

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	iii
Pendahuluan.....	iv
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	2
4 Proses kimia pada stabilisasi tanah.....	2
4.1 Stabilisasi tanah dengan kapur.....	2
4.2 Stabilisasi tanah dengan semen	3
5 Ketentuan perencanaan	4
5.1 Ketentuan umum.....	4
5.1.1 Tanah.....	4
5.1.2 Serbuk pengikat.....	4
5.1.3 Air.....	5
5.1.4 Peralatan laboratorium.....	5
5.2 Ketentuan khusus	5
5.2.1 Kekuatan tanah yang telah distabilisasi.....	5
6 Perencanaan campuran	6
6.1 Pengujian untuk contoh tanah yang belum terstabilisasi.....	6
6.2 Pemilihan jenis bahan serbuk pengikat	7
6.3 Penentuan perkiraan persentase bahan pengikat	8
6.3.1 Memperkirakan kebutuhan bahan pengikat semen	8
6.3.2 Memperkirakan kebutuhan bahan pengikat kapur.....	9
6.3.3 Memperkirakan kebutuhan bahan serbuk pengikat jenis lainnya	10
6.4 Langkah-langkah pengujian.....	10
6.5 Penentuan kadar bahan serbuk pengikat rencana	12
6.5.1 Semen.....	12
6.5.2 Kapur	12
Lampiran A (normatif).....	13
Lampiran B (informatif) Contoh penentuan jenis dan persentase bahan pengikat semen	15
Lampiran C (informatif) Contoh penentuan jenis dan persentase bahan pengikat kapur.....	19
Lampiran D (informatif) Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan untuk meminimalisasi potensi retak dini.....	23
Lampiran E (informatif) Deviasi teknis dan keterangan	24
Bibliografi.....	25

Gambar 1 - Penentuan perkiraan persentase kapur yang dibutuhkan	10
Gambar A.1 – Bagan alir perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat ...	13
Gambar B.1 – Grafik hubungan antara nilai CBR dan kadar semen.....	18
Gambar C.1 – Penentuan perkiraan awal kadar pengikat kapur yang dibutuhkan	20
Gambar C.2 – Grafik hubungan antara nilai kuat tekan bebas rata-rata dan kadar kapur ...	22
Tabel 1 - Ketentuan kapur	4
Tabel 2 - Ketentuan air	5
Tabel 3 - Persyaratan kekuatan dan <i>durability</i> tanah yang telah distabilisasi	6
Tabel 4 - Nilai tipikal desain kuat tekan bebas dan <i>flexural</i> untuk bahan jalan yang telah distabilisasi	6
Tabel 5 - Jenis bahan pengikat.....	7
Tabel 6 - Penentuan perkiraan persentase semen yang dibutuhkan	8
Tabel 7 - Kebutuhan semen rata-rata untuk tanah kepasiran	8
Tabel 8 - Kebutuhan semen rata-rata untuk tanah kelanauan dan kelembungan.....	9
Tabel B.1 - Hasil pengujian laboratorium pada tanah asli	15
Tabel B.2 - Penentuan kebutuhan jumlah kadar semen.....	16
Tabel B.3 - Kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah semen.....	17
Tabel B.4 - Hasil pengujian pembasahan dan pengeringan.....	17
Tabel B.5 - Hasil pengujian CBR rendaman.....	17
Tabel C.1 - Hasil pengujian laboratorium pada tanah asli	19
Tabel C.2 - Penentuan kebutuhan jumlah kadar kapur	21
Tabel C.3 - Kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah-kapur	21

Prakata

Pedoman perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan adalah revisi dari SNI 03-3437-1994, *Tata cara pembuatan rencana stabilisasi tanah dengan kapur untuk jalan* dan SNI 03-3438-1994, *Tata cara pembuatan rencana stabilisasi tanah dengan semen portland untuk jalan*, dengan melakukan modifikasi perencanaan stabilisasi tanah di laboratorium terhadap beberapa deviasi teknis sesuai Lampiran E.

Pedoman ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Geoteknik pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) Nomor 8 Tahun 2007 dan dibahas pada konsensus tanggal 18 Desember 2007 di Bandung, yang melibatkan narasumber, pakar, dan lembaga terkait

Pendahuluan

Banyak material tanah di lapangan tidak dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pengerjaan konstruksi jalan. Kondisi material tanah yang tidak memenuhi syarat ini dapat diperbaiki sifat teknisnya sehingga kekuatannya meningkat dengan menambahkan bahan serbuk pengikat sehingga material tanah tersebut dapat digunakan sebagai lapisan fondasi pada konstruksi jalan. Material tanah yang telah diperbaiki ini akan mengurangi dampak kegagalan konstruksi.

Bahan serbuk pengikat untuk stabilisasi tanah yang banyak dan biasa digunakan di lapangan adalah:

- 1) Semen;
- 2) Kapur;
- 3) *Ground granulated blast furnace slag* (GGBFS) dan kapur;
- 4) Semen, kapur, dan abu terbang (*fly ash*);
- 5) Kapur dan abu terbang;
- 6) GGBFS, kapur, dan abu terbang

Pada prinsipnya penggunaan bahan serbuk pengikat di atas dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah atau yang dikenal dengan stabilisasi tanah. Dalam menggunakan bahan serbuk pengikat pada stabilisasi tanah harus dicari komposisi masing-masing bahan terhadap campuran stabilisasi melalui suatu perencanaan stabilisasi di laboratorium sehingga akan didapat komposisi yang efektif untuk stabilisasi tanah di lapangan.

Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan

1 Ruang lingkup

Pedoman ini berisi prinsip-prinsip yang perlu diperhatikan dalam menerapkan perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan. Pedoman ini ditekankan hanya untuk jenis bahan serbuk semen dan kapur, sedangkan untuk jenis bahan serbuk lainnya, pedoman ini dapat digunakan sebagai acuan dengan mempertimbangkan ketentuan-ketentuan lain yang disyaratkan dalam penggunaannya.

Pedoman ini meliputi ketentuan umum bahan dan peralatan serta ketentuan khusus untuk kekuatan campuran, dan prosedur perencanaan stabilisasi tanah di laboratorium.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi yang terkait dengan pedoman ini:

SNI 06-1140-1989, *Cara uji pH air dengan elektrometer.*

SNI 03-1742-1989, *Metode pengujian kepadatan ringan untuk tanah.*

SNI 03-1743-1989, *Metode pengujian kepadatan berat untuk tanah.*

SNI 03-1744-1989, *Metode pengujian CBR laboratorium.*

SNI 03-1964-1990, *Metode pengujian berat jenis tanah.*

SNI 03-1965-1990, *Metode pengujian kadar air tanah.*

SNI 03-1966-1990, *Metode pengujian batas plastis tanah.*

SNI 03-1967-1990, *Metode pengujian batas cair dengan alat Casagrande.*

SNI 03-1968-1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat.*

SNI 06-2426-1991, *Metode pengujian sulfat dalam air dengan spektrofotometer.*

SNI 06-2431-1991, *Metode pengujian klorida dalam air dengan argentometrik Mohr.*

SNI 06-2502-1991, *Metode pengujian kadar minyak dan lemak dalam air secara gravimetri.*

SNI 03-3423-1994, *Analisis ukuran butir tanah dengan alat hidrometer.*

SNI 03-3638-1994, *Metode pengujian kuat tekan bebas tanah kohesif.*

SNI 03-4147-1996, *Spesifikasi kapur untuk stabilisasi tanah.*

SNI 13-6427-2000, *Metode pengujian uji basah dan kering campuran tanah semen dipadatkan.*

SNI 03-6887-2002, *Metode pengujian kuat tekan bebas campuran tanah-semen.*

SNI 03-6414-2000, *Spesifikasi timbangan yang digunakan pada pengujian bahan.*

SNI 03-6817-2002, *Metode pengujian mutu air untuk digunakan dalam beton.*

SNI 03-6827-2002, *Metode pengujian waktu ikat awal semen portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil.*

SNI 03-6886-2002, *Metode pengujian hubungan kadar air dan kepadatan pada campuran tanah-semen.*

SNI 15-2049-2004, *Semen portland.*

SNI 03-6796-2002, *Metode pengujian untuk menentukan tanah ekspansif.*

ASTM D 1632-96, *Making and curing soil-cement compression and flexure test specimens in the laboratory.*

ASTM D 1635-96, *Flexural strength of soil-cement using simple beam with third-point loading.*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam pedoman ini adalah sebagai berikut:

3.1

bahan jalan

material yang dapat digunakan untuk jalan berupa tanah, agregat dan material perkerasan lama yang telah dihancurkan

3.2

bahan serbuk pengikat

material serbuk yang bersifat sebagai bahan pengikat (semen portland, kapur dan/atau berbagai jenis serbuk sesuai persyaratan penggunaannya) untuk campuran bahan jalan sehingga memperbaiki sifat teknisnya

3.3

stabilisasi tanah

proses pencampuran tanah, bahan pengikat, dan air untuk perbaikan sifat-sifat teknis tanah

3.4

tanah

partikel hasil pelapukan batuan berupa butiran halus, butiran kasar, maupun kombinasi antara butiran halus dan butiran kasar

4 Proses kimia pada stabilisasi tanah

4.1 Stabilisasi tanah dengan kapur

Tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan kapur adalah sebagai berikut:

a) Absorpsi air, reaksi eksotermis dan reaksi ekspansif;

Bila kapur dicampurkan pada tanah yang ada kandungan airnya, akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Bereaksinya antara air dengan kapur akan menimbulkan panas dan pada saat bersamaan, volume kapur menjadi lebih besar dari pada volume asalnya sehingga menyebabkan turunnya kandungan air di dalam tanah.

b) Reaksi pertukaran ion;

Butiran lempung dalam kandungan tanah berbentuk halus dan bermuatan negatif. Ion positif seperti ion hidrogen (H^+), ion natrium (Na^+), ion kalsium (K^+), serta air yang berpolarisasi, semuanya melekat pada permukaan butiran lempung.

Jika kapur ditambahkan pada tanah dengan kondisi seperti di atas, maka pertukaran ion segera terjadi, dan ion natrium yang berasal dari larutan kapur diserap oleh permukaan butiran lempung. Jadi, permukaan butiran lempung tadi kehilangan kekuatan tolaknya (*repulsion force*), dan terjadilah kohesi pada butiran itu sehingga berakibat kenaikan kekuatan konsistensi tanah tersebut.

c) Reaksi pozolan;

Reaksi antara silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral reaktif, sehingga dapat bereaksi dengan kapur dan air. Hasil reaksi adalah terbentuknya kalsium silikat hidrat seperti: tobermorit, kalsium aluminat hidrat $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 12H_2O$ dan gehlenit hidrat $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 6H_2O$ yang tidak larut dalam air. Pembentukan senyawa-senyawa ini berlangsung lambat dan menyebabkan tanah menjadi lebih keras, lebih padat dan lebih stabil.

Proses kimia stabilisasi tanah dengan kapur sangat tergantung pada sifat reaktif mineral lempung yang dikandungnya. Tanah dengan kandungan mineral lempung, terutama yang sifat reaktifnya rendah (SNI 03-6796-2002), tidak dianjurkan menggunakan kapur sebagai bahan stabilisasi.

4.2 Stabilisasi tanah dengan semen

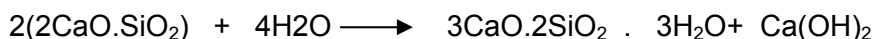
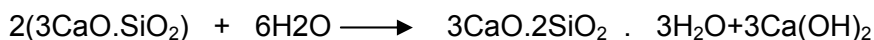
Tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan semen adalah sebagai berikut:

a) Absorpsi air dan reaksi pertukaran ion;

Bila Semen Portland ditambahkan pada tanah, ion kalsium Ca^{++} dilepaskan melalui proses hidrolisa dan pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung, seperti diterangkan pada 4.1 (stabilisasi dengan kapur). Dengan reaksi ini partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensi tanah menjadi lebih baik.

b) Reaksi pembentukan kalsium silikat dan kalsium aluminat;

Contoh-contoh umum hidrasi adalah sebagai berikut:



Dari reaksi-reaksi kimia tersebut di atas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan ialah hidrasi dari A-lit ($3CaO \cdot SiO_2$) dan B-lit ($2CaO \cdot SiO_2$), sehingga membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat yang mengakibatkan kekuatan tanah meningkat.

c) Reaksi pozolan.

Proses reaksi pozolan, seperti yang dijelaskan pada 4.1.c).

5 Ketentuan perencanaan

5.1 Ketentuan umum

5.1.1 Tanah

Pada umumnya semua jenis tanah dapat ditingkatkan sifat teknisnya melalui proses stabilisasi.

5.1.2 Serbuk pengikat

Jenis-jenis serbuk pengikat yang dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah adalah sebagai berikut:

- 1) Kapur;
- 2) Semen;
- 3) Polimer;
- 4) *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dan kapur;
- 5) Semen, kapur, dan abu terbang (*fly ash*);
- 6) Kapur dan abu terbang;
- 7) GGBFS, kapur, dan abu terbang.

5.1.2.1 Kapur

Kapur yang digunakan untuk bahan stabilisasi adalah sebagai berikut:

- 1) Kapur kembang : CaO
- 2) Kapur padam : Ca (OH)₂

Kapur yang digunakan untuk bahan stabilisasi harus memenuhi persyaratan pada Tabel 1.

Tabel 1 - Ketentuan kapur

Unsur	Kapur	
	Kapur kembang (CaO)	Kapur padam Ca(OH) ₂
Magnesium dan Kalsium Oksida	> 92%	> 95%
Karbon Dioksida	3% - 10%	5% - 7%
Kehalusan Butir	-	< 12% (2 micron)

Keterangan:

- Kapur kembang biasanya digunakan pada tanah yang mempunyai kadar air lebih besar dari 50%.

5.1.2.2 Semen

Semen yang digunakan untuk bahan stabilisasi adalah sebagai berikut:

- 1) Semen yang akan digunakan untuk stabilisasi tanah adalah semen Portland tipe I sesuai SNI 15-2049-2004.

2) Harus dilakukan pengujian waktu ikat awal dari semen sesuai SNI 03-6827-2002.

5.1.3 Air

Air yang digunakan harus bersih, tidak mengandung asam alkali, bahan organik, minyak, sulfat, dan klorida serta acuan standarnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 - Ketentuan air

No	Macam pengujian	Acuan	Nilai kualitas air
1	pH	SNI 06-1140-1989	4,5 – 8,5
2	Bahan Organik	SNI 03-6817-2002	Maks. 2000×10^{-6}
3	Minyak dan lemak	SNI 06-2502-1991	< 2% berat semen
4	Ion Sulfat (Na_2SO_4)	SNI 06-2426-1991	< 10.000×10^{-6}
5	Ion Klorida (NaCL)	SNI 06-2431-1991	< 20.000×10^{-6}

5.1.4 Peralatan laboratorium

Peralatan laboratorium yang diperlukan harus memenuhi persyaratan standar pengujian dan telah dikalibrasi sesuai ketentuan yang berlaku. Peralatan laboratorium yang digunakan dalam pedoman perencanaan stabilisasi ini adalah sebagai berikut:

- a) Peralatan untuk klasifikasi tanah;
 - 1) kadar air (sesuai dengan SNI 03-1965-1990);
 - 2) batas cair (sesuai dengan SNI 03-1967-1990);
 - 3) batas plastis (sesuai dengan SNI 03-1966-1990);
 - 4) analisis saringan (sesuai dengan SNI 03-1968-1990);
 - 5) berat jenis (sesuai dengan SNI 03-1964-1990);
 - 6) analisis hidrometer (sesuai dengan SNI 03-3423-1994);
- b) Timbangan dengan kapasitas 11,3 kg dengan ketelitian 0,005 kg serta timbangan dengan kapasitas 1000 g dan ketelitian 0,1 g;
- c) Oven yang dilengkapi pengatur temperatur dan mempertahankan temperatur pada $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- d) Pengaduk (*mixer*), sendok, spatula, dan talam;
- e) Peralatan untuk pemadatan ringan (sesuai dengan SNI 03-1742-1989) dan alat pemadatan berat (sesuai dengan SNI 03-1743-1989) jika diperlukan;
- f) Peralatan untuk pengujian kuat tekan bebas (sesuai dengan SNI 03-3638-1994);
- g) Peralatan untuk pengujian CBR (sesuai dengan SNI 03-1744-1989).

5.2 Ketentuan khusus

5.2.1 Kekuatan tanah yang telah distabilisasi

Kriteria kekuatan tanah yang telah distabilisasi, ditunjukkan oleh sifat kekuatan dan nilai durabilitas, seperti terlihat pada Tabel 3.

Kekuatan campuran biasanya disebut kekuatan struktural yang dapat dinyatakan dalam nilai UCS, CBR dan *flexural modulus*. Pada umumnya nilai tipikal desain kekuatan struktural dan *flexural modulus* bahan jalan yang telah distabilisasi ditunjukkan derajat pengikatan nilai stabilisasi dan dapat mengacu pada Tabel 4.

Tabel 3 - Persyaratan kekuatan dan *durability* tanah yang telah distabilisasi

Pengujian	Acuan	Batas-batas sifat
Kuat tekan bebas (<i>Unconfined Compressive Strength, UCS</i>)	SNI 03-6887-2002	2,1 – 2,8 MPa *) (21 – 28) kg/cm ²
<i>California Bearing Ratio (CBR)</i> **) a) Lapis fondasi (<i>Base</i>) b) Lapis fondasi bawah (<i>Subbase</i>)	SNI-03-1744-1989	Minimum 90% Minimum 35%
Pengujian basah dan kering (nilai durabilitas) % Kehilangan Berat <ul style="list-style-type: none"> • klasifikasi tanah : A-1, A-2-4, A-2-5, dan A-3 • klasifikasi tanah : A-2-6, A-2-7, A-4, dan A-5 • klasifikasi tanah : A-6 dan A-7 	SNI 13-6427-2000	Maksimum 14% Maksimum 10% Maksimum 7%

Keterangan:

*) akan menghasilkan stabilisasi tanah yang mempunyai daya dukung, durabilitas, dan sifat susut yang baik. Pada umumnya untuk stabilisasi menggunakan semen, nilai tersebut akan dicapai pada umur pemeraman 7 hari.

**) Nilai CBR dalam kondisi setelah rendaman (*soaked*).

Tabel 4 - Nilai tipikal desain kuat tekan bebas dan *flexural* untuk bahan jalan yang telah distabilisasi

Derajat pengikatan nilai stabilisasi	Desain kekuatan-28 hari		<i>Design flexural modulus</i>	
	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
Rendah (<i>modified</i>)*)	UCS ≤ 1	UCS ≤ 10	≤ 1000	≤ 10.000
Sedang (<i>lightly bound</i>)	1 < UCS < 4	10 < UCS < 40	1.500 sampai dengan 3.000	15.000 sampai dengan 30.000
Tinggi (<i>heavily bound</i>)	UCS ≥ 4	UCS ≥ 40	≥ 3000	≥ 30.000

Keterangan:

*) Pengujian kekuatan dapat menggunakan CBR.

6 Perencanaan campuran

Langkah-langkah yang direkomendasikan dalam perencanaan campuran stabilisasi tanah dengan menggunakan bahan serbuk pengikat dapat dilihat pada bagan alir Lampiran A Gambar A-1.

6.1 Pengujian untuk contoh tanah yang belum terstabilisasi

a) Tentukan indeks propertis tanah. Sifat-sifat indeks ini diperlukan untuk mengklasifikasikan tanah dalam menentukan jenis bahan stabilisasi dengan serbuk pengikat yang sesuai dan menentukan perkiraan awal jumlah kadar bahan serbuk pengikat yang perlu ditambahkan ke dalam tanah yang akan distabilisasi. Pengujian indeks ini adalah sebagai berikut:

- 1) batas cair (*liquid limit, LL*), sesuai dengan SNI 03-1967-1990;
- 2) batas plastis (*plastic limit, PL*) dan indeks plastisitas (*plasticity index, PI*), sesuai dengan SNI 03-1966-1990;

- 3) analisis saringan, sesuai dengan SNI 03-1968-1990;
 - 4) analisis hidrometer, sesuai dengan SNI 03-3423-1994.
- b) Penyiapan benda uji;
- 1) Siapkan contoh tanah yang kering udara dengan cara digemburkan. Apabila contoh tanah dalam kondisi basah, pengeringan dapat dilakukan dengan mengangin-anginkan (*air-dry*) atau menggunakan alat pengering yang dapat membatasi temperatur contoh tanah sampai dengan 60°C;
 - 2) Ambil contoh tanah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan disimpan dalam kantong pada temperatur ruangan. Jika tanah tersebut mengandung agregat tertahan No 4 (4,75 mm) maka ambil material tanah yang lolos saringan 19 mm tetapi mengandung bahan yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) maksimum 35%. Berat contoh tanah disesuaikan dengan kebutuhan untuk masing-masing standar pengujian yang akan diterapkan;
 - 3) Ambil contoh tanah secukupnya untuk pengujian kadar air awal (SNI 03-1965-1990).
- c) Lakukan uji pemadatan ringan atau pemadatan berat, jika diperlukan, untuk mendapatkan kadar air optimum (*Optimum moisture content*) dan kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) yang sesuai dengan SNI 03-1742-1989 atau SNI 03-1743-1989.
- d) Lakukan uji kekuatan tanah dengan uji kuat tekan bebas sesuai dengan SNI 03-3638-1994 atau uji CBR sesuai dengan SNI-1744-1989. Pengujian untuk tanah berbutir halus dianjurkan menggunakan uji kuat tekan bebas, sedangkan uji CBR digunakan untuk tanah berbutir kasar. Nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasi.

6.2 Pemilihan jenis bahan serbuk pengikat

Pemilihan jenis bahan serbuk pengikat ditentukan berdasarkan nilai indeks propertis dapat mengacu Tabel 5. Jika bahan serbuk pengikat tidak tersedia pada Tabel 5, jenis bahan serbuk pengikat tersebut dapat diuji coba sesuai tahapan perencanaan stabilisasi di laboratorium dalam pedoman ini.

Tabel 5 - Jenis bahan pengikat

Jenis bahan serbuk pengikat	Lebih besar dari 25% lolos saringan 0,075 mm			Lebih kecil atau sama dari 25% lolos saringan 0,075 mm		
	PI ≤ 10	10 < PI < 20	PI ≥ 20	PI ≤ 6 atau PI x% lolos # 75µm ≤ 60	6 < PI ≤ 10	PI ≥ 10
Semen dan ikatan yang dibentuk oleh sementasi						
Kapur						
Polimer						

Keterangan:

Dianjurkan :	
Dipertimbangkan :	
Tidak dianjurkan :	

6.3 Penentuan perkiraan persentase bahan pengikat

6.3.1 Memperkirakan kebutuhan bahan pengikat semen

Kebutuhan semen dapat ditentukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- Langkah 1:** menentukan perkiraan awal kadar semen berdasarkan klasifikasi tanah AASHTO (Tabel 6).
- Langkah 2:** melakukan uji hubungan kepadatan-kadar air (*moisture-density test*) untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah-semen dengan menggunakan perkiraan awal kadar semen yang diperoleh dari langkah 1.
- Langkah 3:** memeriksa perkiraan awal kadar semen dengan merujuk pada Tabel 7 jika tanahnya kepasiran atau pada Tabel 8 jika tanahnya kelanauan atau kelempungan. Kedua tabel tersebut memperhitungkan kepadatan kering maksimum dan sifat-sifat tanah lainnya sehingga dapat diperoleh perkiraan kadar semen yang lebih akurat dengan variasi 2% di atas dan 2% di bawah nilai yang didapatkan.

Tabel 6 - Penentuan perkiraan persentase semen yang dibutuhkan

Klasifikasi tanah menurut AASTHO	Rentang umum kadar semen yang diperlukan	Perkiraan kadar semen (% berat) untuk uji pematatan
	% berat	% berat
A-1.a	3 – 8	5
A-1.b	5 – 8	6
A-2	5 – 9	7
A-3	7 – 11	9
A-4	7 – 12	10
A-5	8 – 13	10
A-6	9 – 15	12
A-7	10 – 16	13

Tabel 7 - Kebutuhan semen rata-rata untuk tanah kepasiran

Tanah tertahan saringan No.4	Bahan lebih kecil dari 0,05 mm, %	Kadar semen, % berat					
		Berat isi maksimum, ton/m ³					
		1,68-1,75	1,76-1,83	1,84-1,91	1,92-1,99	2,00-2,07	≥ 2,08
0-14	0-19	10	9	8	7	6	5
	20-39	9	8	7	7	5	5
	40-50	11	10	9	8	6	5
15-29	0-19	10	9	7	6	5	5
	20-39	9	8	7	6	6	5
	40-50	12	10	9	8	7	6
30-45	0-19	10	8	7	6	5	5
	20-39	11	9	8	7	6	5
	40-50	12	11	10	9	8	6

Tabel 8 - Kebutuhan semen rata-rata untuk tanah kelanauan dan kelembungan

Grup Indeks (GI)	Bahan antara 0,05 mm dan 0,005 mm, %	Kadar semen, %berat						
		Berat isi maksimum, ton/m ³						
		1,40 – 1,50	1,51 – 1,59	1,60 – 1,67	1,68- 1,75	1,76- 1,83	1,84- 1,91	≥ 1920
0 – 3	0-19	12	11	10	8	8	7	7
	20-39	12	11	10	9	8	8	7
	40-59	13	12	11	9	9	8	8
	≥ 60	--	--	--	--	--	--	--
4 – 7	0-19	13	12	11	9	8	7	7
	20-39	13	12	11	10	9	8	8
	40-59	14	13	12	10	10	9	8
	≥ 60	15	14	12	11	10	9	9
8 - 11	0-19	14	13	11	10	9	8	8
	20-39	15	14	11	10	9	9	9
	40-59	16	14	12	11	10	10	9
	≥ 60	17	15	13	11	10	10	10
12 – 15	0-19	15	14	13	12	11	9	9
	20-39	16	15	13	12	11	10	10
	40-59	17	16	14	12	12	11	10
	≥ 60	18	16	14	13	12	11	11
16 – 20	0-19	17	16	14	13	12	11	10
	20-39	18	17	15	14	13	11	11
	40-59	19	18	15	14	14	12	12
	≥ 60	20	19	16	15	14	13	12

Nilai *Group Indeks* (GI) ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0,005 (LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI-10)$$

Keterangan:

F adalah persentase butiran yang lolos saringan No.200

LL adalah batas cair (*liquid limit*)

PI adalah indeks plastisitas

6.3.2 Memperkirakan kebutuhan bahan pengikat kapur

Penentuan kebutuhan jenis bahan serbuk pengikat kapur ditentukan berdasarkan nilai indeks propertis dapat mengacu Gambar 1.

1) Pencampuran dengan cara manual;

Campur bahan-bahan yang sudah ditimbang di dalam pan logam atau meja baja yang bersih dan lembab dengan sendok tembok yang tumpul dengan cara sebagai berikut:

- a) Campur bahan serbuk pengikat dengan tanah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) sampai tercampur dengan baik.
- b) Tambahkan air yang jumlahnya telah dihitung dan campur sampai tercampur dengan baik.
- c) Jika terdapat material tanah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) maka tambahkan agregat yang jenuh kering permukaan setelah campuran tanah lolos saringan No.4 (4,75 mm) dengan bahan serbuk pengikat tercampur secara homogen.

2) Pencampuran dengan menggunakan pengaduk.

Ikuti urutan pencampuran seperti pada pencampuran manual. Untuk menghilangkan segregasi, tuangkan campuran tanah-bahan pengikat yang sudah diaduk mesin tersebut pada pan logam yang lembab dan bersih kemudian dicampur dengan menggunakan sekop.

- c) Lakukan pemadatan ringan pada campuran tanah-bahan serbuk pengikat sesuai dengan variasi kadar air dari pengujian pemadatan untuk tanah yang belum distabilisasi. Pemadatan berat dapat juga dilakukan untuk campuran tanah-bahan pengikat jika syarat perencanaan yang diinginkan lebih tinggi dengan mempertimbangkan jenis material yang akan distabilisasi;
- d) Gambarkan hubungan antara kadar air dan kepadatan dalam bentuk grafik untuk masing-masing variasi kadar bahan serbuk pengikat. Tentukan kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan Kadar Air Optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) untuk masing-masing kadar bahan pengikat yang digunakan;
- e) Jika menggunakan bahan pengikat semen, dilakukan uji pembasahan dan pengeringan (SNI 13-6427-2000) sebelum melakukan uji kuat tekan bebas atau CBR. Hasil ujinya dinyatakan dalam % kehilangan berat dan bandingkan dengan persyaratan pada Tabel 3. Untuk detailnya dapat dilihat pada bagan alir perencanaan stabilisasi pada Lampiran A;
- f) Apabila menggunakan bahan pengikat selain semen, dapat langsung melakukan uji kuat tekan bebas (UCS) atau melakukan uji CBR. Campuran tanah-bahan serbuk pengikat bersifat semen dianjurkan menggunakan uji kuat tekan bebas, sedangkan uji CBR dianjurkan untuk campuran tanah-bahan serbuk pengikat yang tidak bersifat semen;
- g) Siapkan benda uji untuk uji kekuatan pada kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum yang diperoleh dari 6.4.d). Benda uji segera dirawat (dibungkus) dan diperam di tempat yang dapat mempertahankan kadar air agar berhidrasi;

1) Untuk uji kuat tekan bebas;

Dimensi benda uji sesuai dengan SNI 03-6887-2002. Lakukan pemeraman selama 7 (tujuh) hari dan jika diperlukan, sesuai jenis bahan serbuk pengikat dan jenis tanah, pemeraman dapat dilanjutkan untuk 14 (empat belas) hari, 21 (dua puluh satu) hari dan 28 (dua puluh delapan) hari.

2) Untuk uji CBR.

Dimensi benda uji sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Lakukan pemeraman selama 3 (tiga) hari dengan cara dibungkus dan disimpan di lemari pemeraman pada temperatur ruangan, serta direndam selama 4 (empat) hari.

- h) Lakukan uji kuat tekan bebas (UCS) sesuai dengan SNI 03-6887-2002 atau uji CBR sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Pengujian *flexural* dapat juga dilakukan pada campuran tanah-semen sebagai uji tambahan jika dibutuhkan untuk menentukan desain tebal perkerasan. Penyiapan benda uji dan cara pengujian *flexural* dapat mengacu ASTM D 1632-87 dan ASTM D 1635-87;
- i) Bandingkan hasil yang diperoleh dari uji kuat tekan bebas (UCS) atau CBR tersebut terhadap persyaratan pada Tabel 3. Untuk detailnya dapat dilihat pada bagan alir perencanaan stabilisasi pada Lampiran A;
- j) Jika semua data memenuhi persyaratan pada Tabel 3, penentuan kadar bahan serbuk pengikat rencana mengikuti prosedur 6.5.

6.5 Penentuan kadar bahan serbuk pengikat rencana

Setelah menganalisis semua data yang diperoleh, maka terdapat beberapa pilihan kadar bahan serbuk pengikat yang dapat digunakan yang memenuhi kriteria kekuatan dan durabilitas. Faktor-faktor lain yang juga perlu dipertimbangkan antara lain potensi retak dini, alokasi dana, kemudahan pengerjaan, ketersediaan bahan, dan sumber daya.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan untuk meminimalkan terjadinya retak dini yang berakibat menurunnya kinerja stabilisasi tanah dapat dilihat pada Lampiran D.

6.5.1 Semen

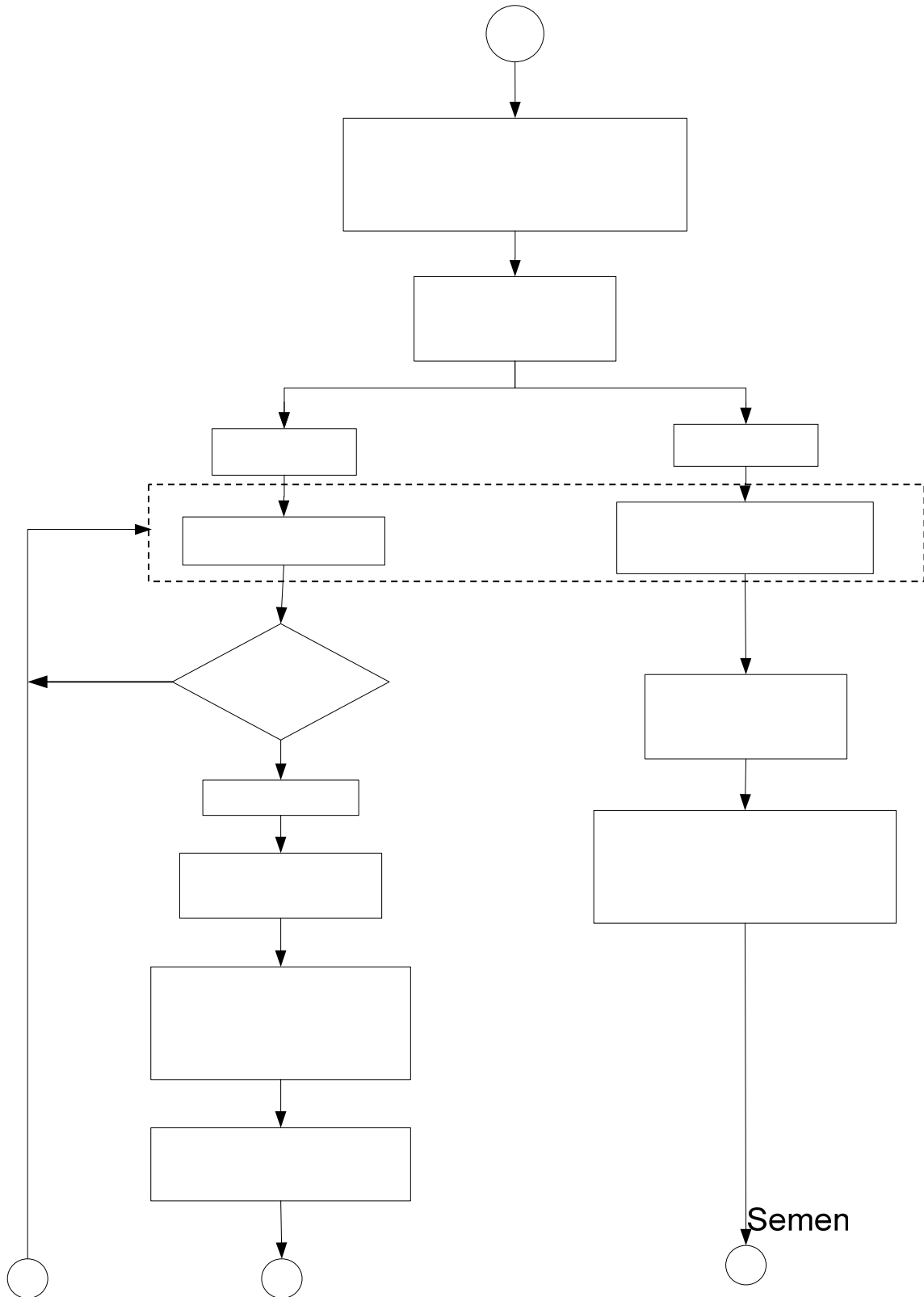
Kriteria berikut ini harus digunakan sebagai acuan untuk memilih kadar semen yang dibutuhkan agar menghasilkan campuran tanah-semen yang keras, tidak mudah rapuh, yang cocok untuk konstruksi lapis fondasi atau lapis fondasi bawah. Kriteria utama yang harus dipenuhi adalah durabilitas dari campuran (Tabel 3) kemudian kekuatan campurannya.

Untuk menentukan kadar semen rencana berdasarkan kekuatan campuran dapat dilakukan dengan menggambarkan grafik hubungan antara persentase semen dan nilai kuat tekan bebas (UCS) atau CBR. Contoh untuk menentukan kadar semen rencana berdasarkan nilai CBR dapat dilihat pada Gambar B.2 Lampiran B.

6.5.2 Kapur

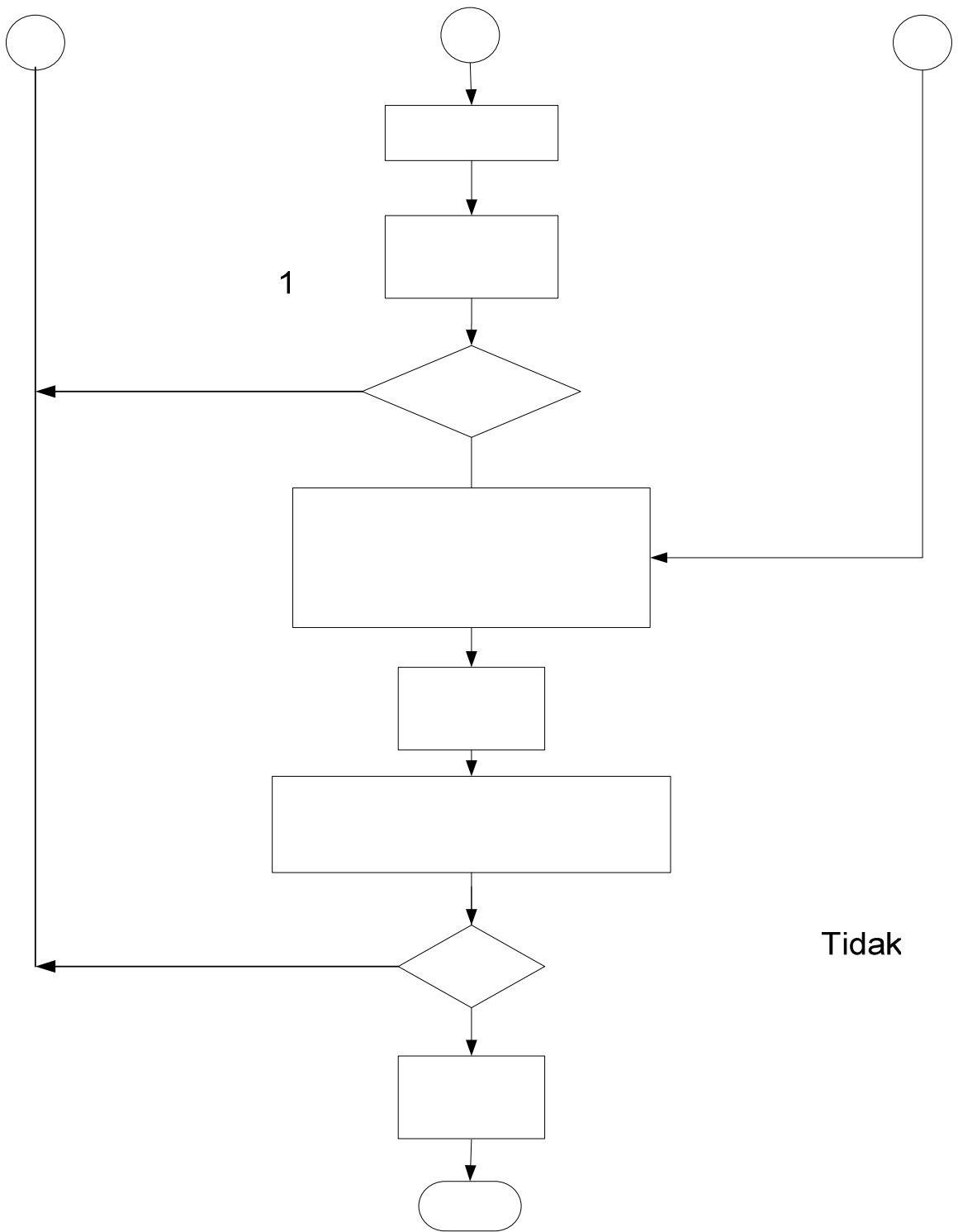
Penentuan kadar kapur dapat dilakukan dengan menggambarkan grafik hubungan antara persentase kapur dan nilai kuat tekan bebas (UCS) atau CBR. Contoh untuk menentukan kadar kapur rencana berdasarkan nilai UCS dapat dilihat pada Gambar C.2 Lampiran C.

Lampiran A
(normatif)



kadar air
batas Atas

Gambar A.1 – Bagan alir perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat
Perkiraan % semen
(Tabel 6)



Pemer

Uji per
pe
(SNI 1

Tidak

Pe
%

Gambar A.1 – Bagan alir perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat (lanjutan)

Penyia

UCS (S

- CBR (S

- Flexural (ASTM

**Lampiran B
(informatif)
Contoh penentuan jenis dan persentase bahan pengikat semen**

a) Langkah 1

Lakukan uji indeks properties dan uji kekuatan pada contoh tanah asli dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel B.1 - Hasil pengujian laboratorium pada tanah asli

Tipe pengujian	Acuan	Hasil pengujian
Atterberg limit :		
a) Batas cair, LL (%)	SNI 03-1967-1990	38
b) Batas plastis, PL (%)	SNI 03-1966-1990	24
c) Indeks plastisitas, PI (%)		15
Klasifikasi tanah (AASHTO)	AASHTO	A-2-6 (tanah kepasiran)
Berat jenis	SNI 03-1964-1990	2,67
Kadar air, (%)	SNI 03-1965-1990	16
Analisa saringan		
a) % lolos saringan No. 4	SNI 03-1968-1990	95,35
b) % lolos saringan No. 10		89,76
c) % lolos saringan No. 20		73,79
d) % lolos saringan No. 40		50,99
e) % lolos saringan No. 80		43,31
f) % lolos saringan No. 100		38,29
g) % lolos saringan No. 200		24,35
Distribusi ukuran butir (% berat)		
a) Pasir (2 – 0,06 mm)		65,2
b) Lanau (0,06 – 0,002 mm)		22,7
c) Lempung (< 0,002 mm)		7,5
Pemadatan		
a) Berat isi kering maksimum (t/m ³)	SNI 03-1742-1989	1,71
b) Kadar air optimum (%)		18%
CBR rendaman (<i>Soaked</i>)	SNI 03-1744-1989	3,6

Berdasarkan pengujian CBR rendaman di laboratorium diperoleh nilai CBR rendaman yang kecil jika dibandingkan dengan persyaratan untuk lapis pondasi bawah (Tabel 3), oleh sebab itu diperlukan stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat asli tanah agar memenuhi spesifikasi lapis fondasi bawah yaitu sebesar 35%.

b) **Langkah 2**

Berdasarkan Tabel 5 perkiraan jenis bahan serbuk pengikat yang cocok pada tanah tersebut ialah semen dan perkiraan awal kadar semen yang dibutuhkan untuk uji pemadatan adalah 7% dengan batasan kadar semen yang diperlukan 5% sampai dengan 9% (Tabel 6)

Perhitungan penentuan berat bahan pengikat semen

- 1) berat contoh tanah untuk pemadatan = 2,7 kg
- 2) kadar air = 16%
- 3) kadar bahan pengikat semen = 7%
- 4) berat kering tanah = $100 / 116 \times 2,7 \text{ kg} = 2,33 \text{ kg}$
- 5) berat bahan pengikat = $7\% \times 2,33 \text{ kg} = 0,163 \text{ kg} = 163 \text{ g}$

c) **Langkah 3**

Untuk verifikasi nilai kadar semen, maka lakukan uji pemadatan dengan kadar semen 7% dan diperoleh hasil sebagai berikut:

- 1) berat isi kering maksimum = $1,90 \text{ t/m}^3$
- 2) kadar air optimum = 18%

d) **Langkah 4**

Berdasarkan Tabel 8, persentase tanah yang tertahan saringan No.4 = 4,65%; persentase material yang lebih kecil dari 0,05 mm = 21% dan berat isi maksimum $1,90 \text{ t/m}^3$, maka persentase kadar semen yang digunakan adalah 7%.

e) **Langkah 5**

Siapkan benda uji campuran tanah-bahan serbuk pengikat pada batasan perkiraan yang diperoleh di atas dengan menggunakan variasi persentase bahan pengikat sebesar 5%, 7% dan 9%.

Tabel B.2 - Penentuan kebutuhan jumlah kadar semen

Kadar air awal (%)	Penambahan Air (cc)	Kadar air (%)	Berat semen yang dibutuhkan (g)		
			Kadar semen, % berat		
			5	7	9
16%	50	18	114	160	206
	100	20	112	157	203
	150	22	110	155	199
	200	24	109	152	195
	250	26	107	150	193

f) **Langkah 6**

Lakukan uji pemadatan standar untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah-semen untuk masing-masing variasi % semen tersebut dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel B.3 - Kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah semen

	Kadar semen, % berat		
	5	7	9
γ_d maks (t/m ³)	1,87	1,88	1,90
Kadar air optimum (%)	19	18,30	18

g) Langkah 7

Lakukan uji durabilitas (uji pembasahan dan pengeringan), hal tersebut dikarenakan bahan pengikat yang digunakan adalah semen (SNI 13-6427-2000). Hasil dari pengujian pembasahan dan pengeringan ini adalah sebagai berikut:

Tabel B.4 - Hasil pengujian pembasahan dan pengeringan

	Kadar semen, % berat		
	5	7	9
% Kehilangan berat	3,1	2,41	1,67

Hasil uji pembasahan dan pengeringan dengan menggunakan variasi kadar semen 5%, 7%, dan 9% memenuhi spesifikasi < 10% kehilangan berat (Tabel 3).

h) Langkah 8

Lakukan pemeraman pada benda uji sesuai dengan 6.4.g).

i) Langkah 9

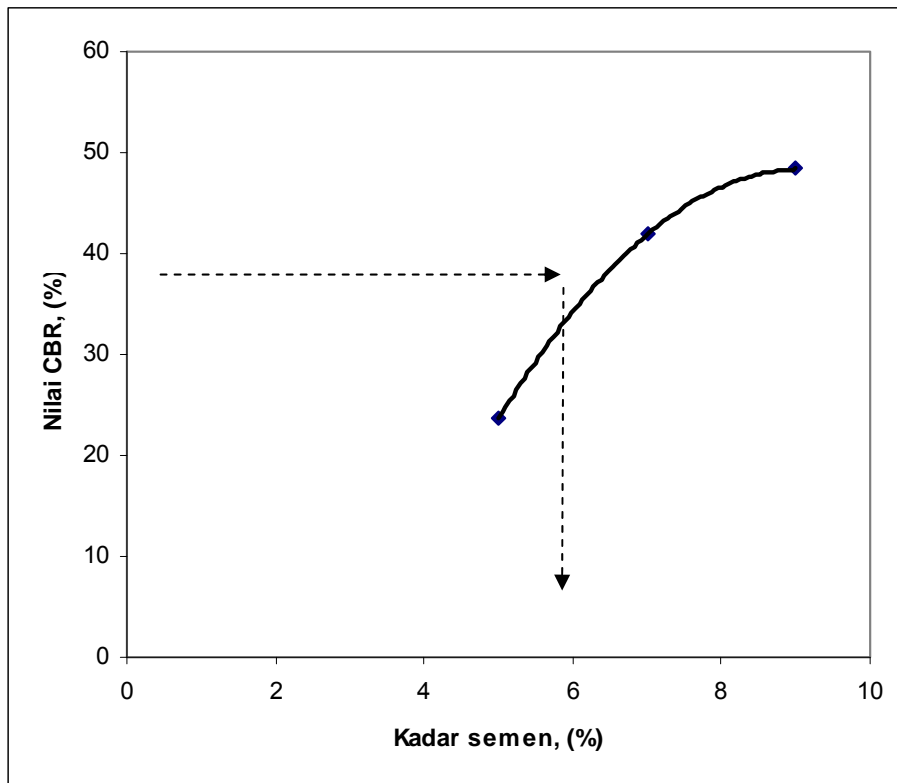
Lakukan uji CBR rendaman pada campuran tanah-semen, dan hasil dari uji CBR rendaman pada campuran tanah-semen adalah sebagai berikut:

Tabel B.5 - Hasil pengujian CBR rendaman

Pengujian	Kadar semen, % berat		
	5	7	9
CBR (kg /cm ²)	23,65	41,87	48,37

j) Langkah 10

Plot hubungan antara kadar semen dan nilai CBR rendaman, untuk menentukan kadar semen yang memenuhi spesifikasi seperti gambar berikut ini.



Gambar B.1 – Grafik hubungan antara nilai CBR dan kadar semen

Dari grafik di atas diperoleh kadar semen yang memenuhi spesifikasi kekuatan untuk lapis fondasi bawah (persyaratan nilai CBR rendaman >35%) sebesar 6% dari berat tanah (Tabel 3).

**Lampiran C
(informatif)
Contoh penentuan jenis dan persentase bahan pengikat kapur**

a) Langkah 1

Lakukan uji indeks propertis dan uji kekuatan pada contoh tanah asli dan diperoleh hasil sebagai berikut:

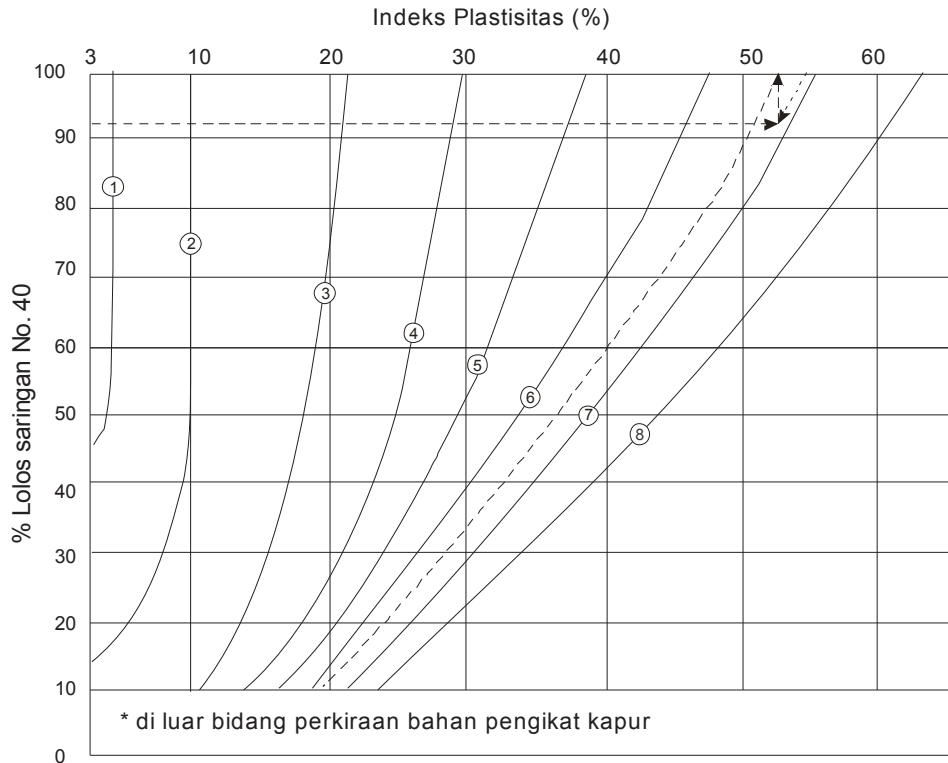
Tabel C.1 - Hasil pengujian laboratorium pada tanah asli

Tipe pengujian	Acuan	Hasil pengujian
Atterberg limit :		
a) Batas cair, LL (%)	SNI 03 -1967 -1990	95,6
b) Batas plastis, PL (%)	SNI 03 -1966 -1990	35,84
c) Indeks plastisitas, PI (%)		59,76
Klasifikasi tanah (AASHTO)	AASHTO	A-7-5 (tanah lempung)
Berat jenis	SNI 03 -1964 -1990	2,67
Kadar air, (%)	SNI 03 -1965 -1990	23,15
Analisa saringan		
a) % lolos saringan No. 4		100
b) % lolos saringan No. 10		100
c) % lolos saringan No. 20	SNI 03 -1968 -1990	93,6
d) % lolos saringan No. 40		91,02
e) % lolos saringan No. 80		89,04
f) % lolos saringan No. 100		88,54
g) % lolos saringan No. 200		87,70
Distribusi ukuran butir (% berat)		
a) Pasir (2 – 0,06 mm)		15
b) Lanau (0,06 – 0,002 mm)		41
c) Lempung (< 0,002 mm)		44
Pemadatan		
a) Berat isi kering maksimum (t/m ³)	SNI 03 -1742 -1989	1,49
b) Kadar air optimum (%)		26,2
Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	SNI 03 -1744 -1989	1,4

Berdasarkan uji kuat tekan bebas (UCS) di laboratorium diperoleh nilai kuat tekan bebas rata-rata yang kecil jika dibandingkan dengan persyaratan (Tabel 3), oleh sebab itu diperlukan stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat asli tanah agar memenuhi persyaratan yaitu sebesar 21 kg/cm² - 28 kg/cm².

b) **Langkah 2**

Berdasarkan Tabel 5 perkiraan jenis bahan serbuk pengikat yang cocok pada tanah tersebut ialah kapur dan perkiraan kadar kapur yang dibutuhkan untuk uji pemadatan adalah 6,5% (Gambar 1).



Gambar C.1 – Penentuan perkiraan awal kadar pengikat kapur yang dibutuhkan

Perhitungan penentuan berat bahan pengikat kapur:

- 1) Berat contoh tanah untuk pemadatan = 2,7 kg
- 2) Kadar air = 23%
- 3) Kadar bahan pengikat kapur = 6,5%
- 4) Berat kering tanah = $100 / 124 \times 2,7 \text{ kg} = 2,19 \text{ kg}$
- 5) Berat bahan pengikat = $6,5\% \times 2,19 \text{ kg} = 0,142 \text{ kg} = 142 \text{ g}$

c) **Langkah 3**

Siapkan benda uji campuran tanah-kapur dengan kadar kapur 4,5%, 6,5% dan 8,5%. Kebutuhan persentase kapur yang akan ditambahkan sebagai bahan stabilisasi dapat menggunakan variasi kadar kapur 2% di atas dan 2% di bawah nilai yang sudah didapat (6.3.2).

Tabel C.2 - Penentuan kebutuhan jumlah kadar kapur

Kadar air awal (%)	Penambahan air (cc)	Kadar air (%)	Berat semen yang dibutuhkan (g)		
			Kadar semen, % berat		
			5	7	9
24%	50	26	960	139	182
	100	28	950	137	179
	150	30	935	135	176
	200	32	920	133	174
	250	34	907	131	171

d) Langkah 4

Lakukan uji pemadatan standar untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah-kapur untuk masing-masing variasi % kapur tersebut dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel C.3 - Kadar air optimum dan kepadatan maksimum campuran tanah-kapur

	Kadar kapur, % berat		
	5	7	9
γ_d maks (t/m^3)	1,46	1,47	1,48
Kadar air optimum (%)	27,5	27	26

e) Langkah 6

Lakukan pemeraman pada benda uji sesuai dengan 6.4.g).

f) Langkah 7

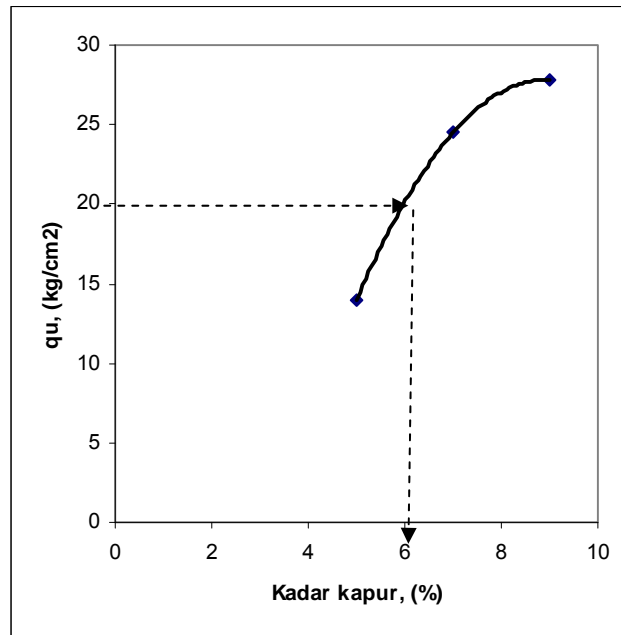
Lakukan uji kuat tekan bebas pada campuran tanah-kapur dan hasil dari pengujian kuat tekan bebas pada campuran tanah-kapur adalah sebagai berikut:

Tabel C4 - Hasil pengujian UCS

Pengujian	Kadar kapur, % berat		
	4,5	6,5	8,5
Kuat tekan bebas rata-rata (kg/cm^2)	14	24,5	27,8

g) Langkah 8

Plot hubungan antara kadar kapur dan nilai kuat tekan bebas rata-rata, untuk menentukan kadar semen yang memenuhi spesifikasi seperti gambar berikut ini.



Gambar C.2 – Grafik hubungan antara nilai kuat tekan bebas rata-rata dan kadar kapur

Dari grafik di atas diperoleh kadar kapur yang memenuhi persyaratan kekuatan (persyaratan nilai kuat tekan bebas $21 \text{ kg/cm}^2 - 28 \text{ kg/cm}^2$) sebesar 6% dari berat kering tanah (Tabel 3).

**Lampiran D
(informatif)
Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan untuk meminimalisasi
potensi retak dini**

- a) Mengerjakan proses stabilisasi dengan teknik konstruksi yang sesuai
Untuk menghasilkan kualitas yang baik dari pekerjaan konstruksi, selama proses konstruksi tersebut harus diawasi dengan baik dan juga pekerjaan konstruksi tersebut harus dikerjakan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Pada proses pengerjaan stabilisasi dengan semen dilapangan ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan, yaitu kebutuhan kadar semen dan kadar air termasuk juga proses pencampurannya, pemadatan dilapangan, dan proses perawatan (*curing*). Pekerjaan stabilisasi harus dikerjakan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan, untuk mencegah agar proses hidrasi semen tidak terjadi sebelum pemadatan akhir tercapai;
- b) Penggunaan kadar air lebih sedikit dari kadar air optimum
Penggunaan kadar air yang berlebihan dapat memicu terjadinya retak pada konstruksi yang telah distabilisasi dengan menggunakan semen. Idealnya penggunaan kadar air harus di bawah kadar air optimum, besarnya antara 0% - 2% di bawah kadar air optimum;
- c) Mengurangi kandungan tanah lempung pada tanah yang telah distabilisasi
Tanah lempung dapat menyimpan air lebih besar dari tanah lainnya, sehingga pada waktu dipadatkan nilai kadar air optimumnya akan lebih besar dan kondisi itu dapat menyebabkan potensi retak yang besar. Pencampuran dengan material granular dapat mereduksi kandungan lempung pada tanah yang akan distabilisasi;
- d) Penggunaan kadar semen yang sesuai
Penggunaan kadar semen yang berlebihan dapat menimbulkan keretakan. Hasil dari penelitian (*PCA, Soil Laboratory Hand Book*) dan pengalaman menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan bebas pada tanah yang telah distabilisasi dengan semen sebesar $21 \text{ kg/cm}^2 - 28 \text{ kg/cm}^2$ akan menghasilkan daya dukung yang baik;
- e) Penggunaan zat tambahan (*Admixture*)
Beberapa jenis zat tambahan dapat mereduksi potensi retak pada tanah-semen, Penambahan Admixture dapat mengurangi kebutuhan air pada proses pencampuran, memperpanjang waktu pencampuran, dan dapat mengurangi jumlah kebutuhan semen pada tanah granular;
- f) Mengurangi tegangan yang berlebihan pada struktur perkerasan.
Retakan pada base layer dapat disebabkan karena konsentrasi tegangan yang terjadi pada permukaan aspal. Pengurangan tegangan dapat dilakukan dengan cara meletakkan material lentur antara base dan lapisan atas, seperti penambahan *bituminous* diantara lapisan yang distabilisasi dengan lapisan permukaan; pemberian geotextile atau penambahan material lepas setebal 50 mm – 100 mm diantara lapisan yang distabilisasi dengan lapisan permukaan.
- g) Perawatan (*Curing*)
Lapisan atas pada tanah yang telah distabilisasi dengan semen harus dijaga kelembapannya;
- h) Melakukan pengerjaan perkerasan sesuai waktu yang dibutuhkan
Pengerjaan perkerasan dilakukan setelah periode waktu perawatan yang telah ditentukan (14 hari – 28 hari);
- i) "*Pre-crack*" the pavement
Metode ini digunakan untuk mereduksi terjadinya retakan, dengan meletakkan beban (dapat menggunakan *vibrating roller*) pada campuran tanah-semen selama 1 hari – 2 hari setelah pemadatan akhir. Setelah metode ini dilakukan, retakan dini yang terjadi tidak akan mempengaruhi lapisan perkerasan, sehingga tanah yang distabilisasi dengan semen akan meningkat kekuatannya seiring dengan berjalannya waktu.

**Lampiran E
(informatif)
Deviasi teknis dan keterangan**

Uraian	SNI 1994	Pedoman 2007
Ruang lingkup	Terpisah antara SNI stabilisasi tanah dengan semen dan kapur	Mencakup stabilisasi tanah dengan semen, kapur dan bahan serbuk pengikat lainnya
Perkiraan awal penentuan jenis bahan pengikat	Tidak ada	Dilengkapi dengan tabel
Perkiraan awal penentuan kadar bahan pengikat	Tidak ada	Dilengkapi dengan tabel dan gambar
Uji <i>durability</i>	Tidak ada	Ada
Perencanaan campuran	Tidak dijelaskan secara detail	Dijelaskan dengan tahapan perencanaan campuran
Bagan alir perencanaan	Tidak ada	Ada
Contoh perhitungan	Tidak dijelaskan secara detail	Dijelaskan secara detail dengan langkah-langkah pengerjaannya

Bibliografi

American Association of State Highway and Transportation Officials, "Standard No M 145-91", tahun 1995

Austrroads Incorporated " Guide to Stabilization in roadworks", tahun 1998

Department of The Army, The Navy, and The Air Force " Soil Stabilization for Pavements", tahun 1994

Material and Test Division Indianapolis, Indiana " Design procedures for Soil Modification or Stabilization", tahun 2002

Portland Cement Association "Soil-Cement Laboratory Handbook" , tahun 1992