



Rancangan
Standar Nasional Indonesia

TATA CARA
PENIMBUNAN DAN BAHAN URUG UMUM PADA
PEKERJAAN TANAH



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PU
Jl. Pattimura No. 20 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan Telp. 7251580, 7251529 Fac. (021) 7395062

PADANAN

British Standard : Earthworks (BS 6031 - 1981)

Section Two : Cuttings and Embankments,
Grading and Leveling

7. Embankments and General Filling

DAFTAR ISI

	Hal
1. Ruang Lingkup	1
2. Daftar Rujukan	1
3. Pengertian	1
4. Faktor-Faktor Umum yang Mempengaruhi Desain Timbunan	3
5. Karakteristik Kekuatan dan Deformasi dari Fondasi dan Bahan Urug	3
5.1 Bahan	3
5.2 Kecocokan dan Pengujian	
6. Desain Timbunan	6
6.1 Umum	6
6.2 Stabilitas	6
6.3 Deformasi	7
7. Drainasi	8
7.1 Umum	8
7.2 Drainasi Pra-Pekerjaan Tanah	8
7.3 Drainasi Sementara Selama Pelaksanaan	9
7.4 Tindakan Drainasi untuk Meningkatkan dan Memelihara Stabilitas Timbunan atau Urugan Umum	9
7.5 Drainasi Permanen	10
7.6 Pertimbangan Pembangunan	10
8. Kondisi Lapangan yang khusus yang Mempengaruhi Desain Timbunan atau Urugan Umum	10
8.1 Urugan di Air	10
8.2 Timbunan di atas Tanah Lunak	11
8.3 Timbunan di atas Tanah Miring	12
8.4 Timbunan di atas Lahan Bekas Kuari	13
8.5 Timbunan di atas Urugan yang Ada	13
8.6 Timbunan di atas pekerjaan penambangan dan rongga Bawah tanah yang lain	14
9. Kecocokan Bahan untuk Urugan	14
9.1 Bahan yang tidak cocok	14
9.2 Bahan yang cocok	15
9.3 Bahan yang cocok dengan penerapan penanganan Pembangunan khusus	15

LAMPIRAN A : DAFTAR ISTILAH

LAMPIRAN B : TABEL DAN GAMBAR

LAMPIRAN C : DAFTAR NAMA & LEMBAGA

TATA CARA PENIMBUNAN DAN BAHAN URUG UMUM PADA PEKERJAAN TANAH

1. Ruang Lingkup

Standar ini mencakup cara-cara pembuatan timbunan dan urugan umum pada pekerjaan tanah yang meliputi hal-hal yang mempengaruhi seperti desain faktor keamanan, karakteristik dan kekuatan bahan, kecocokan bahan timbunan dan urugan, sistem drainasi serta peninjauan kondisi lapangan tempat pembuatan timbunan dan urugan.

2. Daftar Rujukan

- SNI : *Tata Cara Penggalian pada Pekerjaan Tanah.*
SNI : *Tata Cara Deskripsi Keadaan dan Penyelidikan Lapangan pada Pekerjaan Tanah.*
SNI... (Rancangan) : *Tata Cara Pemeliharaan dan Perlindungan Talud pada Pekerjaan Tanah.*

3. Pengertian

Pengertian yang berkaitan dengan tata cara ini adalah sebagai berikut :

- 1) Anisotrop (*anisotropy*), adalah sifat fisik yang berbeda-beda untuk berbagai arah, misalnya permeabilitas tanah arah horisontal mungkin lebih besar daripada arah vertikal.
- 2) Akifer (*aquifer*), adalah lapisan tanah yang mengandung air dalam jumlah tertentu yang dapat terisi kembali.
- 3) Bahu (*berm*), adalah bidang atau papan datar yang relatif sempit yang disediakan untuk memutus kontinuitas suatu lereng panjang, atau sebagai perangkat untuk menahan material lepas yang menggelinding menuruni lereng.
- 4) Endapan kluvial (*colluvial deposits*), adalah bahan lapuk yang terangkut secara gravitasi, misalnya *scree*, talus dan debris longsor tanah.
- 5) Daerah galian sumbu (*borrow area*), adalah daerah tempat penggalian untuk memperoleh bahan timbun.
- 6) Lubang galian sumbu (*borrow pit*), adalah lubang penggalian untuk mendapatkan bahan timbun.
- 7) Rayapan (*creep*), adalah gerakan dengan kenampakan sangat lambat suatu massa tanah atau batuan. Antara bahan yang diam dan bahan yang bergerak sering terdapat gradasi menerus, tetapi hal ini tidak terjadi dalam kasus rayapan yang akan terbentuk permukaan gelincir.
- 8) Tegangan deviator (*deviator stress*), adalah perbedaan antara tegangan terbesar dan terkecil hasil suatu uji triaksial terhadap suatu contoh bahan.
- 9) Longsor (*landslide, landslip*), adalah gerakan dengan kenampakan relatif cepat suatu massa tanah atau batuan menuruni lereng yang terjadi bermula dari kerusakan geser pada bidang luncur massa yang bergerak.
- 10) Permukaan freatik (*phreatic surface*), adalah elevasi batas kemampuan kenaikan air tanah suatu akifer.

- 11) Pisometer (*piezometer*) adalah tabung terbuka maupun tertutup atau alat lain yang dipasang dari permukaan tanah ke bawah, yang digunakan untuk mengukur tekanan air tanah pada daerah di mana ujung bawah pipa diletakkan.
- 12) Rombakan lereng (*scree*) adalah debris batuan yang terkumpul di kaki jurang/tebing
- 13) Sudut lereng (*slope angle*), adalah sudut lereng dinyatakan dalam derajat terhadap bidang horisontal atau dalam tangen sudut terhadap bidang horisontal (misalnya lereng 1 : 3 membentuk sudut terhadap bidang horisontal sebesar $18,5^{\circ}$ atau tangen sebesar 1/3).
- 14) Solifluksi (*solifluction*), adalah gerakan lambat suatu tanah atau selubung rombakan lereng menuruni bukit sebagai akibat dari proses silih berganti antara pembekuan dan pencairan air yang terkandung di dalamnya.
- 15) Sisa galian (*spoil*), adalah tanah, batuan atau bahan galian lain yang tidak diperlukan untuk urugan timbunan atau sebagai urugan kembali sebuah lubang galian, dan merupakan kelebihan bahan yang harus dibuang dari lapangan kerja.
- 16) Amblesan (*subsidence*), adalah gerakan ke bawah (terutama vertikal) permukaan tanah yang diakibatkan oleh pembuangan, konsolidasi atau pergeseran lapisan tanah di bawahnya.
- 17) Gerakan tektonik (*tectonic movemeril*), adalah gerakan massa suatu batuan ke bagian massa lain batuan tersebut. Skala gerakan ini dapat bervariasi dari beberapa milimeter (seperti dalam lipatan mikro suatu *schist*) sampai puluhan kilometer (seperti dalam *major recornberrt folds*)

4. Faktor-Faktor Umum yang Mempengaruhi Desain Timbunan

Penampang melintang timbunan ditentukan oleh kebutuhan fungsi lebar puncak, tinggi di atas permukaan tanah dan lereng samping. Pada dasar timbunan harus tersedia lahan yang cukup untuk menempatkan saluran drainasi dan bangunan pelayanan yang diperlukan di kaki talud dan keperluan tambahan yang lain seperti taman, termasuk pohon atau penanaman tumbuhan untuk pagar. Penampang melintang juga ditentukan oleh stabilitas tanah dimana timbunan akan dibangun, khususnya timbunan di sepanjang tepian tebing

Pada desain pertemuan timbunan dengan jembatan dan bangunan-bangunan lain, bangunan atas, bangunan bawah dan pekerjaan tanah yang berkaitan harus dipelajari secara utuh menyeluruh dan bukan secara sendiri-sendiri.

Apabila lahan yang tersedia lebih kecil dibanding lebar dasar timbunan keputusan untuk bangunan penahan tanah harus benar-benar dipertimbangkan. Tipe bangunan penahan tanah digambarkan pada SNI.: Tata Cara Penggalian pada Pekerjaan tanah. Pemilihan tipe yang akan dipergunakan sebaiknya memperhitungkan metode pembentukan timbunan dan faktor umum lainnya yang berhubungan dengan SNI: Tata Cara Deskripsi Keadaan dan Penyelidikan Lapangan pada Pekerjaan Tanah.

5. Karakteristik Kekuatan dan Deformasi dari Fondasi dan Bahan Urug

5.1 Bahan

5.1.1 Batu

Problema yang berkaitan dengan kekuatan dan deformasi dari fondasi, kecil sekali kemungkinannya jika timbunan dibuat di atas batu. Urugan batu diletakkan lapis demi lapis dan dipadatkan dengan cara yang cocok dapat membentuk timbunan dengan sifat kekuatan yang sangat baik dan tidak mudah mengalami deformasi. Bagaimanapun, beberapa jenis batuan yang lemah seperti batu lumpur, serpih, napal, dan kapur dapat mengalami degradasi dengan sangat cepat jika terekspos di udara terbuka, atau jika metode pelaksanaannya tidak tepat. Batuan tersebut kemudian akan berperilaku sebagai tanah berkohesi. Jika timbunan untuk bangunan permanen akan dibentuk dengan cara mencurahkan batu ke dalam air atau jika timbunan akan berlaku sebagai struktur lulus air yang memungkinkan aliran air melaluinya, hanya batu tahan lama yang kuat boleh dipakai (lihat 8.1)

5.1.2 Tanah berbutir.

Pada umumnya, oleh karena permeabilitasnya yang tinggi, pada tanah berbutir tidak diijinkan timbul tekanan air pori yang berlebihan berkembang selama berlangsungnya pembangunan timbunan. Sebagai konsekuensinya, pembebanan timbunan akan menaikkan kekuatan tanah berbutir dan bagian terbesar deformasi karena pembebanan segera terjadi pada waktu pembangunan timbunan berjalan. Di dalam fondasi tanah berbutir pada struktur lebar seperti timbunan risiko kegagalan gesernya kecil.

Kesulitan mungkin terjadi dengan pasir halus yang jenuh dan/atau gembur dalam keadaan alami. Kondisi likuifaksi dapat terjadi pada fondasi karena getaran, sebagai contoh, oleh lalu-lintas, khususnya lalu-lintas saat pembangunan, atau oleh pemancangan tiang.

Tanah berbutir bila ditempatkan lapis demi lapis dan dipadatkan dengan cara yang tepat akan membentuk bahan urug yang berkualitas tinggi, namun untuk bahan homogen akan dijumpai kesulitan pemadatan lapis terakhir kecuali jika pembentukan muka tanah diperbaiki dengan menambah bahan yang tepat.

5.1.3 Tanah berkohesi

Tanah ini mempunyai permeabilitas rendah, dan tekanan air pori yang berlebihan dapat berkembang di dalamnya karena adanya perubahan beban. Oleh karena itu tanah berkohesi dapat berperilaku tak terpatas dengan konsolidasi yang sangat kecil selama pembangunan timbunan, dan tidak terjadi peningkatan kekuatan yang berarti selama periode tersebut. Penurunan terbesar karena konsolidasi terjadi setelah akhir pembangunan ketika kelebihan tekanan air pori menghilang. Sifat kekuatan dan deformasi dari tanah berkohesi baik sebagai bahan urug maupun fondasi sebagian besar merupakan fungsi dari kadar lengas, tetapi dalam kasus bahan fondasi, struktur geologi tanah hasil dari sejarah pembentukannya juga penting (lihat SNI.... : Tata Cara Deskripsi Keadaan dan Penyelidikan Lapangan pada Pekerjaan Tanah).

5.1.4 Lanau

Lanau adalah tanah berkohesi yang mempunyai problem tambahan khusus. Dengan sifat diantara lempung dan pasir, perilaku kekuatan dan deformasinya sangat rentan untuk menjadi tidak stabil yang disebabkan oleh adanya gangguan.

5.1.5 Gambut

Gambut, yang dapat bervariasi dari lempung bergambut sampai gambut berserabut, tidak cocok sebagai bahan urug. Karena sangat mudah termampatkan, maka seharusnya dipindahkan atau dibuang dari bawah timbunan jika lapisannya cukup tebal. Apabila pemindahannya tidak dilakukan, harus diusahakan untuk mempercepat penurunan dengan penambahan beban pada timbunan, asalkan penambahan beban tersebut tidak membahayakan stabilitas.

5.1.6 Limbah industri dan domestik

Limbah industri yang mungkin dapat dipertimbangkan cocok baik sebagai bahan fondasi maupun urug adalah sebagai berikut: serpih batu bara yang terbakar maupun tidak, berbagai tipe *tenak* dari industri logam, limbah kuari, abu bahan bakar bubuk dari stasiun pembangkit tenaga listrik, produk limbah dari industri kimia dan industri manufaktur. Pada umumnya, limbah domestik yang tidak diolah tidak cocok digunakan baik sebagai fondasi

atau bahan urug. Namun dengan peningkatan pengolahan akan diperoleh pasokan terbatas bahan urug yang cocok dari limbah domestik yang tersedia.

Bila sisa galian dari bekas penambangan digunakan sebagai *lubang galian sumbang*, permukaan yang digali harus ditutup untuk mencegah masuknya udara yang bisa menyebabkan pembakaran secara tiba-tiba.

Gundukan yang nampaknya sudah tidak menyala tersebut mungkin masih mengandung zona bahan yang panas, dan pekerjaan harus diatur sedemikian rupa untuk menghindari jatuhnya bahan pijar berdebu yang kering. Sebelum memasuki gundukan, perlu dilakukan pemeriksaan adanya gas-gas yang beracun, khususnya karbon monoksida dan karbon dioksida, sebaiknya dibuat di tempat yang rendah atau area yang terkurung.

Pemilihan produk limbah untuk digunakan sebagai fondasi maupun bahan urug harus dilakukan secara hati-hati, dan pengujian harus dilakukan, termasuk pengujian untuk kandungan sulfat, toksisitas, kemudahan terbakar, dan properti mekanik untuk menentukan pemanfaatannya yang tepat. Harus diperhatikan kemungkinan adanya polusi. Limbah penambangan atau terak, khususnya terak baja, yang telah tertimbun dalam waktu yang lama, dapat menyebabkan polusi pada saluran air atau air bawah tanah di sekitar tempat timbunan. Problem erosi internal atau pelindihan bahan-bahan halus kedalam sistem drainasi bisa terjadi bila digunakan bahan-bahan berbutir halus seperti abu bahan bakar bubuk.

5.2 Kecocokan dan Pengujian

Kekuatan, deformasi dan kerentanan kadar air dari fondasi dan bahan urug harus dilakukan dengan cara:

- (a) pengujian di tempat sebagai bagian dari investigasi lapangan;
- (b) pengujian laboratorium;
- (c) percobaan lapangan dengan menggunakan peralatan.

Dalam hal timbunan batu yang lebih tinggi dari 15 meter, harus dilakukan percobaan lapangan, guna menentukan prosedur terbaik bagi penggalian dan pembentukan timbunan yang memuaskan.

Beberapa bahan, seperti pasir lanauan, lempung lanauan dan kapur, mempunyai tingkat kandungan lengas yang kritis, diatas tingkat tersebut bahan-bahan tadi cepat berubah menjadi tidak sesuai dengan metode penanganan normal pelaksanaan pekerjaan tanah. Harus dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui

hubungan antara kadar air, kerapatan dan kekuatan geser tak terpatas atau nilai CBR untuk semua tipe tanah yang memperlihatkan sifat-sifat berkohesi yang dominan.

6. Desain Timbunan

6.1 Umum

Timbunan harus didesain dengan faktor keamanan yang cukup terhadap kegagalan geser dan untuk menjamin bahwa setiap deformasi berada dalam batas yang masih dapat diterima.

Informasi yang diperlukan sebelum penampang melintang *timbunan* dapat didesain termasuk :

- (a) lebar minimum dari puncak timbunan;
- (b) pembebanan pada puncak timbunan;
- (c) sifat geoteknik dari fondasi dan bahan urug;
- (d) keterbatasan lebar dari lahan yang tersedia;
- (e) kondisi khusus yang mana timbunan akan menjadi subyek, sebagai contoh, air pasang surut, operasi penambangan yang aktif dan rongga alami, lingkungan dan faktor ekonomi yang lain yang mungkin mempengaruhi pilihan akhir, contoh tanggul tanah untuk peredam suara atau melandaikan lereng untuk keperluan pertanian.

6.2 Stabilitas

Perhitungan stabilitas timbunan harus dilakukan dengan menggunakan metode analisis yang dijelaskan pada SNI..... : Tata Cara Penggalian pada Pekerjaan Tanah. Pada beberapa contoh, diinginkan untuk menganalisis deformasi timbunan dengan menggunakan, sebagai contoh, metode elemen hingga yang diuraikan pada SNI di atas untuk menentukan apakah deformasi masih bisa diterima.

Parameter-parameter dari kekuatan geser urugan yang cocok digunakan pada perhitungan stabilitas biasanya diperoleh dari uji laboratorium pada sampel yang dipadatkan ulang. Jika timbunan dibuat dari urugan batu atau bahan berbutir lainnya dengan talud tidak melebihi sudut lereng alam dari bahan urugan, sudah menjadi sifatnya akan stabil untuk semua ketinggian sepanjang fondasinya mampu menahan beban. Bagaimanapun, sudut dari tahanan geser urugan berbutir yang dipadatkan dengan baik dapat dipandang lebih besar dari pada sudut lereng alamnya dan konsekuensi-nya penentuan laboratorium dari parameter ini dan penggunaannya pada perhitungan stabilitas dapat menuju kepada penampang melintang timbunan yang lebih ekonomis. Untuk timbunan urugan batu, dimana penentuan laboratorium untuk sudut tahanan geser dari bahan urug mungkin sulit, besar sudut yang disarankan diberikan pada *tabel 1*. Kekuatan gesernya dan parameter tekanan pori lempung dan lanau dapat diukur pada uji desak tri-sumbu di laboratorium.

Jika kadar air alamiah dari bahan di lapangan adalah tinggi tetapi sifat permeabilitasnya dapat diturunkan, maka kekuatan geser akan meningkat dengan demikian desain lebih aman.

Apabila timbunan dibangun pada tanah di sepanjang tepian tebing dan terdapat lapisan kedap air di bawah lapisan lulus air yang cukup tebal, dapat terbentuk muka air tanah terangkat, menyebabkan kejenuhan pada bahan yang lebih kasar dengan kemungkinan erosi.

Stabilitas timbunan tergantung tidak hanya pada kekuatan bahan urug yang telah terbentuk tetapi juga pada kekuatan bahan fondasi. Diperlukan taksiran guna mengetahui kemampuan bahan fondasi untuk menahan *beban-hidup wajib* yang

bekerja tanpa mengakibatkan kegagalan geser atau deformasi yang tidak diperkenankan. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat tanah atau batuan dalam galian (*lihat SNI : Tata Cara Penggalian pada Pekerjaan Tanah*) biasanya berlaku juga untuk bahan fondasi timbunan. Jika di tempat proyek terdapat ciri-ciri geologi seperti patahan atau *pernaukaan-gelincin* sebagai akibat gerakan sebelumnya, hal tersebut harus diperhatikan selama evaluasi stabilitas timbunan. Akibat pembebanan timbunan pada bahan dengan kekuatan geser yang rendah dapat dikurangi dengan menggunakan bahu atau dengan membuat talud timbunan lebih landai.

6.3 Deformasi

6.3.1 Umum

Beberapa deformasi dari urugan atau fondasi atau keduanya mungkin terjadi dan perilaku bahan yang bersangkutan harus dipelajari pada saat investigasi lapangan untuk menentukan karakteristik penurunannya. Tingkat penurunan yang bisa diterima tergantung kepada tipe dari fungsi timbunannya yang diperlukan untuk melayani, misalnya untuk jalan raya atau jalan kereta api atau untuk pengembangan bangunan. Pada beberapa kasus, mungkin diperlukan untuk mempercepat porsi penurunan sebelum struktur timbunan digunakan. Hal ini dikerjakan dengan mempercepat urugan pada masa awal kontrak, dan kemudian penimbunan sampai puncak dilakukan seperti yang diperlukan selama tahap penyelesaian, atau dengan menambah tinggi timbunan untuk mempercepat penurunan, kelebihan bahan akan dibuang sebelum penyelesaian.

6.3.2 Bahan urug

Berbagai macam bahan yang cocok untuk urugan mempunyai karakteristik konsolidasi yang bervariasi. Uji konsolidasi mungkin harus dilakukan pada benda U_p yang dipadatkan setara dengan kepadatan lapangan yang direncanakan guna menghitung penurunan. Pemadatan yang cukup akan meminimalkan penurunan, namun tidak perlu menghilangkan sama sekali penurunan yang akan datang. Tingkat kepadatan yang tercapai tergantung pada kadar air bahan urug dan banyaknya energi pemadatan.

Harus dihindari pencampuran tanah dengan perbedaan karakteristik yang besar, misalnya lempung dengan kapur, atau bahan yang lebih kering dari rata-rata tanah berkoheesi dengan bahan yang lebih basah.

6.3.3 Bahan fondasi

Faktor-faktor yang mungkin meningkatkan problem penurunan pada bahan fondasi adalah:

- (a) tanah berkoheesi dengan kompresibilitas tinggi;
- (b) gambut;
- (c) perubahan permukaan air tanah yang disebabkan penyedotan dengan pompa atau sebab-sebab alam;
- (d) rongga bawah tanah seperti pekerjaan penambangan lama atau rongga-rongga alam;
- (e) penambangan yang masih aktif, termasuk penyedotan garam dengan pemompaan.

Investigasi lapangan harus diarahkan menuju penemuan hal-hal tersebut di atas, juga uji laboratorium dan/atau uji lapangan yang diperlukan harus dilakukan sehingga perencana dapat memperhitungkan masalah tersebut.

7. Drainasi

7.1 Umum

Sistem drainasi yang memisahkan air tanah dan air permukaan harus dilakukan, dipandang dari kedua sudut yaitu pelaksanaan dan untuk stabilitas yang akan datang dari timbunan atau daerah urugan umum.

7.2 Drainasi Pra-pekerjaan Tanah

Sebelum timbunan dapat dilaksanakan, saluran air yang ada, parit, drainasi pertanian bawah tanah, mata air, kolam, dan sebagainya, harus ditangani sehingga pekerjaan tanah dapat dilaksanakan tanpa kerusakan pada rejim air tanah yang ada. Drainasi lapangan yang ada harus ditampung oleh saluran drainasi pengumpul dalam bentuk pipa sambungan terbuka terletak di parit urugan kerikil.

Pada kasus dimana disediakan gorong-gorong baru, ukurannya, kemiringan dan tinggi lantai dasar harus disesuaikan dengan tata pengaturan air yang ada, untuk menjamin bahwa kemungkinan *larian permukaan* dari daerah pengembangan yang akan datang dapat dilayani, dan peningkatan kembali setiap saluran di masa yang akan datang dapat dilaksanakan, baik di hulu maupun di hilir dari persilangan timbunan.

Jika diperlukan untuk memasang pipa di bawah timbunan, perlu selalu diperhatikan untuk pertama kali menyediakan ukuran pipa yang cukup sehingga penyumbatan bisa dibersihkan dari ujung pipa

Untuk menghindari kerusakan akibat mesin pembangunan pekerjaan tanah (alat berat) terhadap pipa yang terletak pada permukaan tanah yang ada atau pada kedalaman yang dangkal, mungkin perlu melindungi pipa dengan cara membuat beton di sekelilingnya atau dengan metode lain.

7.3 Drainasi Sementara Selama Pelaksanaan

Titik lepas sementara yang memadai harus disediakan untuk sistem drainasi yang permanen jika titik lepas permanen tidak dapat segera disediakan.

Selama pekerjaan timbunan, areal timbunan yang habis dikerjakan permukaannya perlu dibuat serata mungkin. Dalam hal bahan berkohesi, permukaan timbunan harus diperiksa terlebih dahulu sebelum melanjutkan pekerjaan berikutnya, ini dimaksudkan untuk meyakinkan tidak adanya bidang yang lemah. Permukaannya sebaiknya juga dibuat miring ke arah tepi luar urugan sehingga air hujan tidak menggenang di permukaan dan menyebabkan kerusakan bahan. Pada daerah yang hujannya lebat, jika timbunan dibangun dari bahan yang mudah tererosi mungkin lebih baik untuk membuat saluran di tengah timbunan guna menyalurkan air menuju titik lepas yang sesuai.

Pada waktu terjadi hujan lebat, volume air yang banyak mengalir melewati talud timbunan sehingga bisa menyebabkan erosi pada urugan. Jika permukaan timbunan ditinggalkan untuk waktu yang cukup lama, permasalahan dapat dikurangi dengan membuat parit sementara menuju ke titik lepas di titik terendah

untuk mengalirkan menuju saluran air. Pada keadaan ini pengendapan dan polusi di saluran yang ada harus dicegah, bila perlu dengan menyediakan kolam air tenang sementara atau dengan membuat filter pada parit sementara.

7.4 Tindakan Drainasi Untuk Meningkatkan dan Memelihara Stabilitas Timbunan atau Urugan Umum

7.4.1 Drainasi vertikal

Pada situasi dimana permeabilitas horisontal dari tanah tidak mencukupi untuk menghilangkan kelebihan tekanan air pori dalam waktu yang diperlukan oleh program pembangunan, kelebihan tekanan air pori pada bahan fondasi hasil dari pembebanan timbunan dapat dikurangi dengan drainasi vertikal seperti saluran drainasi pasir, drainasi sumbu, atau saluran drainasi parit sempit diurug kembali dengan bahan filter berbutir.

Untuk menghadapi air yang akan muncul dari dasar fondasi, dapat diatasi dengan membuat selimut drainasi dari batu atau bahan berbutir di dasar urugan dengan titik lepas

yang sesuai. Selimut drainasi ini sebelumnya dapat digunakan sebagai jalan angkut bagi lalu lintas pembangunan.

7.4.2 Drainasi horisontal

Urugan berkoheisi yang basah dapat diperbaiki dengan menyediakan drainasi horisontal, yaitu lapisan bahan berbutir yang ditempatkan secara berselang-seling di dalam timbunan untuk mengurangi tekanan air pori, dengan keuntungan menaikkan kekuatan dan mempercepat konsolidasi bahan urug. Jika bahan berbutir juga dipasang, maka harus dibuat untuk menampung aliran air yang muncul. Kemungkinan hilangnya bahan-bahan halus di bidang temu harus dipertimbangkan, lapisan drainasi bergradasi yang sesuai atau kemas-membran yang permeabel di antara urugan dan lapisan drainasi harus digunakan.

7.5 Drainasi Permanen

Aliran air pada permukaan urugan dan tanah harus ditampung dengan cara seperti diuraikan pada SNI..... : Tata Cara Penggalan pada Pekerjaan Tanah. Saluran pembuang dan pelayanan harus dijauhkan dari kaki timbunan pada situasi dimana *perpindahan ke samping* dari tanah yang disebabkan oleh regangan tanah horisontal dapat menimbulkan tegangan berlebihan atau bergesernya pekerjaan pipa atau bangunan lain. Direkomendasikan penggunaan pipa dengan sambungan fleksibel yang cukup kedap air walaupun mengalami distorsi pada batas tertentu, untuk mencegah bocoran memasuki urugan pada saat berlangsungnya penurunan. Perhatian khusus harus diberikan pada desain drainasi yang berdekatan dengan bangunan dimana penurunan yang berbeda bisa menyebabkan bocoran dari saluran drainasi dan menghanyutkan urugan berbutir halus seperti abu bahan bakar bubuk atau abu cerobong semen.

7.6 Pertimbangan Pembangunan

Jika saluran drainasi dibangun sebelum urugan selesai, sisa urugan di sekitar pipa harus ditempatkan dan dipadatkan dengan cara yang tidak menyebabkan tegangan berlebih pada pipa.

8. Kondisi Lapangan yang Khusus yang Mempengaruhi Desain Timbunan atau Urugan Umum

8.1 Urugan di Air

8.1.1 Air diam

Air diam adalah istilah yang dipakai untuk kolam, danau, saluran dan pekerjaan penambangan yang menggunakan air.

Apabila tidak praktis dan tidak ekonomis untuk membuang air diam, perhatian harus

diberikan pada desain timbunan khususnya pada muka air maksimum dan minimum dan karakteristik tanahnya di bawah air. Jika dipandang praktis, lanau lunak, lempung atau gambut harus dibuang sebelum menempatkan urugan, karena sulit untuk memadatkan bahan urug tersebut di bawah air. Urugan harus diseleksi dari bahan yang tetap stabil jika tergenang atau jika dalam zona muka air tanah yang berfluktuasi, khususnya pada air pasang-surut yang payau. Pecahan beton, puing batu bata atau bahan berbutir sebaiknya digunakan untuk mengurangi penurunan dan memelihara stabilitas. Apabila tidak praktis dan tidak ekonomis untuk membuang bahan lunak maka dapat diterapkan pemindahan dengan cara ditimbun dulu dalam jumlah besar kemudian bahan lunak yang mengalami pergerakan ke samping dibuang.

Tinggi muka air di kedua sisi timbunan harus disamakan dengan memakai pipa atau drain selimut yang lulus air.

Untuk daerah air diam yang luas, mungkin praktis dan ekonomis untuk menerapkan urugan hidraulis memakai bahan berbutir dari tipe yang cocok (lihat 9.3.4).

Talud timbunan pada air diam sebaiknya dibuat lebih landai daripada yang dibutuhkan di atas tinggi muka air dan harus dilindungi dari cucian atau serangan gelombang seperti diuraikan pada SNI...: Tata Cara Pemeliharaan dan Perlindungan Talud pada Pekerjaan Tanah.

8.1.2 Air pasang-surut dan air banjir

Pada air pasang-surut akibat naik dan turunnya muka air dan serangan gelombang pada timbunan memerlukan pertimbangan dan teknik khusus seperti yang diperlukan pada desain bangunan kelautan. Apabila kemungkinan terjadi kenaikan dan penurunan muka air secara mendadak, tindakan pencegahan harus dilakukan untuk menghindari erosi eksternal dan untuk mengurangi akibat surut mendadak. Kondisi ini dapat terjadi jika timbunan melintasi dataran banjir dari sungai dimana timbunan untuk sebagian besar waktu berada di atas tanah kering, tetapi bila di bawah kondisi banjir, erosi talud timbunan di sekitar jembatan atau gorong-gorong mungkin disebabkan bertambahnya kecepatan air banjir yang melewati lubang pengalirannya. Permukaan timbunan dapat dilindungi dengan salah satu metode yang diuraikan pada SNI.... : Tata Cara Pemeliharaan dan Perlindungan Talud pada Pekerjaan Tanah.

8.2 Timbunan Di atas Tanah Lunak

Metode untuk membangun timbunan di atas tanah lunak termasuk:

- a) pembuangan bahan lunak dengan mesin penggalian atau pemindahan dengan menambah bahan yang sesuai;
- b) penyediaan parit yang lebar dan dalam diisi dengan bahan berbutir pada kaki timbunan;

- c) peningkatan sifat-sifat dari bahan fondasi dengan metode penanganan tanah, misal pemasangan drainasi vertikal untuk mempercepat konsolidasi, *penampatan getar apung* (pembentukan kolom *kricak* dalam bahan yang lunak), konsolidasi dinamis, pembebanan awal dengan bahan urug;
- d) pengontrolan laju pembangunan sehingga ada waktu buat fondasi untuk berkonsolidasi dan karenanya meningkatkan kekuatan secukupnya untuk tetap stabil. Pada kondisi ini diperlukan sekali untuk memonitor tekanan air pori pada bahan fondasi dan gerakan ke samping yang mungkin terjadi;
- e) pengurangan beban yang diteruskan timbunan ke fondasi dengan mempergunakan urugan yang ringan, misal abu bahan bakar bubuk
- f) penyediaan selimut drainasi horisontal yang permeabel di bawah penggalian pada muka tanah. Selimut seperti itu memudahkan pembuangan air banjir secara cepat dari dasar timbunan, dengan demikian membantu stabilitas. Membran-kemas yang lulus air dapat diletakkan di atas tanah lapisan permukaan permukaan diikuti oleh lapis bahan berbutir. Mungkin perlu untuk membatasi bobot mesin-mesin yang beroperasi di atas selimut atau di atas lapis urugan dangkal yang diletakkan di atas selimut;
- g) apabila tersedia pohon semak belukar, timbunan bisa dibangun di atas bronjong kayu;
- h) apabila tersedia lahan yang cukup, talud timbunan dapat dilandaikan dengan menyediakan bahu lebar di kaki talud jika perlu di bagian tengah talud;
- i) pemasangan jembatan pada permukaan tanah, di atas bahan lunak dengan memakai plat beton bertulang atau balok yang didukung tiang-tiang. Metode ini mahal untuk mengatasi masalah tanah lunak, tetapi pada beberapa kasus dapat menjadi ekonomis bila terdapat kedalaman gambut tebal yang harus dipotong dan bila alternatif yang bisa diterima hanya dengan cara membuang semua bahan yang tidak cocok.

8.3 Timbunan Di atas Tanah Miring

Stabilitas alamiah yang menjadi sifat tanah asli dalam membentuk talud harus diselidiki secara seksama, khususnya pada daerah yang diketahui rawan longsor. Pada beberapa kasus, bukti dari ketidakstabilan yang ada dapat dilihat di lapangan dalam bentuk undulasi, bukit-bukit kecil, tonjolan dan rembesan air.

Sebaiknya dilakukan penyelidikan tentang stabilitas talud secara geologi, dan kemungkinan penggerakan kembali dari *gelincir* yang ada di bawah kondisi pembebanan akibat dari pembangunan timbunan.

Apabila timbunan akan dibangun pada tanah miring talud mungkin ada bahaya gelincir berkembang di bidang temu, maka permukaan tanah yang ada sebaiknya dibuat bertangga, untuk mengkaitkan dengan timbunan yang akan dibangun. Lebih disukai bagian bawah bahu diratakan jauh dari permukaan talud, dengan penyediaan untuk tindakan drainasi dalam memperlakukan air pada tanah lapisan bawah yang terkumpul di titik yang rendah dari pembuatan bahu.

Untuk mengatasi problem ketidakstabilan yang berhubungan dengan tanah ash, mungkin perlu mendesain penampang melintang timbunan untuk mendapatkan distribusi yang aman dari pembebanan di atas tanah. Metode untuk membangun timbunan juga perlu spesifikasi untuk mencegah pembebanan yang tidak seimbang. Sangat diperlukan drainasi dari bidang temu antara tanah yang miring dan timbunan, juga setiap bidang yang berpotensi longsor, *diradzng halafig renabe.safz* serta drainasi bawah tanah yang mencukupi harus disediakan.

8.4 Timbunan Di atas Lahan Bekas Kuari

Apabila timbunan harus dibangun di atas lahan bekas kuari, perhatian harus diberikan untuk :

- (a) lantai kuari yang berbeda levelnya, bahan endapan yang bervariasi, dan air diam. Permasalahan ini telah dibahas di bagian sebelumnya (lihat 8.1). Pada kasus dimana air mungkin sekali terkurung pada level yang berbeda pada setiap sisi timbunan, drainasi dengan diameter besar harus disediakan di bawah dasar urugan untuk menyamakan elevasi muka air;
- (b) transisi antara kuari dan tanah asli. Pada banyak kasus transisi ini akan menjadi permukaan yang vertikal atau hampir vertikal, pada batas MI pemadatan pada permukaan kuari dengan kontrol yang sangat hati-hatipun, penurunan yang tidak sama sangat mungkin terjadi. Jika dapat dikerjakan, permukaan kuari harus diratakan kembali atau dibuat bertanggung untuk memberikan zona transisi yang berangsur.

8.5 Timbunan Di atas Tanah Urugan yang Ada

Apabila timbunan akan dibuat di atas tanah urugan yang ada, sejarah yang rinci dari urugan harus diselidiki, disamping memastikan karakteristik tanah urugan dari lubang bor dan sumur percobaan Daerah urugan lama sering terbukti sangat berubah-ubah, dan perhatian khusus diperlukan apabila diduga ada limbah domestik.

Perlakuan yang ekstensif mungkin diperlukan sebelum pembangunan timbunan, tergantung pada kedalaman dan urugan. Pemampatan getas apung dan konsolidasi dinamis adalah diantara metode tentang perlakuan tanah yang mungkin sesuai dalam beberapa hal. Perubahan pola drainasi didalam urugan akibat pembangunan timbunan bisa

menyebabkan genangan pada urugan dan berikutnya bocoran dan runtuhnya rongga-rongga didalam urugan.

8.6 Timbunan Di atas Pekerjaan Penambangan dan Rongga Bawah Tanah yang Lain

Bila operasi penambangan dilakukan berdekatan dengan patahan geologi, gerakan di atas permukaan tanah di sekitar singkapan bidang patahan kemungkinan besar

terjadi. Saluran drainasi di timbunan sebaiknya tidak dilakukan menyilang zona yang mungkin sekali bergerak, tetapi harus diakhiri pada setiap sisi dan menuju ke titik lepas yang terpisah.

Problem stabilitas dapat timbul dari adanya hal-hal sebagai berikut :

- (a) terowongan vertikal tambang lama;
- (b) terowongan datar tambang lama;
- (c) lorong-lorong tambang yang dangkal;
- (d) daerah amblesan (*subsidence*) yang potensial karena pengambilan batu bara atau mineral yang lain yang sekarang masih aktif atau masa yang akan datang dengan cara penambangan atau pemompaan;
- (e) rongga alam yang timbul karena ada air bawah tanah di atas lapisan yang bisa larut seperti batu gamping, kapur, dan gips.

1. Kecocokan Bahan Untuk Urugan

9.1 Bahan yang Tidak Cocok

Bahan-bahan berikut tidak cocok untuk membentuk urugan pendukung beban:

- (a) tanah organik, contoh gambut dan beberapa lempung aluvial dan lanau;
- (b) bahan beracun, contoh limbah industri yang mengandung senyawa mudah larut yang merugikan penyediaan air atau pertanian
- (c) bahan-bahan mengandung senyawa yang merugikan beton;
- (d) bahan-bahan yang terdaftar pada 6.2 dan 6.3 jika bahan-bahan tersebut dalam kondisi beku;
- (e) bahan-bahan yang mengandung zat kimia yang dapat dilarutkan atau dilindih atau yang mengalami reaksi ekspansif pada kehadiran lengas, misal serpihan pirit.

9.2 Bahan yang Cocok

9.2.1 Bahan yang cocok untuk semua keadaan yang bersangkutan

Bahan dengan kekuatan geser tinggi yang tak terpengaruh perubahan kadar air, contoh batuan awet yang kuat, kerikil, pasir sedang dan kasar adalah cocok sebagai urugan dalam kondisi apapun.

9.2.2 Bahan yang cocok dalam kisaran kekuatan geser tertentu

Pemadatan ulang pasir halus lanauan, lanau pasiran, lanau, lempung dan beberapa batu lemah atau pecah yang semuanya memperlihatkan pengurangan kuat geser, seperti kenaikan kadar air di atas optimum, pada mana jumlah pemadatan yang ditetapkan menghasilkan kepadatan kering maksimum (lihat gambar 1, di halaman belakang). Beberapa tingkatan dari kapur mengalami reduksi kekuatan geser bila air dilepaskan dari struktur sel batuan seperti batu yang hancur pada waktu operasi penggalian, penempatan dan pemadatan. Pada kasus tanah lanauan dominan, kenaikan kadar lengas sekecil 1% atau 2% dapat menyebabkan penurunan kekuatan geser yang sangat berarti. Apakah kekuatan geser tak terpatas minimum dari pemadatan ulang bahan dapat diterima, ditentukan oleh kebutuhan desain pekerjaan tanah atau oleh kebutuhan untuk membolehkan jalan lintasan untuk alat berat.

9.3 Bahan yang Cocok dengan Penerapan Penanganan Pembangunan Khusus

9.3.1 Umum

Bahan-bahan berikut dapat diterima dengan melalui prosedur yang tertuang di 9.3.2 sampai 9.3.5 :

- (a) kapur;
- (b) bahan urug berkohesi basah;
- (c) bahan urug hidrolik;
- (d) bahan mudah terbakar.

9.3.2 Kapur

Adalah penting bahwa penggalian dan penanganan selanjutnya dari kapur sebaiknya dilakukan dengan cara memelihara sebanyak mungkin struktur alam batuan. Kapur adalah salah satu bahan paling sulit untuk ditangani pada pekerjaan tanah karena sembarang penghancuran struktur sel dari batuan melepaskan air yang terkandung di dalam sel, yang pada gilirannya menjatuhkan fragmen kapur. Kualitas kapur harus ditaksir sebelum menentukan tipe mesin dan metode yang akan digunakan untuk penggalian, pengangkutan dan pemadatan.

Adalah mungkin bahwa operasi penggalian dan penanganan menyebabkan degradasi kapur yang utuh menjadi kapur yang seperti dempul, sehingga tidak mampu mendukung peralatan pemindah tanah. Jika kondisi ini terjadi, harus disediakan waktu yang cukup bagi tekanan air pori dan kandungan lengas untuk berkurang, atau bahan yang terdegradasi sebaiknya distabilkan dengan ditukar lapis bahan berbutir yang kering.

Masalahnya akan berkembang dengan meningkatnya kadar air kapur dan untuk kadar air yang lebih tinggi, khususnya pada tingkat yang lebih lemah dari kapur atas dan menengah, untuk itu mungkin perlu :

- (a) menggali dengan memakai sekop - hal ini menyebabkan pemecahan per unit volume yang lebih sedikit dibanding alat gali yang lain;
- (b) pengangkutan dengan memakai lori atau konveyor, dengan bobot terbatas - ini membatasi tegangan di atas lapisan yang ditempatkan;
- (c) menerapkan pemadatan untuk tiap lapis yang ditempatkan cukup guna menutup permukaan, akan tetapi tidak cukup untuk membuat bahan kapur menjadi seperti dempul sehingga menyebabkan ketidakstabilan pada pekerjaan tanah.

9.3.3 Bahan urug berkohesi basah, termasuk beberapa batuan lemah

Penggunaan bahan urug berkohesi dengan kekuatan geser tak terpatas lebih rendah daripada yang didefinisikan di 9.2.2, dapat menyebabkan problem pembangunan yang besar. Tipe mesin pemindah tanah yang dapat dipakai akan terbatas. Diperlukan pemadatan yang cukup hati-hati untuk mengurangi rongga udara menjadi minimum yang bisa diterima, tetapi dihindari pemadatan berlebihan yang menyebabkan tekanan air pori tinggi dan menyebabkan ketidakstabilan. Dalam hal ini mungkin diperlukan penanganan khusus seperti penyediaan lapisan dengan

kekuatan yang lebih tinggi dan/atau urugan drainasi bebas dan laju pembangunan yang terkontrol.

9.3.4 Bahan urug hidrolis

Istilah ini digunakan untuk menggambarkan semua tipe bahan urug yang dibawa dan ditempatkan ke timbunan dalam keadaan tetap terapung di air. Penggalan secara normal dilakukan dengan *kapal keruk hisap* atau *kapal keruk ember*, sedangkan bahan urug dibawa melalui pipa menuju daerah penempatan.

Debit bahan urug menuju area urugan harus dikontrol untuk menghindari segregasi yang tak diinginkan, karena partikel yang lebih besar akan mengendap lebih dahulu dan akumulasi dari bahan halus yang kurang permeabel dan bahan yang mudah dimampatkan akan mengendap lebih jauh dari ujung pipa. Urugan hidrolis berbutir, yang dapat dikeluarkan airnya dengan pemompaan atau drainasi gravitasi, berkonsolidasi secara cepat menuju tingkat kepadatan yang layak, perkerasan atau gedung dapat dibangun di atas urugan dalam waktu relatif singkat pada penyelesaian pengendapan seperti itu. Bahan urug yang ditempatkan melalui air, mengendap dalam kondisi terurai, dan jika bahan urug yang dominan adalah butiran, karakteristik pengangkutan muatannya dapat ditingkatkan,

bila diperlukan dengan teknik pemadatan getas. Bahan urug hidrolis yang berkoheisi bisa terus mengendap dengan berat sendiri dalam waktu yang lama, dan apabila pengendapan seperti itu tidak dapat ditolerir dalam penyelesaian pekerjaan, pembebanan awal pada urugan mungkin diperlukan. Perlu dipertimbangkan untuk mengalirkan bahan berkoheisi yang terkeruk ke dalam laguna dengan membuang air yang menggenangi di atas bahan. Material di laguna dibiarkan mengering dan berkonsolidasi pada tahap yang diikuti oleh pemompaan di lapisan berikutnya dari tanah kerukan. Pengeringan sangat dipercepat oleh pertumbuhan vegetasi di permukaan.

9.3.5 Bahan mudah terbakar

Urugan dengan kandungan organik yang tinggi seperti serpih karbonan, abu, beberapa terak, limbah batu bara, sisa kayu dan limbah industri organik yang lain, dapat mengalami degradasi yang menerus dalam kondisi aerobik basah. Apabila tersedia udara yang cukup, bahan yang terdegradasi dapat menyala. Perlu sekali mendesain sistem yang diterapkan untuk menempatkan urugan guna mencegah terjadinya kebakaran seperti diuraikan pada SNL...: Tata Cara Penggalan dan Pengurugan pada Pekerjaan Tanah.

LAMPIRAN A
DAFTAR ISTILAH

Timbunan	:	<i>embankment</i>
Bahan urug umum	:	<i>general filling</i>
Kadar air	:	<i>moisture content</i>
Terak	:	<i>slag</i>
Elemen hingga	:	<i>finite element</i>
Tri-sumbu	:	<i>triaxial</i>
Beban hidup wajib	:	<i>superimposed load</i>
Permukaan gelincir	:	<i>Slip surface</i>
Drainasi	:	<i>drainage</i>
Larian permukaan	:	<i>run-off</i>
Titik lepas	:	<i>out falls</i>
Air diam	:	<i>standing water</i>
Penempatan getar apung	:	<i>vibraflotatori</i>
Kricak	:	<i>crushed stone</i>
Dinding halang rembesan	:	<i>Cut off</i>

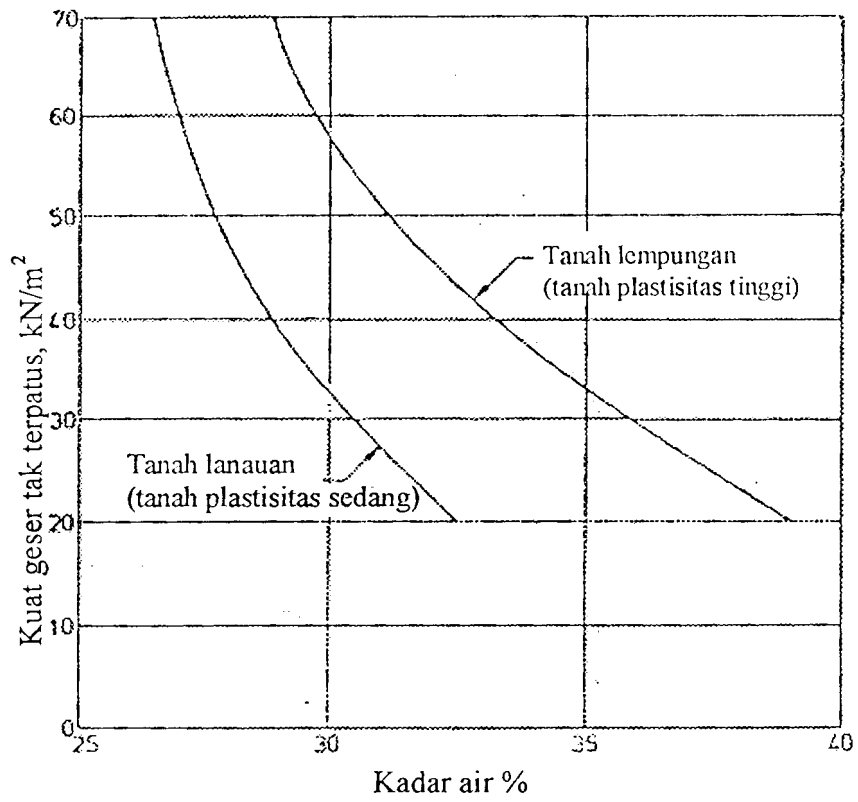
LAMPIRAN B

Tabel 1. Desain lereng batuan tuthilc penggalian dan timbunan / tanggul

Jenis batuan	Penggalian: lereng aman (sudut terhadap horisontal)	Tanggul: Sudut lereng alam (sudut terhadap horisontal)	Keterangan
Batupasir (sedimen), kttat, berukuran besar, dengan umur geologi tua, misal Batupasir merah berumur Tua (Old Red Sandstone) (Davonian); Blue Pannant Grit, Millstone Grit (Carboniferous); Bunter Sandstone (Trassic)	Terutama verlikal tetapi di lapangan dapat dipotong kebelakang 70	38° - 42°	Sangat tahan terhadap cuaca. Perlu diwaspadai kemungkinan adanya bahan dasar yang lemah, misal serpih dengan dasar batuan keras, sebagai pengaruh perbedaan cuaca dapat menimbulkan pengikisan; sehingga perlindungan terhadap cuaca diperlukan pada bahan dasar yang lemah.
Batupasir, lemah, tingkat rendah, ikatan seperti semen, pada, lapisan tipis, dengan umum geologi muda, misal Hastings Beds (Lower Crataceous); Upper Greensand (Crataceous)	50° - 70°	33° - 37°	Memiliki ketahanan sedang terhadap cuaca, tergantung pada tingkat kekerasannya dan bahan pengikat alamnya. Batu dengan perekat silikaan (silicious cement) tahan terhadap cuaca lebih baik, dari pada dengan perekat gampingan atau besian (calcareous or ferruginous cement).
Shales (serpih= batuan berlapis lumpur), misal Ludlow Shale (silurian); Shales of Yoredale Series dan Coal Measures (Carboniferous); Shales of Lower and Upper Lias (Jurassic)	45 ⁰ -60 ⁰	34° - 38°	Tahan cuaca pada tingkat tinggi, meskipun permukaan cenderung untuk rnengelupas menjadi bagian kecil. Pelunakan dapat terjadi karena waktu. Perhatian khusus dibelikan pada hubungan antara lereng dari pemotongan dan penurunan lapisan,
Napal, misal Keuper Marl (Triassic); Napal kapur (Cretaceous)	55° - 70°		Ketahanan terhadap cuaca bagus bila ada perhatian terhadap drainase dan penggalian; pertumbuhan tanaman harus diusahakan. Batuan ini mempunyai kemungkinan melunak karena waktu.
Batu gamping, kuat , berukuran besar dengan umum geologi tua, misal Carboniferous Limestone (Carboniferous); Magnesia Limestone (Permian) Batu gamping, weaker, termasuk Oolitic Limestone, misal Porland beds, Coral Rag. Lisa (Jurassic)	Terutama vertikal 70° - 90° Terutama vertikal 70° - 90°	38° - 42° 38° - 42°	Ketahanan terhadap cuaca bagus tetapi pembekuan dan pelapukan pada ikatan yang terlihat pada penggalian cenderung melemahkan bongkahan besar. Oleh karenanya perlu dihilangkan pada suatu interval. Bantuan ini sangat bewarasi pada ketahanannya terhadap cuaca; Portland beds yang masif biasanya punya daya tahan yang tinggi, sedang Coral Rag dan Lias tidak baik terhadap cuaca mengakibatkan gelincir dalam lapisan di bawahnya, sehingga perlu dinding apron atau sejenis dengan alat pelindung

Kapur (muda, menengah, tua) (Cretaceous subdivisions)	45° - 80°	33°- 36°	Kapur muda pada umumnya masif, homogen sehingga lebih tahan terhadap cuaca dari pada kapur menengah; sehingga dalam banyak kasus perlu keamanan sudut lereng yang lebih tinggi. Kapur tua dibanding lainnya adalah lemah dan lebih banyak pecahan, sehingga perlu sudut yang rendah untuk keamanan lereng. Pembentukan. Lereng 45° aman terhadap pengaruh cuaca secara umum.
Batuan beku, misal Granit, Dolerite, Basal, Andesit, Gabro	80° - 90°	37°-42°	Kualitas terhadap ketahanan cuaca bagus sekali. Penggalian yang tertinggal mungkin hampir vertikal setelah dihilangkannya bagian yang lepas. Beberapa basal mungkin exfoliate sampai sedikit meluas sampai setelah periselama terkena cuaca
Batuan metamorfosis, seperti Gneiss, Kuarsit, Sekis, Batu sabak	60° - 90°	34°-38°	Gneiss (batu keras dengan tanda warna muda dan hitam terbentuk dari batuan awal yang di pres bersama dengan panas) dan kwart pada umumnya mempunyai karakter yang sama terhadap granit atau batu pasir yang keras, daya tahan terhadap pelapukan bagus, dan lereng mungkin dapat mendekati vertikal. Gneiss sering menderita perubahan bentuk. Schist (batuan yang secara alami pecah menjadi kepingan tipis) mungkin bervariasi dari material pelitic yang kuat ke gradasi hingga ke talc schist atau mica schist yang mungkin lemah, mendekati kandungan dari shale. Schist yang lebih lemah memungkinkan pelapukan Berkepanjangan dan cenderung terjadi penggeseran sepanjang permukaan schistosity. Schist sering menderita perubahan bentuk dan mungkin memerlukan variasi beberapa sudut lereng yang arnan dalam pengeprasan sehingga terjadi perbedaan setempat dari schistosity. Slate (batu tulis) pada umumnya adalah batuan berbutir halus yang kuat dengan kualitas pelapukan yang bagus, meskipun pengaruh dari pelapukan sendiri cenderung untuk menyebabkan terjadinya geseran, tidak hanya kearah cleavage atau schistosit tetapi juga masuk ke bidang dasar tanah asli. Hal ini khususnya berbahaya bila geseran tersebut masuk ke salah satu dari beberapa permukaan tersebut dengan arah yang sama dengan muka lereng dari penggalian

LAMPIRAN B



Gambar 1

Variasi kekuatan geser tak terpatas dengan kadar air di atas optimum, untuk tipikal tanah yang dipadatkan menggunakan rammer 2,5 kg

LAMPIRAN C

DAFTAR NAMA DAN LEMBAGA

- 1) Pemrakarsa
Pusat Litbang Pengairan, Badan Litbang PU
- 2) Penyusun

N A M A	LEMBAGA
Ir. Darjanta Budihardja, Dip1.HE. Ir. Sudarta, CES. Ir. Syaifudin, M.Sc	Pusat Litbang Pengairan Pusat Litbang Pengairan Pusat Litbang Pengairan