW 2233 dan SGW 2331 (perbukitan curam - sangat curam batugamping tertektonik kuat dan perbukitan landai-sangat landai batulempung tertektonik kuat), serta lokasi antara SGW 2232 dan SGW 2331 (perbukitan agak

curam batugamping tertektonik kuat dan perbukitan landai-sangat landai batulempung tertektonik kuat), sekitar perpotongan dua sesar (Sesar naik Cimandiri dipotong oleh sesar dekstral) (Gambar 4 dan 6).

Longsor Citatah terdiri atas berbagai jenis dan dimensi. Beberapa jenis longsor dapat dipetakan dengan melihat morfologi longsor yang tersingkap di lapangan, dan sebagian lagi dengan analisis topografi dan foto udara. Morfologi longsor ( $M_L$ ) dipengaruhi oleh proses eksogen ( $p_x$ ) dan endogen ( $p_n$ ), jenis material ( $m$ ) berupa tanah/batu dan selang waktu ( $t$ ) proses longsor tersebut berlangsung. Hal ini dapat dirumuskan sebagai:  $M_L = f(p_n, p_x, m, t)$ , yaitu morfologi longsor merupakan fungsi dari proses endogen - eksogen, material, dan waktu (Zakaria, 2000). Dengan rumusan tadi, akan terdapat banyak unit morfologi longsor bergantung pada proses, material, dan waktu.

Kondisi morfologi longsor yang terbentuk di lapangan memperlihatkan beberapa karakteristik



Gambar 6. Peta satuan genetika wilayah Citatah dan wilayah longsor (garis putus-putus).

bidang permukaan yang bermacam-macam, yang dapat membedakan berbagai jenis longsoran dalam suatu sistem longsoran (Keefer dan Johnson, 1983; Dikau dr., 1997). Hubungan antar jenis longsoran dalam wilayah longsoran dapat dilihat dari bentuk morfologinya, terutama longsoran majemuk (kompleks) seperti longsoran jenis bentangan lateral (*lateral spread*). Dalam longsoran majemuk terdapat jenis longsoran lain yang termasuk longsoran kecil dan longsoran sangat kecil, seperti:

- Jatuhan Batuan (*Rock Fall*): berupa jatuhan batugamping yang terdapat di selatan jalan raya. Bukit-bukit batugamping banyak ditambang dengan cara *blasting*, sehingga bongkah bukit di bagian yang lebih tinggi dilongsorkan ke bawah. Selain itu, terdapat pula longsoran alami yang terjadi pada sisa penambangan batugamping yang tegak lurus, sehingga batuan di bagian atas jatuh mengikuti gravitasi.
- Jungkiran Batu (*Rock Toppling*): jungkiran batugamping terdapat di bagian puncak Pasir Pabeasan bagian barat. Diperkirakan pengaruh sesar naik sinistral (mengiri) cukup dominan dengan arah barat daya - timur laut. Dari pengamatan terhadap bidang lapisan, terjadi jungkiran batuan dari sebelah timur ke arah barat. Sesar mendatar dekstral dengan arah jurus utara-selatan (U180°T) memberikan kontribusi terhadap jenis longsoran ini, batuan cenderung merebah ke arah barat laut atau ke U305°T.
- Nendatan Tanah (*Soil Slump*): terdapat di pinggir Sungai Citalahab atau di bagian lembah barat Pasir Pabeasan (KM 24). Pohon-pohon tumbuh miring tidak beraturan, tanah menangga, bergelombang, dan efek nendatan terjadi pada dinding bangunan Kantor Kelurahan yang retak-retak. Nendatan terjadi pula di bawah lembah KM 23. Pohon-pohon tumbuh miring tak beraturan, bentuk lembah agak bergelombang atau menangga, rumah retak-retak dengan arah umum barat laut - tenggara, sebagian rumah miring sebesar 86° ke arah U62°T berlawanan dengan kemiringan lembah. Hal ini menandakan gerak rotasional.
- Luncuran Bahan Rombakan (*Debris Slide*): tersingkap di Sungai Citalahab; dimulai

dari lawina (*avalanche*) bahan rombakan (batulempung menyerpih dan pasiran) pada dinding sungai yang mirip *sand-run* (larian pasir). Lawina diindikasikan sebagai longsoran terkecil berdimensi kecil. Tersingkap sedikit material lempung dan lempung yang sudah menyerpih di dinding timur dengan perlapisan berarah U340°T/60° di bagian utara dan U240°T/20° di selatan. Di sebelah runtuhannya terdapat dinding sungai lain yang runtuh, terbentuk luncuran bahan rombakan yang terdiri atas serpih dan kerakal-kerikil serta sebagian bongkah-bongkah batupasir.

- Luncuran Tanah (*slide*, longsoran gelinciran translasional). tersingkap di dinding barat Sungai Citalahab di kaki Pasir Pabeasan. Singkapan terlihat dari atas Pasir Pabeasan. Luncuran tanah dimulai dengan retakan memanjang di dinding tanah sekitar Sungai Citalahab, kemudian retakan membentuk longsoran jenis luncuran tanah. Tanah yang longsor berwarna coklat kemerah-merahan, merupakan lapukan residu batugamping. Longsoran jenis luncuran tanah mempunyai dimensi panjang sekitar 20 m dan tinggi 14 m.
- Gerak Horizontal/Bentangan Lateral (*Lateral Spread*). Material yang terlibat sangat dipengaruhi oleh kondisi material di bawahnya. Di daerah Pasir Pabeasan - Citatah, batuan yang berada di posisi atas adalah batugamping, sedangkan yang berada di bawah adalah batulempung. Kondisi sifat fisik dan mekanik kedua material ini sangat berbeda. Batulempung sangat mudah mengalami pelapukan dibanding batugamping karena tanah lapukan batulempung relatif sangat lunak, mudah hancur, terutama bila terkena proses eksogen (akibat dekomposisi kimia - biologi dan desintegrasi fisika). Dengan kondisi seperti tersebut, terdapat kecenderungan bahwa batuan lunak-plastis (*ductile*) posisinya berada di bawah batuan keras dan getas (*brittle*). Melalui teori fundasi, yakni penambahan beban vertikal pada tanah dapat mengakibatkan pembungkungan (*bulging*) dan penggeseran bila kapasitas tanah terlampaui (Bandono dr., 1998), dalam hal ini batugamping dapat berperan sebagai beban

dan batulempung berperan sebagai tanah tempat fundasi diletakkan. Di Pasir Pabeasan sendiri, pembungkungan dan penggeseran tidak begitu jelas terlihat, namun salah satu indikasinya terlihat dari adanya gundukan batugamping di salah satu bagian lereng. Ciri lainnya dari gerak lateral ini adalah pada umumnya biasa berasosiasi dengan jungkiran, jatuhnya batuan, nendatan, dan luncuran, sehingga termasuk kategori *complex landslide* atau longsor majemuk (Pastuto dan Soldati, 1997). Prosesnya berupa rayapan bongkah-bongkah di atas batuan lunak (Radbruch - Hall, 1978, dalam Pastuto dan Soldati, 1997).

Longsor majemuk berupa bentangan lateral diduga terjadi di sekitar Pasir Pabeasan bagian barat, dengan indikasi: a) terjadi longsor jenis jatuhnya (*fall*) dan jungkiran (*topple*); b) berkembangnya kekar-kekar relatif tegak, berkemiringan hampir tegak lurus terutama di bagian tengah dan berkurang kemiringannya di bagian lereng utara - barat laut, dan di bagian selatan-tenggara; dan c) pada beberapa bukit dengan kekar-kekar yang berkembang, terdapat rekahan akibat tegangan (*tension crack*) di beberapa tempat.

Asosiasi bentangan bukit tersebut dengan longsor lainnya terjadi pula di sekitarnya (di bawahnya), yaitu: nendatan (*slump*) di barat laut - utara, rayapan (*creep*) di barat daya, luncuran (*slide*) di kaki bukit dan lembah Sungai Citalahab (Gambar 6).

Longsor Citatah membentuk suatu sistem longsor dengan ukuran terbesar sampai terkecil yang merupakan suatu kesatuan. Dalam suatu wilayah zona longsor yang besar, terdapat longsor-longsor yang lebih kecil dimensinya. Longsor Citatah memperlihatkan sistem dan dimensi longsor dari terkecil sampai terbesar.

### Perhitungan Faktor Keamanan

Tanah memperlihatkan jenis yang tidak homogen (Tabel 4), namun dari uji statistik, hubungan variabel kadar air tanah dengan bobot satuan isi tanah basah maupun kering memperlihatkan bahwa peningkatan kadar air tanah menurunkan bobot satuan isi tanah, sebagai berikut:

$$\gamma_{\text{wet}} = 22,2983 - 0,1258 \omega \quad (R=-0,9627; n=10)$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 19,9548 - 0,1881 \omega \quad (R=-0,9926; n=10).$$

Hubungan antara kadar air dengan kohesi maupun sudut geser dalam, tidak memperlihatkan signifikansi, namun pada umumnya dalam studi mekanika tanah, peningkatan kadar air tanah dapat menurunkan kohesi dan sudut geser dalam (Hirawan dan Zakaria, 1991).

Dalam analisis lereng diperlukan simulasi berdasarkan: 1) kadar air (*water content*) tertinggi; dan 2) sudut geser dalam dan kohesi terkecil. Dengan kondisi ini, lereng faktor keamanan lereng akan dihitung. Dari hasil simulasi didapatkan nilai Faktor Keamanan dengan berbagai posisi kemiringan seperti pada Tabel 5.

Hubungan kemiringan lereng ( $\alpha$ , dalam derajat) dengan Faktor Keamanan (F) dibuat regresinya dan didapatkan hubungan regresi (regresi power) sebagai berikut:  $\alpha = 55.56 F^{-3.353}$ , sehingga didapat nilai batas-batas stabilisasi lereng yang dihubungkan dengan kemiringan lereng (Tabel 6)

Berdasarkan hasil hitungan dalam tabel di atas, maka daerah-daerah dengan material tanah (bukan batuan) berkemiringan 26,29° sampai 44,28° patut diwaspadai, karena umumnya kelongsoran dapat terjadi (kritis). Untuk mendapatkan lereng yang stabil diharapkan kemiringan lereng lebih rendah dari 26,29°.

### Arahan Rencana Manajemen Lingkungan

Arahan Rencana Manajemen Lingkungan diperlukan sebagai bahan pertimbangan bagi pembuatan rancangan terperinci rekayasa dan dasar pelaksanaan kegiatan pengelolaan lingkungan. Tujuannya adalah mencegah, menanggulangi, meminimumkan atau mengendalikan dampak negatif, baik yang timbul saat kegiatan konstruksi maupun setelah kegiatan konstruksi. Juga untuk meningkatkan dampak positif, sehingga dampak tersebut dapat memberikan manfaat yang lebih besar, baik dalam pembuatan jalan atau bangunan maupun bagi pihak lain dalam pengembangan fisik/wilayah.

Sumber dampak berupa perubahan geometri lereng akibat penambangan, pemangkasan maupun timbunan, dan kondisi lereng yang curam. Berdasarkan perhitungan (Tabel 5 dan 6), lereng dengan kemiringan di atas 26,29° sampai 44,28° patut diwaspadai karena umumnya lereng kritis. Sumber

Tabel 4. Hasil uji Mekanika Tanah untuk Perhitungan Faktor Keamanan

No.	Kedalaman (m)	Kadar Air ( $\omega$ ; %)	$\gamma$ -wet KN/M <sup>3</sup>	$\gamma$ -dry KN/M <sup>3</sup>	Kohesi, c KN/M <sup>2</sup>	$\phi$ (derajat)	Klasifikasi Tanah
A-1	1,00 - 1,45	46,660	15,819	10,786	210,843	17,00	OH-MH
	2,00 - 2,45	48,920	16,378	10,998	186,326	14,00	OH-MH
B-1	1,00 - 1,45	33,020	18,506	13,912	171,616	10,00	MH
	2,00 - 2,45	38,270	17,888	12,937	44,30	16,00	MH
T-2	1,00 - 1,45	23,610	19,320	15,630	156,906	10,00	CH
	2,00 - 2,45	25,830	18,771	14,917	63,43	15,00	CH
B-2	1,00 - 1,45	32,540	18,182	13,718	34,23	15,00	CH
	2,00 - 2,45	26,150	18,928	15,004	44,30	14,00	CL
T-1	1,00 - 1,45	22,270	16,044	13,122	9,16	35,00	MH
	2,00 - 2,45	18,670	16,309	13,743	13,729	27,00	MH

Tabel 5. Hasil Simulasi Perhitungan Faktor Keamanan

Variabel	Sudut lereng	Faktor Keamanan		
		MAT (dalam)	MAT (-5M)	MAT (-3M)
$\omega = 48,92\%$	15°	1,535	1,366	1,309
$\gamma_d = 10,7529$ KN/M <sup>3</sup>	30°	1,259	1,194	1,110
$\gamma_w = 16,1442$ KN/M <sup>3</sup>	45°	1,156	1,099	0,946
$\phi = 10^\circ$	60°	1,116	1,051	0,978
$c = 9,3160$ KN/M <sup>2</sup>				

Tabel 6. Hubungan Faktor Keamanan dengan Kemiringan Lereng Tanah

Nilai Faktor Keamanan (F) dan maknanya (Bowles, 1989)	Stabilisasi	Hubungan dengan $\alpha$ (kemiringan lereng)
$F < 1,07$	Longsor sering terjadi	Lereng labil $\alpha > 44,28^\circ$
$1,07 < F < 1,25$	Longsor pernah terjadi	Lereng relatif labil $44,28^\circ < \alpha < 26,29^\circ$
$F > 1,25$	Longsor jarang terjadi	Lereng relatif stabil $\alpha < 26,29^\circ$

dampak lainnya adalah kondisi sifat fisik - mekanik material tanah penyusun lereng, getaran kendaraan, serta curah hujan. Kenaikan curah hujan memberikan efek kenaikan kadar air tanah. Kenaikan kadar air tanah akan menurunkan bobot satuan isi tanah-basah dengan hubungan  $\gamma_{wet} = 22,2983 - 0,1258 \omega$  ( $R=-0,9627$ ;  $n=10$ ) dan menurunkan bobot satuan isi tanah-kering dengan hubungan  $\gamma_{dry} = 19,9548$

-  $0,1881 \omega$  ( $R=-0,9926$ ;  $n=10$ ). Kenaikan kadar air juga akan menurunkan kohesi dan sudut geser dalam yang selanjutnya akan menurunkan Faktor Keamanan lereng.

Dampak yang ditimbulkan berupa penurunan kestabilan lereng. Bobot dampak negatif penting karena dampak yang terjadi dapat menghambat arus lalu-lintas ekonomi, menimbulkan korban

jiwa dan harta, serta menimbulkan dampak ikutan berupa sedimentasi di daerah rendah. Komponen yang terkena dampak adalah: (1) jalan raya sebagai sarana dan prasarana arus perekonomian daerah, (2) pengguna jalan, (3) masyarakat sekitar, baik sekitar jalan sebagai penjaja barang-barang, buah-buahan atau usaha lain, maupun masyarakat di bagian lembah yang mempunyai usaha pertanian atau perkebunan, dan (4) bangunan-bangunan permanen. Tolok ukur dampak adalah (1) adanya longsoran berupa material tanah/batuan pada kaki lereng, (2) retak-retak pada puncak lereng maupun pada lereng hasil rekayasa, (3) permukaan tanah bergelombang, (4) jalan rusak/bergelombang, (5) adanya pembungkungan tanah di kaki lereng sebagai indikasi lereng labil; dan (4) tumbuh-tumbuhan miring tak beraturan.

Upaya manajemen meliputi konservasi lereng (revegetasi dan rancang bangun lereng) dan desain drainase. Cara pengelolaan lingkungan yang akan dilakukan untuk menangani dampak ketidakstabilan lereng meliputi: (1) Konservasi lereng berkemiringan labil dengan rancang bangun lereng stabil, yaitu memperlandai lereng dengan cara membuat undak-undak, (2) Revegetasi sebagai cara untuk mengendalikan air tanah dan air hujan serta untuk penguatan di kaki lereng, (3) Pembuatan drainase dengan cara *lining* sebagai upaya agar air yang mengalir tidak masuk ke tubuh lereng, (4) Menurunkan permukaan air tanah di lereng labil atau di setiap dinding penahan terutama di kaki lereng, (5) Menutup dan memperbaiki retakan-retakan maupun rekahan-rekahan (lubang-lubang) pada lereng yang sudah direkayasa. Dan (6) perlu dihindari adanya kolam-kolam dan persawahan di bagian atas lereng.

Yang perlu diwaspadai pula adalah penempatan bangunan-bangunan permanen di atas lokasi rawan longsor. Penempatan restoran, rumah tinggal, warung, bengkel, dan tempat parkir di lereng atau di tubuh lereng, merupakan salah satu faktor penentu dalam menambah beban lereng. Kondisi ini terlihat di areal Km 23 atau di kaki lereng Pasir Pabeasan. Indikasi lereng sedang bergerak dapat dilihat di sini dengan adanya pepohonan yang tumbuh tak beraturan, dinding bangunan retak-retak, rumah atau bangunan miring ke lembah, jalan raya yang miring ke arah lembah, beberapa segmen jalan yang retak, dan saluran air yang rusak.

### Arahan Rencana Monitoring Lingkungan

Untuk memperkuat program pengelolaan, dilakukan pula monitoring lingkungan. Terhadap hal-hal yang harus dikelola di atas, diperlukan beberapa arahan monitoring lingkungan, seperti tertera di bawah.

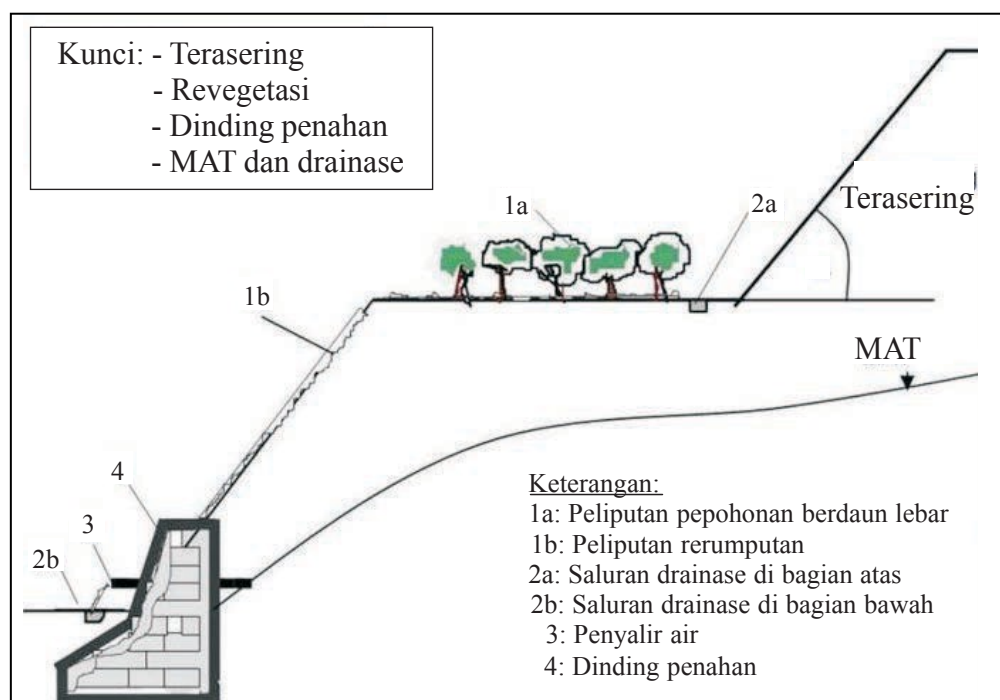
Jenis dampak lingkungan yang dipantau adalah lereng labil ataupun retakan-retakan sekitar jalan, maupun sepanjang tebing jalan dan atau kaki lembah (bagian bawah), atau sekitar lereng hasil rekayasa. Parameter yang perlu dipantau adalah permukaan air tanah, ada atau tidaknya retakan-retakan, pembungkungan tanah dan/atau longsoran-longsoran kecil di puncak maupun di bawah lereng. Tolok ukur pemantauan adalah hasil penilaian Faktor Keamanan Lereng dan rencana rancang bangun lereng stabil yang didasarkan pula pada geometris tubuh lerengnya yang meliputi tinggi lereng, sudut lereng, lebar teras-teras disertai pengelolaannya.

Metode pemantauan dapat dilakukan langsung dengan melihat kondisi di lapangan. Dalam hal ini, waktu atau frekuensi pemantauan perlu diatur. Pemantauan perlu intensif dilakukan pada musim hujan karena diasumsikan bahwa pada musim hujan air tanah akan meningkat dan sifat fisik tanah akan menurun karena kenaikan kadar air dalam tanah. Lokasi pemantauan dilakukan di daerah sekitarnya maupun di lereng yang telah didesain sesuai pemanfaatan tata ruang. Pelaksana pemantauan adalah pihak kontraktor maupun masyarakat sebagai pihak yang diberi tugas dengan pengawasan dari pihak yang berwenang.

Pada gambar sketsa contoh stabilisasi lereng terpadu (Gambar 7), revegetasi yang dilakukan berupa penanaman vegetasi di puncak lereng dengan jenis tanaman ringan, bukan tanaman keras, berdaun lebar. Fungsi tanaman tersebut untuk menahan air hujan sebelum air masuk ke tubuh lereng. Jenis tanaman yang ditanam antara lain: teh-tehan, anak nakal (*Duranto erecta*), dan kajibeling (*Sericocalyx criptus*). Peliputan rerumputan di tubuh lereng dilakukan untuk menahan air hujan yang jatuh ke dalam tubuh lereng.

Drainase di puncak lereng dibuat dengan *lining* (ditembok) agar air tidak masuk secara langsung (dapat ditahan) ke tubuh lereng sehingga lereng tidak jenuh air. Saluran drainase di kaki lereng berfungsi sebagai pengendali air yang dapat muncul dari lubang-lubang penyalir air. Lubang penyalir berfungsi





Gambar 7. Sketsa stabilisasi lereng terpadu.

mengalirkan air dalam tubuh lereng agar kadar air tanah dapat dijaga sehingga derajat kejenuhan dalam tubuh lereng dapat dijaga. Bila permukaan air tanah naik dalam tubuh lereng, dapat dikendalikan antara lain dengan penyalir air. Dinding penahan di kaki lereng berfungsi sebagai penguat lereng bila beban di puncak lereng (yang menambah gaya dorong bagi kelongsoran) masih besar.

#### Pembahasan dan Diskusi

Pengelolaan lereng rawan longsor di Km 23 telah dilakukan oleh pihak berwenang dengan membuat *terasering* (undak-undak), membuat peliputan tubuh lereng dengan semen/beton bertulang, juga dibuat *drainage improvement* di antaranya membuat penyalir air di tubuh lereng dan membuat saluran di kaki lereng. Hal ini dimaksudkan sebagai upaya agar: 1) distribusi beban di tubuh lereng diupayakan tetap stabil karena sebagian beban tubuh lereng dipangkas/dipotong, 2) air hujan tidak masuk ke tubuh lereng, sehingga diharapkan tidak ada atau berkurangnya peningkatan permukaan air tanah di tubuh lereng, 3) berkurangnya kadar air tubuh

lereng akan menyebabkan berkurangnya tekanan pori, dan 4) berkurangnya peningkatan kadar air tanah, sehingga diharapkan tidak terdapat perubahan yang menyolok terhadap sifat fisik-mekanik tanah di dalam tubuh lereng seperti penurunan kohesi dan penurunan sudut geser dalam.

Hal yang terpenting setelah pengelolaan adalah monitoring. Pemantauan lereng hasil rekayasa sebaiknya dilakukan secara berkala. Tanggung jawab pemantauan pada lereng hasil rekayasa perlu ditegaskan sekaligus dengan prosedur pelaporannya, sehingga setiap kerusakan sekecil apa pun dapat diketahui oleh pihak berwenang atau pihak penanggung jawab. Oleh sebab itu, kembali perlu ditegaskan adanya peran bersama antara: a) pihak ilmuwan (ahli geologi, geoteknik, kehutanan, pertanian, dll.), b) pejabat dengan aparat pemerintah/penentu pengambilan kebijakan/tindakan, c) pengusaha yang terlibat di daerah longsor, dan d) masyarakat melalui partisipasi aktif, sehingga beberapa kerusakan yang telah terjadi (Gambar 8, 9, dan 10) dapat segera ditanggulangi, karena kerusakan kecil akan menyebabkan kerusakan besar di hari kemudian. Air yang masuk melalui celah-celah tembok beton akan meningkatkan kadar air tanah, meningkatkan



Gambar 8. Lereng hasil rekayasa (Foto: Zakaria, 2009).



Gambar 9. Lubang pada lereng rekayasa (Foto: Zakaria, 2009).

tekanan pori, dan menurunkan nilai kohesi dan sudut geser dalam, sehingga Faktor Keamanan kembali menurun. Jika nilai  $F$  menurun, kondisi lereng stabil akan menjadi kritis kemudian labil (longsor). Perlu dipertimbangkan juga bahwa penurunan kestabilan lereng dapat dipicu oleh getaran kendaraan yang melaju di sekitar jalan raya provinsi tersebut.

Konsep Starlet tidak berhenti sampai rekayasa, melainkan dilanjutkan dengan manajemen dan monitoring lereng yang sudah direkayasa. Dengan monitoring berkelanjutan akan dapat dikontrol jika terjadi kerusakan kecil pada lereng hasil rekayasa. Kerusakan sekecil apapun harus segera diperbaiki.



Gambar 10. Retakan sepanjang terasering pada lereng rekayasa (Foto: Zakaria, 2009).

Konsep Starlet (Stabilisasi dan Rancang Bangun lereng terpadu) maupun SGW (Satuan Genetika Wilayah) masih perlu didiskusikan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Konsep SGW sendiri telah dikembangkan oleh Hirnawan (2004) dan digunakan untuk analisis potensi dan kendala wilayah pertambangan.

### Kesimpulan dan Saran

Longsoran Citatah membentuk suatu sistem longsoran dengan ukuran terbesar sampai terkecil yang merupakan suatu kesatuan. Longsoran di Pasir Pabeasan bagian barat (Pasir Pabeasan-Citatah) merupakan longsoran majemuk (*complex landslides*) dengan jenis (*lateral spread*). Di sekitarnya terdapat longsoran lain, yaitu: jatuhnya batuan, jungkiran batu, nendatan, luncuran bahan rombakan, dan luncuran tanah. Longsoran tersebut memperlihatkan sistem dan dimensi longsoran dari terkecil sampai terbesar.

Berdasarkan simbol SGW (Satuan Genetika Wilayah), longsoran Citatah banyak terdapat di

SGW 2331, SGW 2232, lokasi antara SGW 2231 dan SGW 2331, lokasi antara SGW 2232 dan SGW 2331, serta lokasi antara SGW 2233 dan SGW 2331, sekitar perpotongan dua sesar (Sesar naik Cimandiri dipotong oleh sesar dekstral).

Berdasarkan hubungan faktor keamanan lereng (F) dan kemiringan lereng ( $\alpha$ ), Nilai  $F < 1,07$  (lereng labil) terdapat pada kemiringan lereng  $\alpha > 44,28^\circ$ ; Nilai  $F 1,07$  sampai dengan  $1,25$  (lereng relatif kritis) terdapat pada kemiringan lereng  $\alpha = 44,28^\circ$  sampai dengan  $26,29^\circ$ ; Nilai  $F > 1,25$  (lereng relatif stabil) terdapat pada kemiringan  $\alpha < 26,29^\circ$ .

Kemiringan lereng (tanah) di atas  $22,29^\circ$  sampai  $44,28^\circ$  patut diwaspadai karena umumnya kelongsoran dapat terjadi (kritis). Untuk lereng kritis (kemiringan  $22,29^\circ$  sampai  $44,28^\circ$ ) diperlukan stabilisasi, diperlukan beberapa rekayasa stabilisasi lereng, dan manajemen lingkungan berupa konservasi lereng, revegetasi, desain drainase, dan pembuatan dinding penahan, yang dilanjutkan dengan pemantauan lingkungan untuk mengantisipasi kerusakan yang lebih besar. Untuk mendapatkan lereng yang stabil diharapkan kemiringan lereng lebih rendah dari  $26,29^\circ$ . Lereng dengan kemiringan lebih dari  $44,28^\circ$  perlu diwaspadai, jika perlu dihindari.

Analisis lingkungan, antara lain manajemen dan monitoring lingkungan sangat diperlukan terutama pada lereng berkemiringan di atas  $26,29^\circ$  atau jika terdapat longsoran terkecil atau indikasi longsoran lainnya sebagai indikasi daerah labil. Pada lereng hasil rekayasa, pengelolaan dan pemantauan harus tetap diperbaharui. Kerusakan yang terjadi pada lereng rekayasa stabil, perlu segera diperbaiki. Lubang-lubang pada lereng rekayasa tersebut, merupakan jalan air hujan untuk masuk ke celah-celahnya. Dengan demikian fungsi stabilisasi lereng tidak optimal, karena gangguan terhadap lereng terjadi dimulai dengan gangguan sifat fisik-mekanik tanah di tubuh lereng akibat peningkatan kadar air tanah oleh curah hujan. Pemantauan terhadap lereng rekayasa perlu dilakukan. Kerusakan kecil akan mengakibatkan kerusakan yang lebih besar lagi.

**Ucapan Terima Kasih**— Disampaikan kepada Ketua Lembaga Penelitian dan pengabdian Masyarakat Universitas Padjadjaran atas kesempatan meneliti daerah longsoran citatah melalui sumber dana Litmud dan DIKS. Ucapan terima kasih di sampaikan pula kepada Prof. Febri Hernawan atas idenya tentang satuan Genetika Wilayah.

#### Acuan

- Anwar, H.Z. dan Kesumadharna, S., 1991. Konstruksi Jalan di Daerah Pegunungan Tropis, *Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia, PIT-IAGI ke-20*, h. 471- 481.
- Bandono, Brahmantyo B., dan Sadisun, I.A., 1998. Kajian teoritis dari beban normal terhadap deformasi batuan yang bersifat plastis - semi plastis. *Prosiding PIT- IAGI ke 27*, h. 36-39.
- Bowles, J.E., 1989. *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 562 h.
- Brunsdan, D., 1993. Mass movement, the research frontier and beyond: a geomorphological approach. *Geomorphology*, 7, h.85-128.
- Dearman, W.R., 1991. *Engineering Geological Mapping*, Butterworth-Heinenmann Ltd., 387 h.
- Dikau, R., Brunsdan, D., Schorrt, L., dan Ibsen, M.L. (editors), 1997. *Landslide Recognition, Identification, Movement and Causes*, John Wiley dan Sons, England, 251 h.
- Hirawan, R.F., 1984. Study of land suitability through identification of engineering characteristics of areas in support of rural and city planning, Indonesia. Dalam: Tan, B.K. dan Rau, J. L. (eds). *Landplan II, Role of geology in Planning and Development of Urban Centers in Southeast Asia*, AGID, Thailand, h. 25-35.
- Hirawan, R.F. dan Zakaria, Z., 1991. Sikap fisik tanah lapukan breksi vulkanik terhadap kadar air sebagai dasar simulasi geometris lereng kupasan stabil di Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Ahli Geologi Indonesia ke-20*, h.553-571.
- Hirawan, R.F., 1993. *Ketanggapan Stabilitas Lereng Perbukitan Rawan Gerakan Tanah Atas Tanaman Keras, Hujan dan Gempa*, UNPAD, 302 h.
- Hirawan, R. F., 1994. Peran faktor-faktor penentu zona berpotensi longsor dalam mandala geologi dan lingkungan fisiknya di Jawa Barat. *Majalah Ilmiah Universitas Padjadjaran*, 2 (12), h. 32-42.
- Hirawan, R.F., 2004. *Potensi dan Kendala Kewilayahan pada Satuan Genetika Wilayah Berpotensi Sumberdaya Mineral*. P3TMB, Badan Diklat ESDM, DESDM, 43 h.
- Hunt, R.E., 2007. *Geologic hazard, a field guide for geotechnical engineer*. CRC Press - Taylor dan Francis Group, 323 h.
- Keefer, D.K. dan Johnson, A.M., 1983. Earth flows: morphology, mobilization and movement, *Geological Survey Professional Paper No.1264*, Washington, 56 h.
- Koesoemadinata, R.P. dan Siregar, S., 1984, Reef Facies Model of The Rajamandala Formation, West Java. *Proceedings IPA (Indonesian Petroleum Association)*, 7 h.
- Kompas Cyber Media, 12 Desember 2002. <http://www.kompas.com>.
- Ma'mun dan Suratman, I., 1990. Stabilisasi lempung Bandung menggunakan kapur dan campuran bahan kimia. *Prosiding Seminar Rekayasa Fondasi dan Settlement*, PAU-Ilmu Rekayasa, ITB, Bandung, 18 h.

- Pasuto, A. dan Soldati, M., 1997. Rock Spreading. Dalam Dikau, R., Brunsten, D., Schorrt, L., dan Ibsen, M.L. (eds), *Landslide Recognition, Identification, Movement and Causes*, John Wiley dan Sons, England, h.122 – 136.
- Stiady, J., 1995. *Geologi dan Geologi Teknik Daerah Citatah dan Sekitarnya, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung, Jawa Barat*. Tugas Akhir, Jurusan Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung, 64 h.
- Sudjatmiko, 1972. *Peta Geologi Bersistem, Lembar Cianjur - Jawa. Skala 1 : 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Zakaria, Z., 2000. Peran Identifikasi Longsoran dalam Studi Pendahuluan Pemodelan Sistem Starlet untuk Mitigasi Bencana Longsor. *Year Book Mitigasi Bencana 1999*, Klp. Mitigasi Bencana, BPPT, h.105 – 123.
- Zakaria, Z., 2003. Implikasi Kebencanaan Geologi terhadap Kerusakan Infrastruktur. *Year Book Mitigasi Bencana 2002*, Kelompok Mitigasi Bencana BPPT, h. 24-42.
- Zakaria, Z., 2004. Stabilisasi dan rancang bangun Lereng Terpadu, Salah Satu Usulan untuk Penanganan Masalah Longsor, *Buku Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia*, Dalam: Naryanto, H.S., Prawiradisastra, S., dan Marwanta, B. (eds.) 203 hal, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan - BPPT dan Hans Seidel Foundation, Jakarta, h. 77-91.
- Zaruba, Q. dan Menel, V., 1979. *Landslide and their control*. Elsevier (Amsterdam). Academic Prague, 205h.