



GROUTING

Hermin Tjahyati

RINGKASAN :

Grouting adalah suatu proses perbaikan tanah dengan cara menyuntikan suatu bahan berupa bahan grout ke dalam rongga pori tanah/ batuan dengan suatu tekanan tertentu. Tujuan grouting adalah untuk memperbaiki atau menstabilisasi tanah/batuan. Teknik, metoda serta bahan grouting ditentukan berdasarkan pada aturan-aturan tertentu dengan spesifikasi dan klasifikasi yang telah ditetapkan. Perencanaan grouting harus disesuaikan dengan hasil penyelidikan geoteknik dan di dalam pelaksanaan grouting harus pula memperhatikan faktor-faktor geologi dan lingkungan yang akan berpengaruh pada pelaksanaan.

SUMMARY :

Grouting is a process whereby fluidlike materials are injected into subsurface soil for the purpose of soil stabilization such as decrease permeability, increase shear strength, decrease compressibility. etc. The technology of grouting, materials and the construction techniques have been decided by specification and being developed constantly. In spite of geological and enviromental aspect, geotechnical investigation must be done for grouting design and construction.

I. PENDAHULUAN

Salah satu teknik perbaikan tanah yang sudah lama dikenal adalah teknik perbaikan tanah dengan cara grouting.

Dari grouting ini diharapkan adanya perbaikan pada tanah/batuan seperti :

- menurunkan permeabilitas
- meningkatkan tegangan geser
- menutup rekahan
- stabilisasi lereng
- dsb.

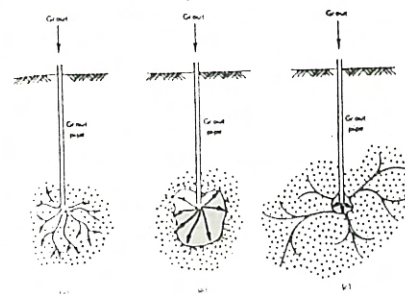
Untuk membuat kedap air di bawah suatu bendungan, maka teknik grouting ini sering digunakan, sedangkan pada pondasi grouting dapat meningkatkan stabilitas dan mereduksi kompresibilitas.

Bahan-bahan yang digunakan sebagai suspensi dalam grouting adalah kapur, semen, aspal emulsi, lempung bentonite.

Sedangkan yang berupa larutan biasanya berupa larutan bahan kimia. Maka untuk mudahnya grouting dibedakan atas grouting suspensi dan grouting larutan.

Dengan cara penetrasi maka bahan grouting akan diinjeksikan ke dalam tanah sehingga

akan mengalir dalam tanah melalui rongga-rongga pori tanah atau batuan. Pada kondisi kompaksi maka bahan grouting diinjeksikan menjadi suatu massa yang memberikan tekanan pada tanah di sekelilingnya sehingga terjadi densifikasi terhadap daerah yang lemah di sekitarnya. Kondisi lainnya adalah hidrofakturing yaitu bila tekanan grouting lebih besar dari tensile strength tanah, maka tanah yang hancur akan menyatu dengan bahan grouting dan bersama-sama mengisi tempat yang hancur tadi dan membentuk lapisan yang lebih kuat dan kedap.



Gbr. (1). Various functions involved in soil and rock grouting. (a) Permeation grouting (penetration) (b) Compaction grouting (controlled displacement). (c) Hydrofracturing (uncontrolled displacement)

II. GROUT SUSPensi

Bahan suspensi terbuat dari bahan yang solid: kapur, semen, tanah, aspal emulsi, bentonite dsb.

Bila bahan ini diinjeksikan pada tanah dengan tujuan untuk memberi kekedapan dengan mengisi rongga pori-pori tanah yang ada maka ada korelasi antara ukuran partikel-partikel yang harus diperhatikan dengan acuan sebagai berikut :

$$GR = (d_{15} / d_{85}(\text{grout})) > 20$$

di mana :

GR = groutability ratio

d_{15} = ukuran partikel (yang akan di grouting) dari 15% tanah yang lewat saringan halus.

d_{85} = ukuran partikel (yang akan di injeksikan) dari 85% yang lewat saringan halus.

Dengan kriteria di atas maka diharapkan suspensi dapat diserap oleh pasir dan kerikil dengan baik.

Jarak penetrasi direncanakan sedemikian rupa di mana radius penetrasi dapat diperkirakan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$r = 0,62 (R \cdot g \cdot t / n)^{1/3}$$

di mana :

r = radius penetrasi grouting (feet)

R = rasio dari viskositas air dengan viskositas bahan grouting

g = gravitasi (feet/dt^2)

t = waktu dimana grout menjadi gel (menit)

n = porositas formasi tanah

Untuk mengetahui apakah suatu lapisan tanah dapat di injeksi dengan baik atau tidak maka dapat dilihat suatu nilai indikasi sebagai berikut :

$$N = d_{15} \text{ tanah} / d_{85} \text{ grout}$$

$N > 24$ (grouting baik untuk dilaksanakan)

$N < 11$ (grouting tidak mungkin) -

Jika dilihat dari rasio d_{10} tanah terhadap

d_{95} grout adalah N

maka bila $N > 1$ (grouting dapat dilaksanakan)

$N < 6$ (grouting tidak mungkin)

Untuk batuan dilihat pada rasio lebar celah terhadap d_{95} grout apabila rasio

$N > 5$ (grouting dapat dilakukan)

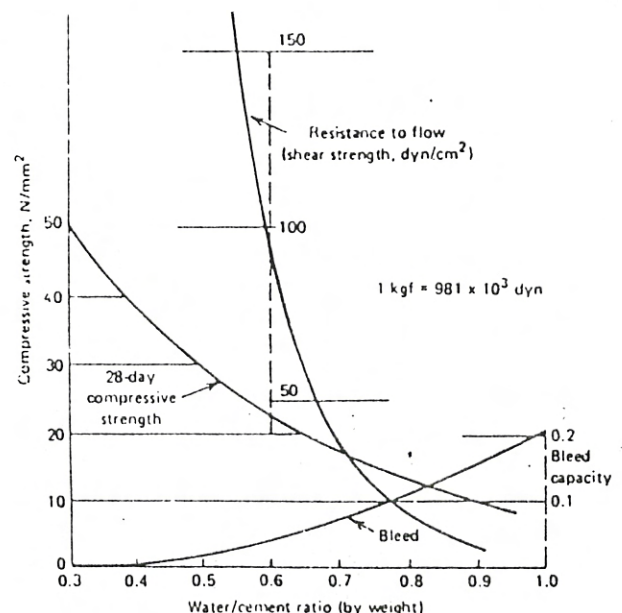
$N < 2$ (grouting tidak mungkin)

2.1 Grouting dengan Bahan Tanah dan Bentonite

Untuk grouting pada formasi tanah pasir kasar dapat dilakukan dengan baik dengan menggunakan pasir halus atau lanau dan lebih baik lagi bila dicampur dengan tanah berbutir halus seperti lempung bentonite. Bentonite merupakan struktur yang mudah terabsorpsi air pada permukaan partikel tanah serta viskositas, flow dan kekuatannya mudah untuk dikontrol. Untuk hal tertentu bentonite ini dapat pula dicampur dengan semen.

2.2 Grouting dengan Campuran Semen

Grouting dengan campuran semen adalah pekerjaan yang sudah sangat populer untuk pekerjaan teknik sipil. Banyak digunakan untuk seepage cut-off di bawah dam. Juga sering digunakan untuk mengisi rekahan batuan. Semen yang digunakan adalah semen standar yaitu semen PC tipe I. dicampur dengan air. Pada gambar 2. dapat dilihat kurva hubungan antara water cement ratio dengan compressive strength, shear strength dan bleeding.



Gbr. (2) Effects of water content on cement grout properties. (After Littlejohn. Ref. 11.)

Bleeding adalah kondisi di mana partikel-partikel semen keluar dari suspensinya sebelum masa curing selesai. Biasanya hal ini terjadi karena campuran terlalu encer. Bahan lain yang dapat ditambahkan dalam campuran suspensi semen ini adalah : pasir halus, tanah, fly ash, accelerators, retarder, dsb.

Beberapa yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan :

- Air : Air yang dipergunakan harus air bersih sekualitas dengan air minum.
- Semen : Semen tipe I dimana 99% partikelnya lewat saringan 44-100 μm . Tipe ini baik untuk tanah mempunyai aliran 0,05 cm / det atau untuk batuan yang mempunyai bukaan 160 μm
Bila tanah yang akan digROUT berbutir halus maka harus menggunakan semen tipe III yang akan berpenetrasi dengan aliran 0,001 cm/det dan baik untuk batuan yang mempunyai bukaan 20/ μm
- Lempung : Dapat digunakan sebagai filler dalam suspensi semen dengan perbandingan $\leq 3\%$ dari berat kering, juga dapat mereduksi masalah bleeding.
- Pasir : Sangat baik bila digunakan sebagai filler dalam suspensi semen. Dapat mereduksi biaya.
- Pozzolans
Fly ash : harus diperiksa lebih dahulu di laboratorium sebelum digunakan sebagai bahan filler, karena pozzolan mempunyai sifat yang spesifik.
- Additive dan retarder : dipilih jenisnya yang sesuai dengan kebutuhan.

2.3. Grouting Dengan Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah hasil residu dari industri penyulingan minyak bumi. Dengan teknik yang telah berkembang maka diperoleh tiga jenis aspal emulsi yaitu aspal emulsi rapid setting

(RS), medium setting (MS) dan slow setting (SS), aspal emulsi anionik maupun aspal emulsi kationik. Pada umumnya penggunaan aspal emulsi dalam grouting adalah untuk membuat lapisan kedap air (menghentikan aliran air).

Pemilihan tipe RS, MS, dan SS tergantung pada aliran tanah dalam pori tanah. Tetapi biasanya untuk tanah halus dianjurkan tipe aspal emulsi slow setting (SS).

III. GROUT LARUTAN KIMIA

Jenis larutan kimia untuk grouting sangat banyak. Klasifikasi larutan yang cukup detail untuk tujuan grouting telah dibuat oleh Tallard dan Caron.

Larutan kimia yang banyak digunakan diantaranya larutan jenis sodium silicate (Na_2SiO_4) di mana salah satu uraian reaksi kimia yang terjadi adalah $\text{H}_2\text{SiO}_3 \text{ -----} > \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$

Dalam hal ini silicon dioxide adalah sesuatu yang cepat solid yang akan mengisi pori-pori tanah atau rekahan batuan

Bahan kimia lain seperti Lignosulfate, berasal dari buangan pemrosesan kayu yang disebut Lignin. Kekuatan dari jenis ini tidak tinggi dan mempunyai tingkat korosif yang besar.

Polyacrylamides, beredar di pasaran dengan bermacam tipe.

Phenoplast dan Aminoplasts, ini juga beredar di pasaran dengan dengan berbagai tipe seperti : Rocagil, Cynaloc, dsb.

Selain itu ada pula bahan kimia yang water reactive grout dan water-reactive foam grout. Dapat diinformasikan bahwa pada grout larutan kimia ini terdapat dua hal yang harus mendapat perhatian yaitu : Permanency (kepermanenan) dan toxicity (tingkat keracunannya).

Kepermanenan didasarkan pada daya tahan melawan siklus basah dan kering serta degradasi kimia oleh unsur-unsur lingkungan yang akan mempengaruhinya. Sedangkan tingkat keracunan mengacu pada bahaya kesehatan dan kontaminasi terhadap lingkungan di sekitarnya baik selama pelaksanaan maupun sesudah pelaksanaan. Sering kali tingkat kepermanenan dan kekuatan cukup tinggi tapi mempunyai toxic-

ity yang tinggi pula sehingga berbahaya untuk digunakan.

IV. METODA DAN FAKTOR-FAKTOR PENGARUH PADA PELAKSANAAN

TEKNIK DAN METODA GROUTING

Metode yang digunakan untuk menginjeksikan grout ke dalam tanah atau batuan sangat menentukan teknik yang harus dipilih untuk itu yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian teknik grouting dibedakan sesuai dengan metodenya sebagai berikut :

1. Teknik grouting intrusi
2. Teknik grouting kimiawi
3. Teknik grouting kompaksi
4. Grouting pori
5. Jet grouting
6. Teknik grouting khusus, antara lain electrogrouting.

Grouting yang paling umum adalah dengan cara grouting intrusi, kimiawi, kompaksi dan jet grouting.

Grouting pori dimaksudkan untuk mengisi joint pada perkerasan beton melalui pemompaan. Teknik grouting yang khusus adalah seperti grouting pada bagian belakang sisi terowongan dengan grouting pratekan yang meliputi suntikan secara serempak melalui sistim multi ke dalam ruang antara sisi terowongan dengan batuan. Sedangkan electro grouting adalah merupakan metoda pengerasan secara electro kimiawi.

Pemboran untuk grouting memerlukan hal-hal yang harus diperhatikan seperti untuk membuat grout-holes dapat digunakan EX-bit dengan diameter $\pm 1,5$ inch dan dalam hal tertentu diperlukan pula casing. Bila menghadapi batuan maka diperlukan diamonds-bit. Rencana untuk grouting selanjutnya disesuaikan dengan besarnya daya rembes air tanah.

Salah satu korelasi kemampuan rembesan air dalam lubang bor tersebut dikenal dengan istilah "lugeon".

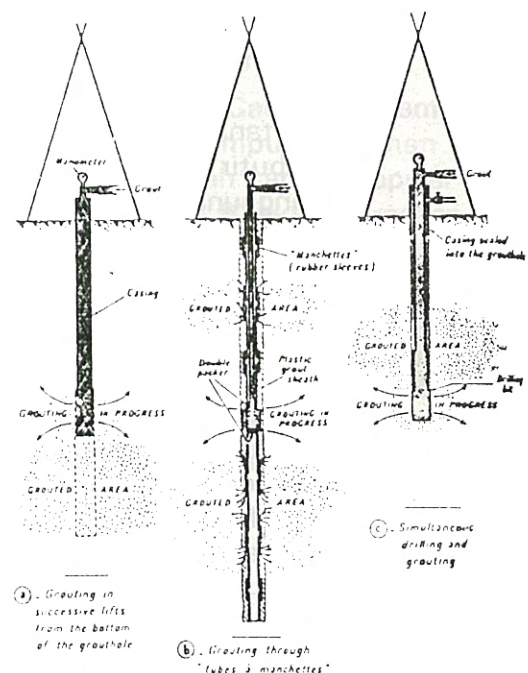
1 lugeon unit, adalah kemampuan rembesan 1 liter air pada setinggi 1 meter lubang bor per menit pada tekanan 1 bar.

Apabila material lapisan tanah mempunyai kemampuan 10 lugeon maka dapat dikatakan

lapisan tanah tersebut perlu distabilisasi dengan grouting dan apabila mempunyai kemampuan 100 lugeon berarti lapisan tersebut mempunyai rekahan atau rongga yang memerlukan grouting.

Dengan metode injeksi dijelaskan oleh "Carol at all" sebagai berikut :

1. Bottom upgrouting (gbr 3a)
2. Sealed-in sleeve pipe injection (gbr 3b) memberikan beberapa injeksi pada elevasi yang sama
3. Simultaneous drilling and grouting (gbr. 3c) injeksi diberikan bersamaan dengan drilling.



Pada grouting intrusi atau grouting penetrasi dijelaskan bahwa cara ini adalah suatu proses pengisian pori atau celah batuan dengan grout tanpa mengganggu situasi formasi tanah, dapat dikatakan bahwa terjadi penggantian air pada pori tanah dengan bahan grout yang disuntikkan, dapat mencegah melebarnya rekahan dan mereduksi permeabilitas.

Jet grouting adalah pengembangan cara grouting oleh Jepang yang dapat dijelaskan secara ringkas bahwa dengan jet grouting adalah suatu proses yang berupa pemancaran air atau

udara berkecepatan tinggi dari pipa grout yang diputar dengan laju terkontrol untuk menghasilkan lubang galian. Kemudian lubang ini diisi dengan grout yang telah direncanakan yang pada umumnya berupa bahan yang slurry (mortar semen, bentonite slurry, dsb).

FAKTOR-FAKTOR PENGARUH PADA PELAKSANAAN

Pekerjaan grouting dipengaruhi oleh banyak hal seperti :

1. Faktor jarak dari retakan yang terbuka pada tanah di mana jarak retakan atau celah-celah pada tanah itu sangat bervariasi dari yang sangat rapat sampai yang cukup lebar.
Rapat dan lebarnya jarak retakan ini sangat menentukan tingkat kesulitan pada pekerjaan grouting.
2. Ukuran retakan, pemasukan grout akan mudah apabila ukuran retakan lebih besar dari 2 mm.
Ukuran retakan juga menentukan kekentalan grout yang akan digunakan. Untuk kelancaran perjalanan grout maka beragam aplikasi dari grout pada interval ruang secukupnya sangat membantu grout mempunyai waktu untuk mengeras pada tiap bagian.
3. Faktor arah retakan, arah retakan berpengaruh pada kemiringan lubang grouting. Retakan dengan arah hampir horisontal mempunyai lubang grouting dengan suatu kemiringan tertentu. Selain itu retakan yang horisontal cukup riskan terhadap pergerakan batuan.
4. Faktor kekuatan batuan, lapisan batuan yang masih cukup kuat dan masif, sangat membantu pada pelaksanaan grouting. Batuan yang tidak keras sering menyebabkan keruntuhan pada lubang bor baik sebelum dan sesudah pelaksanaan.
5. Faktor tekanan pada retakan, tekanan ini biasanya karena adanya gaya tektonik. Secara visual dapat dideteksi yaitu bila permukaan tebing dan singkapan

menunjukkan adanya karakteristik lipatan pada lembah yang menonjol ke luar, di mana tiap bagian batuan sebagai hasil dari perambatan yang berangsur-angsur dari retakan sehingga tekanan dalam daerah yang kecil tetap menempel menjadi begitu kuat yang menjadikan terjadinya patahan yang mendadak. Pelaksanaan grouting harus sampai dapat mengetahui adanya batuan yang tertekan karena efek dominasinya

6. Faktor keseragaman, keseragaman bentuk lapisan akan membantu pemetaan lobang grout.
Lapisan yang tidak teratur membutuhkan kemiringan lobang yang berbeda-beda, sehingga pelaksanaan grouting harus lebih intensif.
7. Faktor kerapuhan terhadap erosi. Pelaksanaan grouting harus lebih hati-hati bila di dalam retakan terdapat material yang mudah tererosi oleh rembesan.
Karena grouting adalah pekerjaan yang operasinya di bawah tanah maka perilakunya tidak terlihat secara visual. Salah satu cara memonitornya adalah dengan mengukur jumlah grout yang disuntikan. Selain itu monitoring juga dikaitkan dengan sifat-sifat tanah selama berlangsungnya pekerjaan.

V. PENUTUP

1. Konsep perbaikan tanah dengan cara grouting adalah merupakan suatu kombinasi metoda fisik dan kimia dengan tujuan untuk suatu penambahan kekuatan tanah, segmentasi, densifikasi dan stabilitas volume tanah.
2. Grouting adalah suatu proses penyuntikan suatu bahan berupa suspensi atau larutan ke dalam pori tanah/batuan melalui suatu lobang dalam suatu kondisi yang bertekanan.
3. Bahan-bahan grout dapat berupa suspensi, emulsi dan larutan. Di mana penggunaannya disesuaikan dengan kondisi dan keperluan.

4. Teknik grouting diklasifikasikan berdasarkan pada metoda cara penghantaran grout ke dalam tanah/batuan antara lain secara intrusi (penetrasi), kompaksi, kimiawi, grouting pori, jetting dan hal-hal khusus.
5. Perlu dilakukan studi pendahuluan menyangkut penyelidikan geoteknik dan hidrogeologi, uji contoh tanah yakni ukuran butir, porositas, permeabilitas serta komposisi mineralogi.

Selain itu perlu pula uji laboratorium bahan grout, sifat rheologi dan jangka panjang grout secara murni. Perlu dilakukan uji grouting in-situ

PUSTAKA

1. - CONSTRUCTION AND GEOTECHNICAL METHODS IN FOUNDATION ENGINEERING
- ROBERT. M. KOERNER, Ph.D. PE:
McGRAW - HILL BOOK COMPANY

2. GROUTING

- IR. MASYHUR IRSYAM. MSE. PhD
- IR. PINTOR TUA SIMATUPANG

3. THE PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF GROUTING

- CAMBEFORT, H

Penulis :

Ir. Hermin Tjahyati MSc, Alumni Teknik Sipil ITB 1976 dan Pasca Sarjana Sistem dan Teknik Jalan Raya ITB 1986, Adjun Peneliti Madya, Pemimpin Kelompok Bidang Keahlian Geo Teknik pada Pusat Litbang Jalan.