



**Rancangan
Standar Nasional Indonesia**

BAHAN FINALISASI

**TATA CARA
PEMADATAN TANAH**



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

PADANAN

British Standard : Eartworks (BS 6031 - 1981)

Section Two : Cuttings and Embankments, Grading and Leveling.

9. Completion

DAFTAR ISI

	Hal
1. Ruang Lingkup	1
2. Daftar Rujukan	1
3. Tinjauan Umum	1
4. Uji Kepadatan dari Pekerjaan Tanah	2
5. Metode Pemadatan	3
6. Karakteristik Pemadatan	3
7. Pengendalian Pemadatan DI Lapangan	5
8. Pemadatan Dekat Struktur	6
LAMPIRAN A : DAFTAR ISTILAH	
LAMPIRAN B : TABEL	
LAMPIRAN C : DAFTAR NAMA & LEMBAGA	

TATA CARA PEMADATAN TANAH

1. Ruang Lingkup

Standar ini mencakup cara pemadatan tanah yang meliputi metode pemadatan, karakteristik bahan yang dipadatkan, pelaksanaan dan pengendalian mutu pemadatan di lapangan.

2. Daftar Rujukan

- SNI 03-2813-1992 *Melode Pengujian Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dengan Drainase.*
- SNI 03-4813-1998 *Metode Pengujian Triaxial untuk Tanah Kohesif dalam Keadaan Tanpa Konsolidasi dan Drainase.*
- SNI 03-2832-1992 *Metode Pengujian untuk Mendapatkan Kepadatan Tanah Maksimum dengan Kadar Air Optimum.*
- SNI... (Rancangan) *Tata Cara Pengoperasian Peralatan Konstruksi untuk Pekerjaan Tanah.*

3. Tinjauan Umum

Pemadatan tanah adalah suatu proses dimana partikel tanah didesak menjadi lebih berdekatan satu sama lain melalui pengurangan rongga udara dengan digilas atau metode mekanik lain. Sifat teknya tanah dan batuan yang digunakan pada penimbunan, sebagai contoh kekuatan gesernya, karakteristik konsolidasi, permeabilitas, dan sebagainya, adalah berkaitan dengan jumlah pemadatan yang telah diterimanya.

Tingkat kepadatan yang tinggi membantu dalam :

- (a) menurunkan biaya pemeliharaan;
- (b) menurunkan risiko terjadinya longsoran;
- (c) memungkinkan struktur permanen seperti jalan-jalan, gedung-gedung untuk dibangun langsung tanpa penundaan;
- (d) mendapatkan tekanan dukung yang lebih tinggi pada desain fondasi untuk struktur permanen.

Peningkatan kepadatan kering tanah yang dihasilkan oleh pemadatan, terutama tergantung pada kadar air dari tanah dan jumlah pemadatan yang digunakan. Dengan tingkat kepadatan tertentu diperlukan kadar air tertentu, pada kebanyakan jenis tanah akan memiliki suatu kadar air yang disebut dengan "kadar air optimum" yang menunjukkan kepadatan kering maksimum.

Tingkat pemadatan yang diperlukan ditentukan oleh sifat teknis yang diinginkan untuk urugan guna memenuhi fungsi desainnya. Hal tersebut dapat dispesifikasikan sesuai dengan sifat teknik bahan yang dipadatkan sebagai berikut :

- (a) kepadatan kering minimum;
- (b) rongga udara maksimum yang terkait dengan kadar air maksimum;
- (c) prosentase minimum dari kepadatan kering maksimum yang diperoleh dari standar uji laboratorium;
- (d) kekuatan geser minimum.

Sebagai alternatif, bila sifat bahan yang akan digunakan pada urugan telah disesuaikan sebelumnya dengan efek pemadatan dari berbagai tipe mesin pemadat yang tersedia, maka tingkat kepadatan bisa dikontrol dengan menspesifikasikan ketebalan lapisan dan jumlah lintasan dari mesin pemadat yang telah ditentukan.

4. Uji Kepadatan dari Pekerjaan Tanah

Dalam hubungannya dengan pemadatan tanah, pengujian yang biasanya dilakukan tercantum pada SNI di bawah :

- a) SNI 03-2813-1992 (Metode Pengujian Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dengan Drainase);
- b) SNI 03-4813-1998 (Metode Pengujian Triaxial untuk Tanah Kohesif dalam Keadaan Tanpa Konsolidasi dan Drainase)
- c) SNI 03-2832-1992 (Metode Pengujian untuk Mendapatkan Kepadatan Tanah Maksimum dengan Kadar Air Optimum).

Pengujian itu mencakup kekuatan geser dan hubungan antara kepadatan/dengan kadar air yang keduanya dilakukan di lapangan maupun di laboratorium.

5. Metode Pemadatan

Tujuan dari pelaksanaan adalah untuk mencapai tingkat kepadatan yang diperlukan dengan cara yang paling ekonomis.

Metode pemadatan yang digunakan tergantung pada :

- (a) jenis tanah, termasuk gradasinya dan kadar air pada saat pemadatan dilakukan;
- (b) tingkat kepadatan yang disyaratkan;
- (c) volume pekerjaan dan laju penyediaan bahan timbunan yang akan dipadatkan;
- (d) geometri pekerjaan tanah yang diusulkan;
- (e) persyaratan terhadap dampak lingkungan (contoh kebisingan).

Peralatan pemindah tanah dikembangkan dan ditingkatkan secara terus menerus. Berbagai tipe mesin pemadat yang umumnya tersedia dijelaskan pada SNI.... : Tata Cara Pengoperasian Peralatan Konstruksi untuk Pekerjaan Tanah, dan pedoman pemilihannya untuk berbagai jenis tanah diberikan pada Tabel I.

Untuk menetapkan metode pemadatan yang akan dipergunakan di lokasi, percobaan pemadatan di lapangan, bila perlu, harus dilakukan untuk menentukan alat pemadat yang paling cocok untuk kondisi yang sangat mungkin terjadi selama periode pembangunan, dengan memperhatikan :

- (a) kadar air dari tanah;
- (b) ketebalan lapisan;
- (c) jumlah lintasan;
- (d) variasi gradasi butiran bahan.

Pertimbangan ekonomi harus diperhitungkan. Sebagai contoh, harus diputuskan apakah lebih ekonomis untuk memadatkan dengan ketebalan lapisan 10 cm dengan mesin-gilas yang ringan atau dengan ketebalan lapisan 30 cm dengan mesin-gilas yang lebih berat.

Demikian pula pertimbangan harus diberikan pada jumlah lintasan yang diperlukan dengan mesin gilas roda halus (smooth or tamping rollers) untuk menghasilkan produk akhir yang memenuhi syarat.

Suatu kombinasi dari dua atau lebih jenis peralatan dapat memberikan hasil terbaik.

6. Karakteristik Pemadatan Tanah

6.1 Urugan Batuan

Urugan batuan harus dipadatkan dalam lapisan-lapisan yang tebal dengan diameter maksimum fragmen batuan tidak lebih dari dua pertiga ketebalan lapisan. Bahan yang diperoleh dari penggalian dalam batuan keras biasanya dihampar pada lapisan sampai setebal 1,5 meter dengan traktor roda rantai bergigi.

Proses ini bermanfaat untuk mencampur kembali bahan yang telah mengalami segregasi selama pengangkutan, dan menghasilkan permukaan yang relatif datar dan rata dimana mesin pemadat bekerja di atasnya.

Teknik vibrasi memberikan hasil terbaik pada pemadatan urugan batu dengan mesin gilas getar yang bobot statisnya 10 sampai dengan 15 ton, biasanya dapat memadatkan urugan batu dengan efisien pada tebal lapisan sampai 1,5 meter.

Perlu sekali untuk menghampar urugan batu yang didapat dari penggalian batuan keras atau batuan cukup keras dengan kadar air setinggi mungkin, dengan maksud mencegah keruntuhan karena jenuhnya bahan sesudahnya. Untuk ini bahan bisa diberi air sesudah penghamparan.

Bahan urug yang didapat dari batuan yang lemah dapat terdegradasi secara cepat oleh pemadatan, dan masalah dapat timbul jika bahan mempunyai kadar air cukup tinggi yang akan menghasilkan kelebihan tekanan air pori yang menyebabkan ketidakstabilan setempat yang terjadi selama pelaksanaan pemadatan. Oleh karena itu diperlukan standar pemadatan untuk menghindari munculnya kondisi tersebut di atas. Secara umum, ketebalan lapisan harus tidak lebih dari 50 cm.

6.2 Tanah Berbutir

Tanah berbutir biasanya didefinisikan sebagai tanah tak berkohesi atau tanah kasar dengan permeabilitas yang tinggi yang mengandung prosentase butiran halus yang sedikit (kurang dari 10% yang lebih kecil dari 0,06 mm). Prosentase butiran halus yang masih bisa diterima tergantung pada apakah tanahnya berkohesi atau tidak berkohesi. Di bawah tekanan dari peralatan pemadat, air dapat dipaksa keluar dan derajat pemadatan yang tinggi bisa dicapai, walaupun bahan pada mulanya mempunyai kadar air yang tinggi.

Pada keadaan terpadatkan, tanah berbutir memiliki daya dukung beban yang tinggi, oleh karena itu, lebih disukai untuk keperluan urugan dan biasanya mudah dipadatkan. Bila bahan mengandung jumlah butiran halus yang cukup besar, tekanan air pori yang tinggi dapat berkembang selama pemadatan jika kadar airnya tinggi, sehingga mengurangi stabilitas. Tanah berbutir dengan gradasi seragam sulit dicapai tingkat kepadatan yang tinggi di dekat permukaan urugan, khususnya bila digunakan mesin gilas getar. Masalah ini biasanya terpecahkan ketika lapisan berikut di atasnya dipadatkan, permukaan yang kurang padat dari lapisan di bawahnya akan terpadatkan dengan baik.

Peningkatan kepadatan dari tanah berbutir yang bergradasi seragam dapat dicapai dengan pemeliharaan kadar air setinggi mungkin melalui pembasahan yang intensif dan dengan membuat lintasan terakhir pada kecepatan yang lebih tinggi, menggunakan mesin gilas roda halus tanpa getar atau menggunakan mesin gilas berkisi.

6.3 Tanah Halus Berkohesi

6.3.1 Lanau

Kadar air mempunyai pengaruh yang besar pada karakteristik kekuatan dan pemadatan tanah lanauan. Secara khusus, kenaikan kadar air meskipun hanya 1% atau 2% yang bersamaan dengan pengaruh gangguan akibat penghamparan dan pemadatan, dapat mengakibatkan penurunan kekuatan geser yang cukup besar serta membuat bahan sulit dan tidak mungkin menjadi padat.

6.3.2 Lempung

Karakteristik pemadatan lempung sangat tergantung pada kadar air, sehingga usaha untuk memperoleh pemadatan yang lebih tinggi diperlukan dengan pengurangan kadar air. Mungkin perlu lapisan yang lebih tipis dan lintasan yang lebih banyak dengan mesin pemadat yang lebih berat dari yang diperlukan untuk tanah berbutir. Bila lempung dipadatkan pada batas atas kadar air yang layak LIMA pemadatan, kemungkinan timbul ketidakstabilan akibat kelebihan tekanan air pori yang disebabkan pemadatan tersebut.

Bila tanah berkohesi yang diperoleh tempat pengambilan material dalam bentuk bongkah-bongkah yang besar, sesudah penghamparan harus dipecah dengan memakai mesin gilas tumbuk atau mesin gilas berkisi untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan.

6.4 Urugan Khusus Bahan Buangan

Bahan buangan itu sifatnya sangat bervariasi sehingga harus selalu dilakukan percobaan lapangan guna menentukan spesifikasi pemadatan.

7. **Pengendalian Mutu Pematatan Di Lapangan**

Kegiatan-kegiatan berikut karena tingkat kepadatan yang harus dipantau, adalah :

- (a) pembentukan tebal lapisan yang benar untuk masing-masing jenis bahan;
- (b) memisahkan tanah sesuai dengan metode pematatan yang berbeda;
- (c) pembuatan rute alat pemindah tanah untuk menghindari pematatan yang tidak merata;
- (d) jumlah lintasan yang benar yang diberikan kepada masing-masing lapisan dari urugan oleh mesin pemadat;
- (e) bahan urug yang ditempatkan secara benar memungkinkan pematatan yang baik pada tepi timbunan;
- (f) operasi yang benar dari mesin pemadat, khususnya mesin getar;
- (g) pemeliharaan saluran drainasi, selama pelaksanaan urugan.

Selain hal di atas, kadar air dan kerapatan dan/atau kuat geser dari hasil pekerjaan tanah harus diperiksa secara berkala.

8. **Pematatan Dekat Struktur**

Gorong-Gorong

Bahan urug harus ditempatkan dan dipadatkan secara merata pada kedua sisi gorong-gorong untuk menghindari pembebanan terhadap struktur yang tidak seimbang. Urugan yang berada di atas struktur harus dilakukan dibawah pengawasan yang ketat, untuk menghindari adanya beban terpusat yang tidak dapat diterima karena alat berat atau tanah urugan mengandung bahan yang bisa merusak struktur.

Metode dan cara pematatan harus disetujui dalam hubungannya dengan urutan desain dan urutan pelaksanaan dan gorong-gorong. Tipe gorong-gorong tertentu, misalnya yang terbuat dari plat logam bergelombang, memerlukan penggunaan bahan urug pilihan untuk bagian yang langsung dekat struktur.

Dinding Tumpuan dan Dinding Penahan

Salah satu masalah pemeliharaan yang paling sering yang terjadi dalam hubungannya dengan timbunan adalah karena penurunan muka tanah urugan tak merata di belakang dinding tumpuan dan tembok sayap. Oleh karena itu sangat perlu bahwa bahan yang ditempatkan di belakang struktur berasal dari jenis tingkat perbedaan penurunan muka tanahnya kecil.

Umumnya perlu menghilangkan bahan kohesif yang ada dan batuan lemah tertentu misalnya kapur. Pada keadaan ini, perlu untuk mendatangkan bahan berbutir terpilih atau abu bahan bakar bubuk.

Pada timbunan disekitar struktur yang tidak selesai dibangun pengisian ruang antara struktur dan timbunan yang ada dilakukan dengan mernotong permukaan timbunan tersebut secara bertangga sehingga pematatan dapat dilakukan lapis demi lapis dengan baik.

Karena lokasi ini terletak pada ruangan yang terbatas dan dengan bentuk yang tidak teratur maka harus digunakan mesin pemadat kecil yang dioperasikan dengan tangan.

Penghalang

Penghalang ini berupa lubang kontrol, pilar jembatan, kolom, dan sebagainya, atau penghalang sementara seperti tiang atau menara penyangga kabel atas atau peralatan pemantau penurunan permukaan tanah.

Untuk mendapatkan pemadatan yang dibutuhkan di sekeliling penghalang, biasanya perlu untuk mempergunakan mesin pemadat tambahan yang cocok yang bisa beroperasi secara efisien pada kondisi ini tanpa merusak bangunan yang menghalangi.

LAMPIRAN

Daftar Istilah

Pemadatan	:	compaction
Tingkat kepadatan	:	degree of compaction
Urugan batuan	:	r-ockfill
Batuan keras	:	Sound rock
Traktor roda rantai bergigi	:	cr-awler tractor
Mesin gilas getar	:	Vibrating roller
Mesin gilas roda halus tanpa getar	:	non vibrating smooter wheel r-oller
Vibro tamper	:	penumbuk getar
Mesin gilas berkisi	:	grid roller
Mesin gilas tumbuk	:	tamping roller
Bahan buangan	:	waste material
Pengahalang	:	obsttruction
Dinding tumpuan	:	abutment
Dinding penahan	:	retaining wall
Mesin gilas ban angin	:	pneumatic tyred roller
gilas berkaki	:	sheep foot moller
Tanah berbutir	:	granular soil

Tabel 1. Tipikal karakteristik pemadatan untuk tanah asli, batuan bahan buatan yang digunakan pada pelaksanaan pekerjaan tanah
 Informasi di tabel ini harus dipakai hanya sebagai pedoman umum. Apabila kinerja bahan tidak dapat diprediksi, percobaan pekerjaan tanah bisa dilakukan.
 Tabel ini berlaku hanya untuk penempatan urugan dan pemadatan dalam lapisan-lapisan. Ini tidak berlaku untuk pemadatan yang dalam, langsung dari bahan di tempat

Material	Kelompok	Sub kelompok	Jenis peralatan pemadat yang cocok	Jumlah lintasan minimum untuk pemadatan yang baik	Ketebalan maks. lapisan pemadatan (mm)	Keterangan
Bahan sejenis batuan	Batuan alam	Semua urugan batuan (kecuali kapur)	Mesin gilas getar berat tidak kurang dari 180 kg per100 mm gelinding Mesin gilas berkisi tidak kurang dari 800 kg per 100 mm gelinding Mesin gilas tumbuk maju sendiri	4 - 12	500- 1500 tergantung pada alat yang dipakai	Jika bergradasi baik atau mudah pecah kemudian ini dapat diklasifikasikan sebagai tanah butiran kasar untuk keperluan pemadatan. Diameter maksimum dad fragmen batuan harus tidak lebih dad dua per tiga ketebalan lapisan.
		Kapur	Lihat keterangan	3	500	Bahan ini dapat sangat sensitif terhadap berat dan operasi dad peraian pemadatan dan penghamparan Diperlukan usaha pemadatan yang lebih sedikit daripada dengan batu jenis lain.
Bahan buatan	Bahan buangan	Serpih batu bara yang terbakar dan yang tidak terbakar	Mesin gilas getar berat Mesin gilas rada halus Mesin gilas tumbuk maju sendiri	4 - 12 tergantung berat alat	300	
		Abu bahan bakar bubuk	Mesin gilas getar Mesin gilas tumbuk maju sendiri Mesin gilas roda halus Mesin gilas roda angin			Termasuk batu karang dan tungku pembakaran abu bawah
		Pecahan beton, batu bata, baja tuang, dsb.	Mesin gilas getar berat Mesin gilas tumbuk maju sendiri Mesin gilas roda halus			Kerak batu bata sulfit tak-diproses harus digunakan dengan hati-hat

Tabel 1 (lanjutan)

Bahan	Kelompok	Sub kelompok	Jenis peralatan pemadat yang cocok	Jumlah.lintasan minimum untuk pemadatan yang baik	Ketebalan maks, lapisan pemadatan (mm)	Keterangan
Tanah berbutir kasar	Pasir-kerikil dan tanah berkerikil	Kerikil bergradasi baik dan kerikil/ Campuran pasir, sedikit atau tidak ada bahan halus. Kerikil bergradasi baik/campuran pasir dengan bahan pengikat lempung yang sangat baik. Kerikil seragam; sedikit atau tidak ada bahan halus. Kerikil bergradasi jelek dan gravel pasir campuran; sedikit atau tidak ada butiran halus. Kerikil dengan kelebihan bahan halus, gravel lanauan, gravel lempungan, gravel bergradasi jelek/ Pasir/campuran pasir.	Mesin gilas berkisi di atas 540 kg per 100 mm gelinding Mesin gilas ban karet diatas 2000 kg per roda pemadat getar pelat di atas 1100 kg /m ² pada pelat dasar Mesin gilas roda halus Mesin gilas getar Penumbuk getar Mesin gilas tumbuk maju sendiri	3 - 12 tergantung jenis mesin	75-275 tergantung jenis mesin	
	Pasir dan tanah pasiran	Pasir bergradasi baik dan pasir kerikil sedikit atau tidak ada bahan Halus Pasir bergradasi baik dengan bahan pengikat lempung yang sangat baik				
	Pasir dan Kerikil seragam	Kerikil seragam dengan sedikit atau tanpa butiran halus Pasir seragam dengan sedikit atau tanpa butiran halus Pasir bergradasi jelek dgn sedikit atau tanpa butiran halus Pasir dengan butiran halus, pasir lanauan, pasir lempungan, pasir bergradasi jelek/bercampur lempung.	Mesin gilas roda halus di bawah 500 kg per 100 mm gelinding Mesin gilas berkisi di bawah 540 kg per 100 mm gelinding Mesin gilas ban karet di bawah 1500 kg tiap roda Mesin gilas getar Pemadat getar plat Penumbuk getar	3 - 16 tergantung jenis mesin	75-300 tergantung jenis mesin	

Bahan	Kelompok	Sub kelompok	Jenis peralatan pemadat yang cocok	Jumlah lintasan minimum untuk pemadatan yang baik	Ketebalan maks, lapisan pemadatan (mm)	Keterangan	
Tanah berbutir halus	Tanah berplastisitas rendah	Lanau (anorganik) dan pasir sangat halus. Pasir halus lempungan atau lanauan berbatu dengan sedikit plastisitas. Lanau lempungan (anorganik). Lanau organik berplastisitas rendah.	Mesin gilas berkaki Mesin gilas roda halus Mesin gilas ban karet mesin getar di atas 70 kg per 100 mm gelinding Pemadat getar pelat diatas kg./m2 pada plat dasar Penumbuk getar Power rammer	4 - 8 tergantung jenis mesin	100-450 tergantung jenis mesin	Jika kadar lengas tanah rendah lebih baik menggunakan mesin gilas getar Mesin gilas berkaki cocok untuk tanah dengan kadar lengas dt bawan batas plastiknya.	
	Tanah berplastisitas sedang	Lempung pasiran dan lempung lanauan (anorganik) berplastisitas sedang Lempung (inorganik) berplastisitas sedang					
		Lempung organik berplastisitas sedang					Biasanya tidak cocok untuk pekerjaan tanah
	Tanah berplastisitas tinggi	Tanah lanauan atau pasir halus mengandung diatomea bermika Lempung (anorganik) berplastisitas tinggi, lempung gemuk					Hendaknya hanya digunakan bila keadaan mendukung
		Lempung organik berplastisitas tinggi				Hendaknya tidak digunakan untuk pekerjaan tanah	

CATATAN : Jika dilakukan percobaan pekerjaan tanah, jumlah tes kepadatan tanah hasil pemadatan hendaknya dikaitkan dengan jenis-jenis tanah dan deviasi standar hasil yang diperoleh. Pemadatan tanah campuran hendaknya didasarkan pada sub kelompok yang membutuhkan tenaga pemadatan paling besar. Biasanya tidak cocok untuk pekerjaan tanah

LAMPIRAN C

DAFTAR NAMA DAN LEMBAGA

1) Pemrakarsa

Pusat Litbang Pengairan, Badan Litbang PU

2) Penyusun

N A M A	LEMBAGA
Ir. Darjanta Budiharja, Dipl. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sudarta, CES	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Syarifudin	Pusat Litbang Pengairan