

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Stabilitas Parit

Dengan melihat metoda pelaksanaan struktur dinding diafragma, jelas bahwa pada prinsipnya untuk menjaga keamanan pelaksanaan struktur dinding diafragma adalah dengan menjaga agar jangan sampai dinding parit longsor, baik selama penggalian maupun pada waktu pengecoran beton. Sebelum meninjau bagaimana *slurry bentonite* dipakai untuk stabilitas parit, berikut ini akan ditinjau terlebih dahulu mekanisme kelongsoran yang terjadi di dalam parit terbuka di dalam tanah, pada kondisi tanah di atas muka air tanah dan di bawah muka air tanah.

Di atas muka air tanah, dapat dilihat bahwa dinding parit pada tanah pasir atau non kohesif dimana gaya-gaya kohesif tidak ada, sehingga jatuhnya satu butir tanah memacu butir-butir lainnya untuk juga jatuh dan pada akhirnya dinding parit dapat longsor.

Sekarang bila ditinjau kejadian di bawah muka air tanah, di sini bekerja gaya-gaya yang sama seperti di atas muka air tanah, hanya saja di sini terdapat gaya aliran air yang arahnya masuk ke dalam parit atau keluar parit. Seandainya airnya mengalir ke dalam lubang, maka butir-butir tanah akan terbawa oleh aliran air karena kekuatan kohesif tidak ada,

sehingga muka air di dalam lubang akan terus naik dan mencapai muka air tanah. Dengan demikian maka gaya aliran air akan berhenti bekerja dan keadaannya akan menjadi sama seperti pada tanah yang kering di atas muka air tanah, kecuali bahwa butir tanah sekarang mengalami gaya angkat karena butir tanah itu terendam air.

Dari uraian di atas, jelas dapat dikatakan bahwa pada prinsipnya aliran air sangat berpotensi besar mengancam stabilitas dinding galian dengan melalui dua kemungkinan cara yaitu :

1. terganggunya mekanisme stabilitas dan keseimbangan disebabkan adanya tambahan tekanan hidrostatik
2. berlangsungnya proses erosi atau kelongsoran, karena mulai hanyutnya butiran-butiran halus, yang lebih lanjut mengakibatkan struktur tanah secara keseluruhan akan terurai lepas.

Slurry bentonite yang merupakan solusi stabilitas, digunakan digunakan pada penggalian dan pengecoran beton dermaga, karena sifatnya yang dapat menembus ke pori-pori tanah dan mengendapkan partikel-partikel koloid yang biasa disebut *bentonite cake* sedemikian rupa, sehingga permukaan dinding parit akan kedap air. Selain daripada itu *slurry bentonite* berat jenisnya lebih besar dari berat jenis air, sehingga akan memberikan tekanan yang besar dan bekerja optimal terhadap dinding parit dan menghasilkan efek pemantapan dinding yang besar pula.

Dilihat dari berat jenis serta kekentalan *slurry* lebih besar dari air, maka pada waktu pelaksanaan dinding diafragma terutama proses

penggalian, hasil galian yang sudah tercampur dengan larutan *slurry* ini, masih dapat dipertahankan dalam larutan, sehingga tanah galian tersebut dipastikan akan terangkut bersama larutan *slurry* yang kemudian akan diproses pada mesin pembersihan *slurry*.

Secara garis besar dapat dikatakan bahwa pada dasarnya *slurry bentonite* ini seakan-akan menggantikan posisi tanah galian pada lubang parit. Ini semua karena sifat *thixotropy* yang dimiliki oleh *slurry bentonite*, yaitu dapat menjadi cair bila diaduk-aduk dan kembali menjadi agar-agar atau gel apabila didiamkan. Gel inilah yang membentuk tahu lumpur (*bentonite cake*).

Penggunaan *slurry bentonite* juga harus melihat pada kondisi tanah yang mempunyai permeabilitas tinggi. Dengan adanya permeabilitas tinggi, maka kehilangan *slurry* dalam jumlah yang besar akan terjadi. Kehilangan *slurry* tersebut tidak hanya tergantung pada kondisi tanah saja, tetapi juga kualitas dari *slurry*, konsentrasi mineral dan waktu yang dibutuhkan oleh *slurry* untuk membentuk bentonite cake sebagai lapisan *impermeabel* dan adanya air tanah. Dalam pembuatan dinding diafragma, faktor yang mempengaruhi kestabilan parit dari kelongsoran yaitu *guide wall* dan *slurry bentonite* serta adanya gaya-gaya luar seperti alat berat dan lainnya. Berikut di bawah ini akan dibahas stabilitas parit dengan meninjau beban-beban yang bekerja, baik sebelum parit terisi *slurry* yaitu pada waktu pembuatan *guide wall* maupun parit telah terisi *slurry* yaitu pada saat penggalian parit.

1. Pembuatan *guide wall*

Untuk membangun suatu dinding diafragma, diperlukan struktur beton bertulang yang sifatnya sementara dan dibangun sejajar dengan permukaan parit yang biasa disebut *guide wall* atau dinding pengarah.

Sebagai pelaksana dalam pembuatan dinding diafragma, sebelumnya harus membuat *guide wall* dengan memperhitungkan beban-beban dari alat dan perlengkapan yang dipakai sedemikian rupa, sehingga *guide wall* dapat bekerja maksimal, sesuai fungsi *guide wall* itu sendiri.

Berdasarkan hasil yang dapat dilihat dari analisa, bahwa *guide wall* dengan dimensi : lebar *guide wall* (b) = 0.3 m dan tinggi (h) = 1.5 m dengan penopang atau *bracing* dari timber yang mempunyai tegangan ijin sebesar $(\bar{\sigma}) = 0.9907 \text{ N/mm}^2$ dan kuat torsi ijin $(\bar{\tau}_{al}) = 2.46 \text{ N/mm}^2$, mampu menahan gaya-gaya yang ada dengan beban merata sebesar $(q) = 8 \text{ KN/m}^2$ menghasilkan kuat torsi maksimal $(\tau_{max}) = 0.1966 \text{ N/mm}^2$ berarti lebih kecil dari kuat torsi ijin pada *bracing* yaitu :

$$(\tau_{max}) = 0.1966 \text{ N/mm}^2 < (\bar{\tau}_{al}) = 2.46 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{aman})$$

ini berarti pelaksanaan untuk dimensi *guide wall* yang ada sudah memenuhi syarat.

Demikian juga pada waktu penggalian maupun pengecoran beton *guide wall*, agar tidak terjadi kelongsoran, maka alat gali (*bachoe*) dan *truck mixer* harus berjarak minimal (x) = 2 m dari lubang galian. Sedangkan *bekisting* yang dipakai pada beton ini menggunakan *bekisting* kontak dari *multiplex* dengan tebal 2 cm yang diperkuat oleh balok anak

ukuran 6/12 kayu kelas II. Balok penyangga ukuran 8/14 kayu kelas II , serta bracing ukuran 8/8 kayu kelas II panjang 96 cm, dengan jarak antar balok anak (L_{ba}) = 411 mm, jarak antar balok penyangga (L_{bp}) = 843 mm serta jarak antar *bracing* (L_{br}) = 897 mm.

2. Penggalian parit

Selama penggalian parit dilakukan, supaya tidak terjadi kelongsoran maka harus dijaga level *slurry* sedemikian rupa sehingga konstan pada level 0.5 m dari muka tanah asli. Hal ini untuk menghindari terjadinya kelongsoran dinding parit akibat gaya aliran air tanah bila *slurry* berkurang dan turun sampai muka air tanah. Sebaliknya akan membahayakan pekerja bila *slurry* penuh atau tumpah, karena licinnya material tersebut.

Bila melihat keadaan pelaksanaan penggalian parit, dimana peralatan *slurry* seperti mesin pembersih *slurry*, mesin pencampur *slurry* serta peralatan pendukung lainnya yang semuanya dekat dengan areal penggalian dalam hal ini dianggap beban merata yang besarnya (q) = 8 KN/m² serta beban dinamis alat berat *grab* dengan beratnya sebesar (P) = 540 KN. Ternyata pada waktu pelaksanaannya alat berat *grab* harus diluar bidang longsor demi menghindari kelongsoran yang akan terjadi bila alat gali berada dekat sekali dengan galian. Dari hasil analisa didapat jarak aman yang harus dipatuhi adalah berjarak minimal (x) = 3 m dari lubang parit. Dengan jarak minimal (x) = 3 m tersebut berdasarkan hasil analisa hanya berlaku pada kedalaman galian

$h = 1.5$ sampai $h = 5$ m. Pada kedalaman $h = 1.5$ m yang juga merupakan kedalaman kritis dimana tekanan *slurry* belum mampu menahan tekanan tanah akibat beban merata dan beban titik walaupun diberi jarak (x) = 3 m dan harus ditopang oleh *bracing* sehingga aman. Kemudian pada kedalaman $h = 5$ m yaitu mencapai muka air tanah jarak alat gali harus (x) = 3 m, karena bila kurang dari jarak tersebut dari hasil analisa akan terjadi kelongsoran. Dari hasil analisa pada kedalaman $h = 5$ m :

$$P_{slurry} = 109.35 \text{ KN/m} < P_{soil} = 132.681 \text{ KN/m} (\text{tidak aman dengan jarak } 1\text{ m})$$

$$P_{slurry} = 109.35 \text{ KN/m} > P_{soil} = 97.011 \text{ KN/m} \quad (\text{aman dengan jarak } 3 \text{ m})$$

Pada kedalaman galian mencapai 17 m berdasarkan hasil analisa alat gali sudah bisa mendekati jarak terdekat sebesar 1 m, karena pada jarak 3 m diperoleh hasil tekanan tanah yang sama dengan jarak alat gali 1 m. Dari hasil analisa dapat dilihat bahwa

$$P_{slurry} = 1470.15 \text{ KN/m} > P_{soil} = 1174.326 \text{ KN/m}$$

(aman dengan jarak 1m-3 m)

Demikian seterusnya sampai pada kedalaman galian mencapai 34 m berdasarkan hasil analisa alat gali juga sudah bisa mendekati jarak terdekat sebesar 1 m, karena pada jarak 3 m diperoleh hasil tekanan tanah yang sama dengan jarak alat gali 1 m. Dari hasil analisa dapat dilihat bahwa :

$$P_{slurry} = 6060.2 \text{ KN/m} > P_{soil} = 6007.6731 \text{ KN/m}$$

(aman dengan jarak 1 m - 3 m)

Pada saat pemancangan dimana ada penambahan beban

menjadi 1000 KN untuk alat pancang dan sangkar tulangan. Berdasarkan hasil analisa alat pemancangan yaitu *crane* juga sudah aman mendekati jarak terdekat sebesar 1 m, karena pada jarak 3 m diperoleh hasil tekanan tanah yang sama dengan jarak alat pancang 1 m. Dari hasil analisa dapat dilihat bahwa :

$$P_{slurry} = 6060.15 \text{ KN/m} > P_{soil} = 6018.43 \text{ KN/m}$$

(aman dengan jarak 1 m - 3 m)

Dengan demikian dapat kita lihat bahwa berdasarkan perbandingan tekanan aktif dan pasip pada saat pamaritan dan pemancangan tulangan *slurry* bekerja secara optimal dan ekonomis dan aman.

5.2 Dinding Diafragma

Bila melihat fungsi dinding diafragma sebagai berikut :

1. *retaining wall* yaitu memikul tekanan tanah dan tekanan hidrostatis horisontal
2. *load bearing* yaitu memikul beban vertikal
3. *cut of wall* yaitu menutup lapisan-lapisan pembawa air

dimana ketiga fungsi tersebut di atas pada bangunan dermaga semuanya terpenuhi, maka jelas dinding diafragma relatif lebih ekonomis. Dikatakan demikian karena pada proyek dermaga dengan sistem dinding diafragma di Tanjung Priok Koja Jakarta Utara yang dibangun dengan kedalaman 34 m ini, setelah dilakukan pengerukan kolam pelabuhan, terjadi beda

tinggi antara sisi darat dan laut sekitar 17 m. Pada kondisi tersebut menjadikan dinding diafragma *free standing*. Dengan demikian maka dinding diafragma disamping memikul beban vertikal *container rail crane*, juga beban pada beda tanah setinggi 17 m yang berarti dalam hal ini berfungsi sebagai dinding penahan tanah (*retaining wall*) sehingga harus dibantu dengan perkuatan barrete pile dan tiang pancang sebagai sistem angkur, untuk mencegah terjadinya deformasi lateral yang berlebihan. Selain daripada itu, dinding diafragma juga dirancang sedemikian rupa sehingga kedap terhadap air, baik yang berasal dari darat maupun dari air laut.

Selain daripada itu bila diambil perbandingan sistem dermaga tiang pancang (*deck on pile*) dimana pada dasarnya konstruksi sistem ini sama dengan sistem dinding diafragma. Letak perbedaannya antara lain dari segi struktur bangunannya. Pada dermaga sistem tiang pancang terdiri dari dinding penahan tanah, tiang pancang sebagai penahan beban vertikal dan balok-balok beton serta *slab* (lantai) dermaga. Di sini terlihat jelas bahwa 2 struktur yang berfungsi sebagai dinding turap atau dinding penahan tanah dan memikul beban vertikal pada sistem tiang pancang dapat dirangkap oleh satu struktur yaitu dinding diafragma. Dengan demikian secara kualitatif dapat dikatakan bahwa sistem dinding diafragma relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan sistem tiang pancang.

Keistimewaan lainnya dermaga sistem dinding diafragma adalah pada pelaksanaannya, dimana seluruh kegiatan konstruksi dilaksanakan di darat, sehingga faktor kemudahan pelaksanaan lebih banyak diperoleh. Sementara bila memakai sistem tiang pancang akan jauh lebih rumit dan sulit, karena dalam pelaksanaannya di atas air laut. Untuk memberi gambaran pelaksanaan tiang pancang, di sini sedikit diuraikan secara garis besar tahap pelaksanaan pemancangan tiang pancang untuk satu titik pemancangan.

Pada pekerjaan pemancangan harus disiapkan terlebih dahulu sepatu dasar tiang pancang, pembuatan lubang angkat pada tiang pancang, pembuatan penutup pipa sebelum diluncurkan atau di *launching* ke laut agar pipa dapat terapung saat diluncurkan, mempersiapkan lokasi peluncuran pipa ke laut dan transportasi pipa dari *stock area* ke area peluncuran pipa ke titik pemancangan. Setelah pipa diluncurkan dan ditarik dengan *tugboat* atau kapal motor ke area pemancangan, lalu pipa diangkat ke ponton khusus untuk pemancangan. Pemukulan pipa pancang oleh *hammer* dilakukan apabila pipa telah terpasang pada *crane* pancang dan selama pemukulan dilakukan, harus terus dipantau oleh *theodolith* supaya pipa pancang tidak miring. Pada kedalaman tertentu dimana pipa pancang sudah terpancang maka dilanjutkan dengan pemasangan *baching bar* dengan cara dilas, maksudnya untuk penyambungan pipa berikutnya dapat tepat dan akurat. Setelah itu kedua pipa tersebut dilas lalu dites dengan alat ultrasonik, mengecek bocor

tidaknya sambungan las tersebut. Demikian seterusnya untuk pemancangan pada satu titik dengan mencapai ketinggian dermaga rencana. Dari uraian tersebut, untuk pemancangan satu titik saja, banyak item-item pekerjaan yang harus dilalui, dimana diperlukan sekali faktor ketelitian. Belum lagi setelah itu pemasangan tulangan dan pengecoran beton yang dilanjutkan dengan pekerjaan balok dan lantai dermaga.

Dengan sedikit gambaran mengenai sistem tiang pancang di atas, maka jelaslah bahwa untuk pelaksanaan jauh lebih mudah memakai sistem dinding diafragma. Disamping itu bila melihat sistem dinding diafragma yang banyak menggunakan mesin (mekanisasi), dimana konsep industrialisasi diterapkan untuk mengimbangi kecenderungan kenaikan biaya yang disebabkan produktifitas rendah dari tenaga kerja lapangan.

Seiring dengan tingginya produktifitas karena mekanisasi dan kemudahan pelaksanaan yang berarti waktu pelaksanaan relatif lebih cepat, maka membuka kesempatan kontraktor untuk mengikuti tender atau lelang pada proyek berikutnya (*opportunity cost*), demikian juga pemilik proyek dapat lebih cepat mengoperasikan dan memperoleh keuntungan dalam rangka pengembalian modal dari manfaat bangunan itu, dalam hal ini dermaga.

Dermaga peti kemas Koja Tanjung Priok Jakarta, merupakan proyek pengembangan, oleh sebab itu selama proyek dilaksanakan harus tidak mengganggu arus lalu lintas bongkar muat, baik di dermaga lama

yang bersebelahan dengan proyek, maupun lalu lintas pelayaran. Melihat hal tersebut, maka sungguh tepat memakai sistem dinding diafragma yang seluruh kegiatannya di darat. Apabila memakai sistem tiang pancang yang arah pembangunannya mulai dari garis pantai mengarah ke laut, dimana situasi pelabuhannya terdapat kolam putar beserta bangunan pemecah gelombang (*break water*), yang berarti kolam putar akan tertutup dermaga tiang pancang dimana konsekuensinya harus menggeser bangunan pemecah gelombang dan membuat kembali kolam putar yang baru, hal ini berarti waktu dan biaya pelaksanaan akan bertambah, sehingga jelas sangat tidak ekonomis.

Dinding diafragma secara teori dapat dilaksanakan dalam berbagai jenis tanah dengan berbagai kedalaman. Kedalaman hanya dibatasi oleh kemampuan mesin saja. Dan dibandingkan dengan sistem tiang pancang yang menggunakan pemukul *hammer* pengendali. Maka sistem dinding diafragma tidak menimbulkan getaran atau dengan kata lain tidak terjadi polusi suara.

Selama pelaksanaan struktur dinding diafragma yang banyak menggunakan mekanisasi, maka keselamatan kerja perlu diperhatikan terutama operasi penggunaan *slurry* dan adanya lubang parit yang sempit dan dalam. Untuk itu aktifitas para pekerja harus didefinisikan dengan jelas secara hukum dan peraturan selama pelaksanaan proyek haruslah secara tegas diterapkan.

Secara umum semua proyek konstruksi berhubungan dengan dengan dampak lingkungan sekitar. Pada pembuatan dermaga, dampak yang timbul akibat sampah *bentonite* tidak begitu besar, dimana pada akhirnya dapat dikatakan ditinjau dari segi waktu, kemudahan pelaksanaan dan biaya serta resiko yang ditimbulkan sangatlah tepat dipakai sistem dinding diafragma daripada sistem tiang pancang.