

BAB IX

TEKNOLOGI PERBAIKAN TANAH

9.1 Teori Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah terbagi atas dua kelompok, yakni perbaikan tanah secara kimiawi dan perbaikan tanah secara fisik. Kedua cara tersebut memiliki kesamaan dalam tujuan dan sasaran yang ingin dicapai, namun banyak perbedaan dalam metode maupun bahan pencampur (*additive*) yang dipergunakan.

Teknik perbaikan tanah memiliki prinsip dasar bahwa kapasitas tanah yang kurang baik (dalam berbagai aspek), dapat diperbaiki melalui peningkatan sifat-sifat (*properties*) dari pada tanah, sesuai dengan tujuan perbaikan yang diinginkan. Jika yang diinginkan adalah peningkatan daya dukung dan kuat geser tanah, maka beberapa parameter tanah perlu diperbaiki, seperti berat volume tanah (γ), kohesi tanah (c), sudut geser dalam tanah (ϕ), dan tekanan pori dalam tanah (u). Demikian pula jika yang ingin adalah mendapatkan lapisan tanah yang kedap air (tanggul), dapat dicapai dengan memperkecil koefisien permeabilitas tanah (k). Tetapi sebaliknya yang diperlukan adalah lapisan tanah dengan kapasitas infiltrasi yang besar, maka koefisien permeabilitas tanah (k) harus diperbesar. Teknik memperbesar koefisien permeabilitas tanah dapat dilakukan dengan urugan pasir pada permukaan (*sand lense*), atau pencampuran pasir melalui teknik injeksi (*grouting*) ke dalam lapisan tanah dalam (*sand mix*). Tindakan sand mix dapat juga dilakukan untuk memperkecil kompresibilitas tanah, sehingga dapat memperkecil penurunan (*settlement*) pada lapisan tanah yang menerima beban aksial (Dr. Ir. H. Darwis, 2017).

9.2 Jenis Perbaikan Tanah

Dalam upaya memperbaiki parameter tanah, ada beberapa jenis perbaikan tanah yang telah dikembangkan selama ini, antara lain :

1. Perbaikan tanah dengan semen (*soil cement*) yaitu perbaikan tanah dengan menggunakan bahan semen sebagai pencampur.
2. Perbaikan tanah dengan kapur (*soil lime*) yaitu perbaikan tanah dengan menggunakan kapur sebagai bahan pencampur tanah yang lemah.
3. Perbaikan tanah dengan abu (*soil ash*) yaitu perbaikan tanah dengan menggunakan bahan abu sebagai pencampur, dapat berasal dari abu batu, abu terbang, abu sekam, dan lain sebagainya.
4. Perbaikan tanah dengan larutan kimia (*solvent stabilization*) yang mana berbagai bahan kimia yang biasa digunakan untuk meningkatkan parameter tanah, seperti larutan soda kaustik (NaOH), larutan asam sulfat (H_2SO_4), dan berbagai larutan lain. Cairan pencampur yang sekarang banyak digunakan cukup bervariasi, yang mana beberapa pabrikan telah mengembangkan berbagai jenis cairan additive sebagai bahan stabilizer untuk perbaikan tanah.

5. Perbaiki tanah dengan pemadatan yaitu penyaluran enersi tumbukan dan/atau vibrasi (*dynamic load*) secara langsung ke lapisan tanah yang kurang padat (*gembur*). Metode ini dimaksudkan untuk memperbaiki parameter tanah yang berhubungan dengan daya dukung, kuat geser, penurunan, dan permeabilitas tanah.
 6. Perbaiki tanah dengan teknik pengeringan (*dewatering*) yaitu upaya peningkatan bearing capacity tanah melalui proses pengeringan tanah, sehingga kadar air tanah menurun, dan meningkatkan tegangan efektif di dalam tanah. Metode ini banyak menggunakan teknik saluran pasir vertikal (*sand drain*), yang dibuat sedemikian rupa, sehingga air di dalam tanah dapat mengalir ke luar dari massa tanah. Formasi sand drain sudah banyak dikembangkan para engineer, sehingga air dalam massa tanah yang jenuh dapat dialirkan baik pada arah vertikal (*sand vertical drain*), maupun pada arah horisontal (*sand horisontal drain*).
 7. Perbaiki tanah dengan penggantian tanah (*replacement*) yaitu perbaikan gradasi dengan cara menambah tanah pada fraksi tertentu yang dianggap kurang baik, sehingga tercapai gradasi yang rapat dan memiliki parameter yang lebih baik.
 8. Perbaiki tanah dengan permeation resin yaitu pengaliran bahan perekat (*resin*) yang memiliki viskositas rendah ke dalam pori-pori tanah tanpa menggusur atau mengubah struktur tanah.
- Metode perbaikan tanah pada pembangunan jalan lintas selatan lot 1A Brumbun – pantai Sine adalah Teknik penggantian tanah (*replacement soil method*).

9.3 Perbaiki Tanah Metode Penggantian Tanah (*Replacement Soil*)

Teknik perbaikan tanah dengan metode penggantian tanah (*soil replacement*) merupakan salah satu metode tertua dan paling sederhana yang sering diterapkan dalam memperbaiki kondisi dan daya dukung tanah. Daya dukung pondasi dapat diperbaiki dengan mengganti tanah yang buruk (misalnya tanah organik atau tanah lempung lunak), dengan bahan yang lebih baik dan kompeten seperti pasir, kerikil atau batu pecah. Hampir semua tanah dapat digunakan sebagai bahan pengisi, namun beberapa jenis tanah yang sulit dipadatkan bila digunakan sebagai lapis pengganti.

Penggunaan tanah pengganti dapat mengurangi penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), sekaligus dapat meningkatkan daya dukung tanah. Cara seperti ini memiliki beberapa kelebihan dibanding penggunaan teknik lain karena lebih ekonomis dan waktu pelaksanaan konstruksinya yang lebih cepat. Namun terlepas dari keuntungan sistem penggantian tanah, permasalahan penentuan ketebalan tanah pengganti yang dapat menyebabkan penurunan vertikal berkurang. Dalam menggunakan metode ini harus mempertimbangkan persyaratan geoteknik (daya dukung dan penurunan).

Pada pembangunan Jalan Lintas Selatan lot 1A Brumbun – Pantai Sine ini mengalami penurunan dan cracking pada STA 7+175 sehingga dilakukan perbaikan tanah dengan metode penggantian tanah (*Replacement Soil*).



Gambar 9.1 Tanah Yang Akan Dilakukan Replacement

Sumber : Dokumen Pribadi

9.4 Jenis Tanah Lolos Uji Dalam Metode Penggantian Tanah

a. Tanah Kering

Tanah dapat dinyatakan kering apabila memiliki kadar air 2% - 3%. Tanah kering bisa digolongkan sebagai tanah berpasir atau berkerikil. Tanah pasir adalah tanah dengan partikel berukuran besar. Tanah ini terbentuk dari batuan-batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butiran besar dan kasar atau yang sering disebut dengan kerikil. Tanah pasir memiliki kapasitas serat air yang rendah karena sebagian besar tersusun atas partikel berukuran 0,02 sampai 2 mm. Tanah pasir tidak memiliki kandungan air, mineral, dan unsur hara karena tekstur pada tanah pasir yang sangat lemah. Tanah pasir juga memiliki kesuburan yang rendah sehingga sedikit sekali tanaman yang dapat tumbuh di tanah pasir. Tanah pasir memiliki rongga yang besar sehingga pertukaran udara dapat berjalan dengan lancar. Selain itu tanah pasir tidak lengket jika basah sehingga menjadikan tanah pasir mudah untuk diolah. Tanah pasir memiliki tekstur yang kasar. Terdapat ruang pori-pori yang besar diantara butiran-butirannya sehingga kondisi tanah ini menjadi struktur yang lepas dan gembur.

b. Tanah Granular

Tanah granular adalah jenis struktur tanah yang bentuknya cenderung membulat atau terlihat memiliki banyak sisi. Biasanya, diameternya tidak lebih dari 2 cm. Berdasarkan sifatnya, tanah granular merupakan tanah yang non kohesif atau tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya. Jenis tanah yang termasuk kedalam tanah granular yaitu pasir, kerikil, batuan dan campurannya. Tanah granular merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan karena tanah ini mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kapasitas dukung kecil asalkan tanahnya relatif padat (Hartini, 2021).

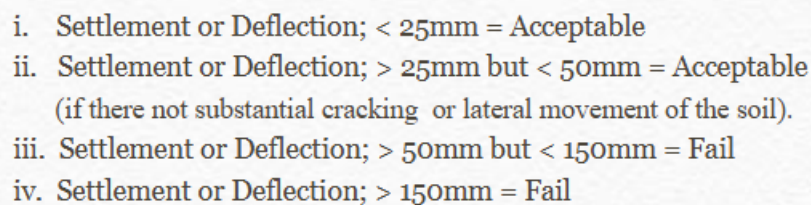
9.5 Metode Pelaksanaan Metode Penggantian Tanah

a. Curing

Permukaan tanah disiram dengan air atau bisa disebut dengan curing tanah. Tanah dibiarkan lembab sebelum melakukan pengujian proof rolling.

b. Uji *proof rolling*

Tanah yang lembab akan diuji dengan dump truk indeks 24 dengan kapasitas bucket penuh. Dump truk akan melewati setiap permukaan tanah dengan kecepatan 4 km/jam sampai 8 km/jam atau berjalan dengan kadar yang sesuai tanpa masalah. Setelah dilakukan uji *proof rolling*, maka menentukan nilai lekukan tanah atau penurunannya yang dapat disebut dengan *Failure Deformation Limit* (FDL). FDL adalah batas nilai deformasi pada tanah yang menyatakan bahwa tanah tersebut dapat dinyatakan lolos atau gagal. Berikut ketentuan nilai FDL pada permukaan tanah :

- 
- i. Settlement or Deflection; < 25mm = Acceptable
 - ii. Settlement or Deflection; > 25mm but < 50mm = Acceptable
(if there not substantial cracking or lateral movement of the soil).
 - iii. Settlement or Deflection; > 50mm but < 150mm = Fail
 - iv. Settlement or Deflection; > 150mm = Fail

Gambar 9.2 Nilai Penurunan Deformasi Tanah

Sumber : [Proof Rolling Test Untuk Projek JKR - Ruang Entry Ku](#)

Dari gambar diatas dijelaskan bahwa :

- Jika mendapan atau penurunan tanah di antara 25mm hingga tidak melebihi 50mm maka test tersebut dinyatakan lolos dan tidak dilakukann replacement soil. (namun perlu memastikan tanah tersebut tidak ada cracking)
- Namun, jika mendapan atau penurunan melebihi 50mm hingga 150mm permukaan tanah perlu dilakukan penggantian tanah (replacement soil)
- Dan jika mendapan atau penurunan yang melebihi 150mm, maka perlu membuat remedial work (pengerjaan ulang) dengan metode penggantian tanah (replacement soil).

c. Penggalian tanah

Apabila permukaan tanah mengalami penurunan yang melebihi 50mm – 150mm, maka tanah tersebut akan digali. Penggalian tanah ini berfungsi untuk mmebersihkan lahan dari tanah yang tidak diperlukan atau tanah yang tidak lolos uji. Penggalian tanah menggunakan alat berat excavator.



Gambar 9.3 Galian Excavator Mengganti Tanah Yang Tidak Lolos Uji
Sumber: Dokumen Pribadi

d. Pengangkutan tanah

Setelah tanah digali, material tanah yang tidak diperlukan harus diangkut ke lokasi pembuangan (disposal). Proses pengangkutan ini melibatkan penggunaan dump truck. Proses pengangkutan harus dilakukan dengan aman dan efisien, menghindari tumpahan tanah dan kerusakan lingkungan.



Gambar 9.4 Pengangkutan tanah hasil galian
Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 9.5 Galian Tanah Yang Dibuang Ke Disposol
Sumber: Dokumen Pribadi

e. Pengurugan tanah

Lahan yang sudah digali akan diurug dengan tanah yang lolos uji lab quality control. Apabila tanah berupa batuan besar maka perlu bantuan sheepfoot untuk memecahkan batuan tersebut. Jika tanah berupa batuan kecil hanya perlu dipadatkan dengan vibro roller. Hal ini dikarenakan batuan besar yang dibiarkan dalam timbunan dan secara langsung dipadatkan tanpa dipecah terlebih dahulu akan menyebabkan tanah mengalami penurunan kembali. Tanah ugan diratakan dengan bulldozer sebelum melakukan pemadatan.



Gambar 9.6 Urugan Tanah Kembali Pada Lahan Yang Sudah Digali
Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 9.7 Perataan Tanah Urugan
Sumber : Dokumen Pribadi

f. Pemadatan tanah

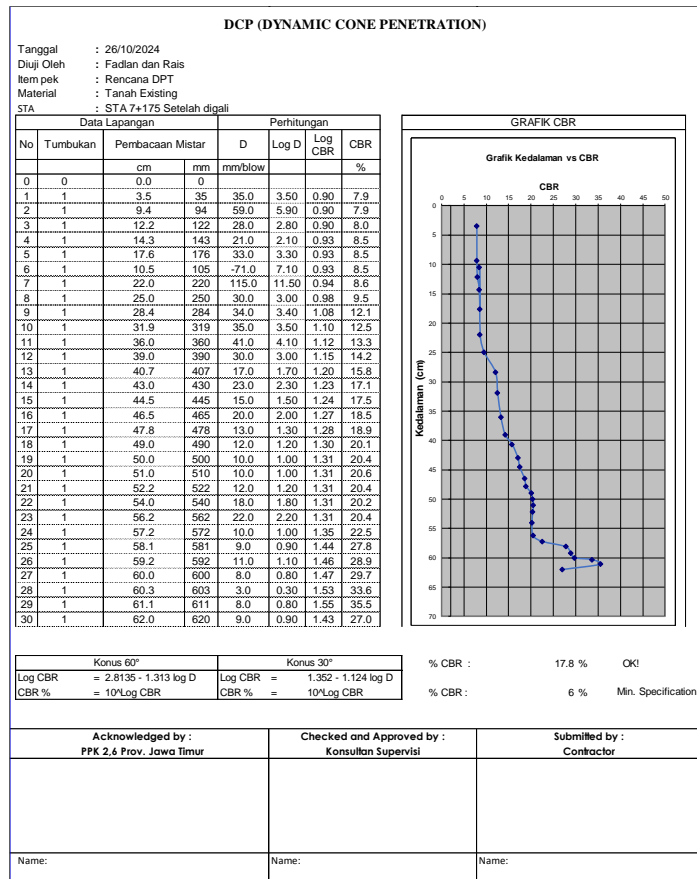
Pemadatan tanah adalah proses untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan tanah yang sudah diurug. Proses ini menggunakan alat berat vibro roller. Metode pemadatan vibro roller menggunakan teknik pemadatan berlapis. Teknik ini melibatkan penempatan tanah urugan secara bertahap dengan setiap lapisan dipadatkan sebelum penempatan lapisan berikutnya.



Gambar 9.8 Pemadatan Tanah
Sumber: Dokumen Pribadi

g. Pengujian kembali

Kemudian setelah melakukan pemadatan tanah dilakukan uji tes DCP kembali untuk memastikan bahwa tanah tidak mengalami penurunan elevasi atau bisa disebut TSG (Tanah Top Subgrade). Tanah dinyatakan lolos uji apabila nilai $CBR \geq 6\%$. Pada STA 7+175 dinyatakan lolos uji dikarenakan nilai CBR 17.8%. Berikut data uji setelah mengalami replacement :



Gambar 9.9 Pengujian Kembali Tanah Yang Sudah Dipadatkan
 Sumber : Dokumen Pribadi