



## PERENCANAAN GREEN LAND SETELAH KEGIATAN DEKOMISIONING GEDUNG PABRIK BAHAN BAKAR NUKLIR

Hasriyasti Saptowati<sup>1</sup>, Utomo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

### ABSTRAK

*PERENCANAAN GREEN LAND SETELAH KEGIATAN DEKOMISIONING GEDUNG BAHAN BAKAR NUKLIR. Setelah proses dekomisioning dan dismantling selesai, maka lahan yang awalnya dijadikan pondasi bangunan nuklir harus kita olah kembali. Untuk memulihkan kondisi tanah seperti semula, kita harus mengetahui karakteristik tanah dan rencana usaha perbaikannya supaya lahan tersebut dapat dimanfaatkan kembali (Green Land). Tujuan makalah ini untuk mengembalikan fungsi tanah tersebut dengan metode Dynamic Compaction dan Dynamic Replacement.*

*Kata kunci : dekomisioning, lahan, karakteristik tanah, perbaikan tanah.*

### ABSTRACT

*GREEN LAND PLANNING ACTIVITIES AFTER BUILDING FUELS NUCLEAR DECOMMISSIONING. After the decommissioning process and Dismantling completed, the land that was originally used as a nuclear building foundations should we go back though. To restore the soil conditions as before, we must know the characteristics of the land and business plans in order to repair the land can be recovered (Green Land). The purpose of this paper is to restore function by the method of Dynamic soil compaction and Dynamic Replacement..*

*Key word : decommissioning, land, soil characteristics, soil improvement.*

## I. PENDAHULUAN

Bangunan atau gedung yang mengandung bahan radioaktif jika tidak digunakan lagi harus didekomisioning. Selain bangunan yang didekomisioning, lahan yang dipergunakan juga harus dibersihkan dan diolah supaya dapat dipergunakan kembali. Bangunan yang akan ditinjau pada makalah ini yaitu Gedung Pabrik Bahan Bakar Nuklir.

Pada tulisan ini akan ditinjau dan dianalisa akibat pembebanan yang berlangsung cukup lama terhadap karakteristik tanah dan usaha usaha apa saja yang dapat memperbaiki pemulihan tanah sehingga lahan tersebut dapat dipergunakan kembali setelah proses dekomisioning dan dismantling atau yang disebut dengan *Green Land*.

## II. TEORI

Tanah mempunyai beberapa karakteristik yang terbagi dalam tiga kelompok diantaranya adalah sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologi. Sifat fisik tanah antara lain adalah tekstur, permeabilitas, infiltrasi, dll. Setiap jenis tanah memiliki sifat fisik tanah yang berbeda. Usaha untuk memperbaiki kesuburan tanah tidak hanya terhadap perbaikan sifat kimia dan biologi tanah tetapi juga perbaikan sifat fisik tanah.<sup>[1]</sup>

Perbaikan keadaan fisik tanah dapat dilakukan dengan pengolahan tanah, perbaikan struktur tanah dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Selain itu sifat fisik tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman.



## II.1. Sifat-sifat Fisik Tanah

Kondisi fisik tanah menentukan penetrasi akar dalam tanah, retensi air, drainase, aerasi dan nutrisi tanaman. Sifat fisik tanah juga mempengaruhi sifat kimia dan biologi tanah.

Sifat fisik tanah antara lain tekstur, struktur, kepadatan tanah, porositas, konsistensi, warna, air tanah, temperatur, aerasi.

Tanah terdiri dari 3 komponen :

- Komponen padat terdiri atas mineral anorganik dan bahan organik.
- Komponen cair (*liquid*) terdiri atas air, ion yang terlarut, molekul, cairan tanah (*soil solution*).
- Komponen gas tanah seperti gas atmosfer di atas tanah tetapi berbeda proporsinya.

Untuk analisis diperlukan berat tanah kering mutlak. Caranya dengan memasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 48 jam yang dikenal dengan nama *oven-dry-weight*. Jumlah kalsium, *potassium*, bahan organik, air tanah dihitung berdasarkan *oven-dry-weight*.<sup>[2]</sup>

Berat isi tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang sering ditetapkan karena berkaitan erat dengan perhitungan penetapan sifat-sifat fisik tanah lainnya seperti :<sup>[1]</sup>

- Retensi air pF
- Ruang pori total RPT
- Koefisien *linier extensibility* (*cole*)
- Kadar air tanah

Data sifat-sifat fisik tanah tersebut diperlukan dalam perhitungan penambahan kebutuhan air, pupuk, kapur dan pembenahan tanah pada satuan luas tanah sampai kedalaman tertentu.<sup>[3]</sup>

Berat isi tanah juga erat kaitannya dengan tingkat kepadatan tanah dan kemampuan akar tanaman menembus tanah.

Definisi dari berat tanah adalah berat tanah *undisturbed* dalam keadaan kering dibagi volume tanah dinyatakan dalam  $g/cm^3$ . Nilai berat isi tanah sangat bervariasi antara satu titik dengan titik lainnya karena perbedaan kandungan bahan organik, tekstur tanah, kedalaman tanah, jenis fauna tanah dan kadar air tanah.

## II.2. Penurunan Muka Tanah

Dengan adanya pembebanan struktur bangunan nuklir yaitu Pabrik Bahan Bakar Nuklir maka akan terjadi pemadatan tanah (*compaction*). Dimana tanah yang dibebani oleh struktur bangunan akan mengalami penurunan karena butiran-butiran pada lapisan tanah mengalami kompaksi atau konsolidasi.

Akibat yang ditimbulkan karena pemadatan ini antara lain: <sup>[2]</sup>

- Butir-butir tanah merapat/padat.
- Volume pori tanah berkurang namun volume butir tidak berubah.
- Volume tanah berubah/berkurang.
- Nilai C/koehesi tanah berkurang
- Berat volume kering  $\gamma_k$  naik
- Derajat kejenuhan air naik meskipun kadar air tetap

Yang dimaksud dengan konsolidasi adalah peristiwa mampatnya tanah (*compact*) karena tekanan efektif. Ada dua unsur yang mempengaruhi konsolidasi yaitu :

1. Besarnya penurunan konsolidasi. Ini dipengaruhi oleh :

- *Compresibilitas* tanah.
- Tebal tanah kompresible
- Besarnya tekanan negatif

2. Laju/kecepatan konsolidasi

- Permeabilitas tanah / koefisien konsolidasi.
- Tebal tanah kompresible
- Kondisi drainasi di atas dan di bawah lapisan tanah kompresible.



Tanah semakin basah semakin mudah dipadatkan, karena fungsi air sebagai pelumas, jadi membuat butir-butir tanah mudah merapat. Tapi kadar air yang berlebihan akan mengurangi hasil pemadatan yang dapat dicapai.

### III. Pemilihan Metode perbaikan Tanah

- Metoda-metoda yang dipergunakan untuk perbaikan daya dukung tanah yaitu :
- Metode *Dynamic Compaction / DC* (Pemadatan Dinamis)
  - Metode *Dynamic Replacement / DR* / metoda kolom batu (*Stone Column*).

#### III.1. Metoda *Dynamic Compaction* (DC) <sup>[4]</sup>

- Adalah suatu metoda peningkatan kondisi tanah yang dapat digunakan pada:
- tanah yang kering
  - tanah yang basah/lembab
  - tanah jenuh (*saturated*).

Metoda ini bisa juga diterapkan pada tanah jenuh dengan kandungan butiran halus hingga 30%.

Target *Dynamic Compaction* dicapai dengan menjatuhkan beban (*pounder*) dari suatu ketinggian tertentu ke atas permukaan tanah yang akan dipadatkan.

*Pounder*/beban yang dijatuhkan pada ketinggian yang sudah ditetapkan akan memberikan *impact energy* (energi benturan). Energi benturan ini menciptakan getaran yang mengatur partikel-partikel tanah dan mendorong keluar gas dan air yang ada/terkandung didalam partikel tanah asal. Hal ini dapat meningkatkan kepadatan tanah lunak.

Perilaku tanah setelah dilakukan metoda *Dynamic Compaction* ini bisa berbeda secara signifikan tergantung dengan kondisi tanah, tanah jenuh (*saturated soil*) ataupun tanah tidak jenuh (*non saturated soil*). Untuk tanah tidak jenuh, efek benturan yang muncul adalah seperti halnya kita melakukan *Proctor Compaction Test* di laboratorium mekanika tanah.

*P wave* atau gelombang tekan akan merombak struktur partikel tanah akibat *Push-Pull Motion* dan meningkatkan tekanan pori. Sedangkan *S wave* atau gelombang geser akan menyusun ulang kepadatan partikel meskipun kecepatan gelombang cukup pelan. Adapun *Rayleigh Wave* adalah ringkasan dari gelombang geser dan gelombang permukaan yang tersebar dekat dengan permukaan tanah.

Sehingga akibat adanya berbagai macam gelombang yang terjadi karena beban benturan *pounder*, akan menghasilkan tekanan tarik dibawah tanah, berujung pada retak tarik dalam bentuk radial (seperti gambar 1 ) pada pusat beban benturan.

Retak tarik ini membuat jalur aliran yang berguna untuk mengeluarkan tekanan pori yang berlebihan dan membuang air pori dalam tanah jenuh. Hal inilah yang dapat meningkatkan kapasitas daya dukung tanah.

#### III.2. Metoda *Dynamic Replacement* (DR) / *Stone Column* (Kolom Batu)

Metode *Dynamic Replacement* menggunakan persamaan: <sup>[5]</sup>

$$D = n\sqrt{W.H} \quad (1)$$

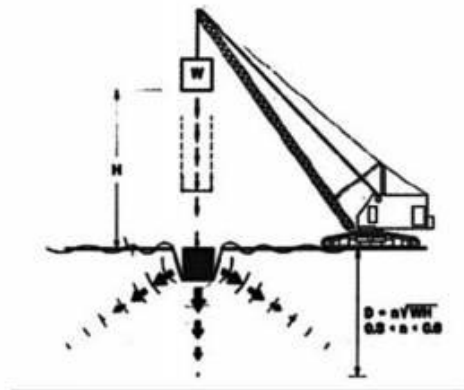
Dimana :

D= Kedalaman *crater* akibat tumbukan.

W = berat beban ( *pounder* )

H = tinggi *pounder*

$$n \Rightarrow 0,8 < n < 0,6 \quad (2)$$



Gambar 1. Gambar pembuatan *crater* dengan menggunakan *pounder* yang digantung pada *crane*.

Metoda *Dynamic Replacement* ini adalah lanjutan dari metoda *Dynamic Compaction* dan biasanya dilaksanakan pada tanah dengan kandungan lempung dan lapisan lanau sangat tebal serta diketahui dengan metoda *Dynamic Compaction* tidaklah cukup untuk meningkatkan daya dukung tanah pada kondisi tanah tersebut seperti yang direncanakan. Seperti kita ketahui, setelah *pounder* dijatuhkan berkali-kali akan terbentuk suatu kawah yang disebut *crater*.

Dalam penerapan metoda DR, *crater* yang terjadi akan diisi dengan batuan/material non plastis, atau batuan alam yang ada dilokasi tanah lunak. *Crater* akan terus diisi batuan dengan berulang kali melakukan jatuhnya *pounder* (*tamping*) hingga kedalaman yang diinginkan ataupun berhenti ketika *crater* yang terbentuk sudah tidak bisa lagi melesak lebih dalam.

#### Prinsip Dasar *Dynamic Replacement*

Metode *Dynamic Replacement* ini pada awal pelaksanaan pekerjaan sama dengan metoda *Dynamic Compaction* tetapi ada tahapan kerja yang berkelanjutan yaitu pengisian material kasar kedalam *crater* yang terbentuk akibat *tamping*. Material yang diisi secara terus menerus akan membentuk pola seperti kolom batu, maka dari itulah metoda *Dynamic Replacement* ini dapat pula disebutkan metoda kolom batu.

Pada saat batu-batuan dimasukkan kedalam *crater* ataupun *granular soil* (seperti *gravel* ukuran tertentu misalnya), area tekanan pada tanah lunak didistribusikan ke kolom batu (*stone column/pillar*). Sampai tanah lunak memadat dan menghasilkan daya dukung yang direncanakan. Penerapan *Dynamic Replacement* ini berdasarkan data tanah (hasil dari *soil investigation report*) yang dilanjutkan pada tahapan percobaan lapangan (seperti halnya uji *trial and error*).



Gambar 2. Contoh gambar pelaksanaan *Dynamic Replacement*



Gambar 3. gambar pembuatan tamping dan bentuk *crater* (ukurannya sekitar 2 x 2 m)



Gambar 4. Gambar kondisi lapangan setelah dilaksanakan DC dan DR.

*Crater* kemudian harus ditutup dengan urugan/*backfill* hingga ketinggian level yang disyaratkan dalam *Plot Plan*.

#### IV. PEMBAHASAN

##### IV.1. Prinsip Dasar Peningkatan Tanah

Untuk memperbaiki kondisi tanah ada beberapa prinsip dasar melalui tahapan peningkatan tanah yaitu :

1. *Pounder*/beban yang dijatuhkan pada ketinggian yang sudah ditetapkan akan memberikan *impact energy* (energy benturan).
2. Energi benturan ini menciptakan getaran dan mengatur ulang partikel-partikel tanah yang ada dan mendorong keluar gas dan air terkandung didalam partikel didalam tanah asal.
3. Hal ini dapat meningkatkan kepadatan tanah lunak.<sup>[4]</sup>

Perilaku tanah setelah diterapkannya metoda *Dynamic Compaction* ini bisa berbeda secara signifikan tergantung kondisi tanah, seperti apakah tanah tersebut adalah tanah jenuh (*saturated soil*) ataupun tanah tidak jenuh (*non saturated soil*). Dalam hal tanah tidak jenuh, efek benturan yang muncul adalah seperti halnya kita melakukan *Proctor Compaction Test* di laboratorium mekanika tanah.<sup>[2]</sup>

Sedangkan jika kondisi tanah jenuh, akan terjadi berbagai bentuk gelombang benturan yang berpusat pada pusat jatuhnya beban.



## IV.2. Karakteristik

### IV.2.1. Karakteristik Metoda *Dynamic Compaction*

Dalam metoda *Dynamic Compaction* didapat beberapa karakteristik yang menonjol seperti :

1. Pekerjaan terapan yang cepat dengan tahapan sederhana, penghematan biaya dan sangat dimungkinkan pelaksanaannya dengan pekerjaan lain pada saat yang sama.
2. Meskipun tergantung dari jenis tanah, kelangsungan pekerjaan lain diatas tanah setelah peningkatan terjadi sangatlah diijinkan.
3. Dapat diterapkan pada berbagai jenis tanah termasuk jenis tanah hasil bongkaran/pembuangan, pasir tanah kepasiran (*dredging soil*), tanah halus, lumpur buangan maupun hasil pengeboran atau bentonit.
4. Kualitas kerja dapat dikontrol dan hasil yang baik.
5. Tidak bermasalah terhadap lapisan batuan dibawahnya.
6. Tidak memerlukan material khusus.

### IV.2.2. Karakteristik Metoda *Dynamic Replacement*

Metoda *Dynamic Replacement* mempunyai ciri khas karakteristik yaitu :<sup>[4]</sup>

1. Kolom *Dynamic Replacement* terbentuk dengan mengisikan material non plastis (batuan pecah, *gravel*), terjadi kontraksi dilapisan tanah lunak sekeliling kolom *Dynamic Replacement*. Yang menyebabkan tekanan pori berlebih terlepas terus menerus. Proses ini pada dasarnya sama dengan dengan teknik konsolidasi tanah dengan metode *pre-loading*, hanya saja konsolidasi tersebut terjadi lebih cepat sekaligus menaikkan daya dukung tanah.
2. Tahanan geser lebih besar terjadi didalam kolom *Dynamic Replacement* dan kekuatan tanah diantara kolom *Dynamic Replacement* meningkat secara signifikan.
3. Pada saat kolom *Dynamic Replacement* terbentuk didalam tanah setelah proses dilakukan, komposisi kandungan tanah akan berubah. Pengertiannya yaitu lapisan tanah terdiri dari batuan dan tanah asal yang mana partikel awal menjadi tersusun ulang. Dalam hal ini tekanan tanah sebagian besar diakomodasi oleh kolom *Dynamic Replacement* sedangkan tanah asal hanya mendapat tekanan lebih kecil.

## IV.3. Alat Berat yang Digunakan untuk Perbaikan Tanah

Secara garis besar alat-alat berat yang digunakan untuk pekerjaan tanah dibagi berdasarkan fungsinya:

- Peralatan Pekerjaan Tanah
- Peralatan Pengangkut
- Peralatan *Stone Crusher*

Alat alat berat yang akan digunakan dalam kegiatan perbaikan tanah:<sup>[5]</sup>

1. Alat penggusur contohnya *buldozer*.
2. Alat penggali contohnya *scraper, excavator*.
3. Alat pengangkut contohnya *crane, loader*.
4. Alat perata contohnya *grader*.
5. Alat pemadat contohnya *compactor*.

Pada awal pengolahan tanah setelah proses dekomisioning dan dismantling, kita merencanakan menggunakan alat buldozer seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Gambar Alat *Buldozer*

Alat buldozer ini digunakan sebelum pembuatan crater dilaksanakan. Alat ini dipergunakan untuk mengolah tanah dan membuang atau membersihkan tanah permukaan. Buldozer ini sekaligus dapat meratakan tanah permukaan.

Selanjutnya digunakan alat excavator yaitu untuk menggali tanah yang dalam dan susah diratakan oleh buldozer.



Gambar 6. Gambar Alat *Excavator*

Alat *excavator* yang digunakan untuk menggali tanah ada 2 jenis yang hidraulik dan yang tidak. Pada gambar 6 diperlihatkan contoh *excavator* yang hidraulik, untuk kondisi tanah yang dalam dan curam atau tebing.

Setelah proses pengolahan tanah yang dilakukan *excavator* selesai, maka tanah harus diratakan dahulu dengan menggunakan alat *grader*.



Gambar 7. Gambar Alat *Grader*

Alat *grader* digunakan untuk meratakan tanah sebelum dipadatkan atau digunakan kembali.





Dengan kondisi tanah atau lahan yang rata akan memudahkan proses pemadatan, tetapi mungkin ada beberapa bagian yang berupa tebing untuk ini dapat dipadatkan dengan menggunakan alat *hydraulic compactor*



Gambar 8. Gambar Alat *Hydraulic Compactor*

Alat *compactor* ini digunakan untuk meratakan tanah sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat digunakan kembali.

Setelah proses pemadatan selesai maka dapat dilakukan pengolahan tanah untuk memulihkan daya dukung tanah sehingga dapat digunakan untuk konstruksi bangunan gedung lainnya baik dengan metode *Dynamic Compaction* maupun *Dynamic Replacement* dengan menggunakan alat *crane* dan *pounder*.



Gambar 9. Gambar alat *crane* dengan beban/*pounder*

Alat *pounder* ini digunakan untuk memadatkan permukaan tanah.

## V. KESIMPULAN

1. Perbaikan daya dukung tanah dengan metoda *Dynamic Compaction* lebih simple dan praktis, tidak perlu membuat crater seperti halnya metode *Dynamic Replacement*.
2. Dengan mengurangi kompresibilitas tanah dapat mengurangi penurunan yang diakibatkan oleh beban pondasi dan struktur.
3. Faktor lain yang berperan penting dalam perbaikan tanah adalah penggunaan alat berat yang sesuai peruntukannya agar tepat sasaran. Karena masing masing alat walaupun sama bentuknya tapi berbeda kriteria spesifikasi untuk setiap kegiatan pengolahan tanah.





4. Pengolahan tanah bekas bangunan pabrik bahan bakar nuklir pada prinsipnya sama dengan pembukaan lahan baru, yang membedakan adalah perlakuan terhadap sifat karakteristik tanah itu sendiri akibat beban bangunan lama yang dipikulnya .
5. Lahan bekas bangunan pabrik bahan bakar nuklir diputuskan siap digunakan kembali setelah bebas dari kontaminasi (*green land*).

## VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles JE., Teknik pondasi dan Disain (Foundation Engineering and Design), Mc. Graw Hill. 1996.
2. Mekanika Tanah, Ir. Sunggono, kh, Jakarta-Indonesia.
3. NI-3, Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia,1970.
4. Terzaghi K., peck RB & Mesni G., Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa (Soil mechanics in Engineering Practice), Wiley, 1996.
5. Tomlinson, MJ., Disain Pondasi & Konstruksi (Foundation Design and Construction), Pitman, 1975.

### PERTANYAAN :

1. Pengertian green land apakah ada hubungannya dengan penghijauan atau tanah tersebut dpt digunakan kembali, misal utk kepentingan public dan berapa lama? (PETRUS Z)
2. Bagaimana prosedur menentukan beban dan tinggi punden dalam kegiatan pemadatan tanah untuk greenland? (MARLIYADI PANCOKO )

### JAWABAN :

1. Green land utk penghijauan hanya tanah permukaan sedangkan sipil mengolah tanah samapai tanah dalam . yang lama itu proses dikomisioning dan dismanhing kurang lebih 5 tahun sedangkan pengolahan tanah utk pekerjaan sipil tergantung dari luas lahan dan karakteristik tanah
2. Berdasarkan hasil sondir dan compaction test, didapat karakteristik tanah sehingga beban dan tinggi punder dpt dihitung. Atau berdsarkan lapangan dgn asumsi beban sampai punder tdk dpt nelesak lagi ke dalam tanah.